

Kimmoveasaran käyttäjän ohje

Tiehallinnon selvityksiä 28/2006



Kimmovasaran käyttäjän ohje

Tiehallinnon selvityksiä 28/2006

Verkkoversio <http://www.tiehallinto.fi/sillat>
ISSN 1459-1553
ISBN 951-803-733-7
TIEH 3201004-v

Tiehallinto
KESKUSHALLINTO
Asiantuntijapalvelut
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 22 11

Kimmo­vasaran käyttäjän ohje. Helsinki 2006. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut, Tiehallinnon selvityksiä 28/2006, 12 sivua + 13 liitesivua. ISSN 1459-1553, ISBN 951-803-733-7, TIEH 3201004-v

Asiasanat betoni, sillat, puristuslujuus, testaus

TIIVISTELMÄ

Kimmo­vasaraa käytetään pakkasenkestävän siltabetonin (P-lukubetoni) puristuslujuuden määrittämisessä Tiehallinnon sillanrakennustöissä.

Julkaisussa esitetään siltabetonin puristuslujuuden vaatimustenmukaisuuden osoittaminen kimmo­vasaralla. Menetelmää ei voida käyttää jos betonin puristuslujuus ylittää 45 MPa, betonin pinta on jäässä tai jos betonointi- tai suojaustyö ovat epäonnistuneet. Testattavan betonipinnan on oltava hyvälaatuinen ja märkä.

Julkaisussa esitetään testauksen suorittaminen ja betonin lujuuden määrittäminen kimmo­vasaran lukemien perusteella. Myös kimmo­vasaran kalibrointimenettely on esitetty.

Schmidt hammer user's instruction. Helsinki 2006. Finnish Road Administration. Report 28/2006, 12 p., 13 app. . ISSN 1459-1553, ISBN 951-803-733-7, TIEH 3201004-v

Key words concrete, bridges, compressive strength, testing

ABSTRACT

In bridge construction works of the Finnish Road Administration a Schmidt hammer is used to determine the compressive strength of the frost resistant bridge concrete (so called P-rate concrete).

The publication presents the assessment of conformity of the compressive strength of bridge concrete using a Schmidt hammer. The method is not valid when the design compressive strength of concrete exceeds 45 MPa or the surface of the concrete is frozen or when either casting or curing are failed. The concrete surface is to be of good quality and wet.

Both the test procedure and strength determination on the basis of the test results are prescribed in the publication. Also the calibration method is described.

ALKUSANAT

Kimmo-vasaratestausta on aineetta rikkomaton betonin puristuslujuuden testausmenetelmä.

Tämä kimmo-vasaran käyttäjän ohje korvaa aikaisemman julkaisun Tielaitoksen selvityksiä 60/2001. Julkaisussa on otettu huomioon asiakirjoihin Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Betonirakenteet SYL 3 ja B4 Betonirakenteet, ohjeet 2005 /2/ tehdyt muutokset. Julkaisuun on tehty myös Tiehallinnon muussa ohjeistuksessa tapahtuneiden muutoksien vaatimat korjaukset.

Ohjeen liitteet VTT-TEST R004-01 ja VTT-TEST R005-01 on laatinut tutkija Kalervo Orantie.

Tämän julkaisun laadintaa on ohjannut DI Ossi Räsänen (Tiehallinto, asiantuntijapalvelut) ja julkaisun on kirjoittanut tekn.tri Seppo Matala (Matala Consulting).

Helsingissä joulukuussa 2006

Tiehallinto
Asiantuntijapalvelut

SISÄLTÖ

1	OHJEEN TARKOITUS	7
2	VAATIMUSTENMUKAISUUDEN OSOITTAMINEN KIMMOVASARALLA	7
2.1	Yleiset periaatteet	7
2.2	SYL 3:n erityisvaatimukset	8
2.3	Vertailulujuuden laskenta puristuslujuustuloksista	9
3	PERUSTEET KANSALLISELLE KÄYRÄSTÖLLE P-LUKUBETONIN YHTEYDESSÄ	9
3.1	Kimmovasaran valmistajan ilmoittama riippuvuus	9
3.2	P-lukubetonille käytettävä riippuvuus	10
4	KIMMOVASARAN KALIBROINTITAVAN MERKITYS	10
4.1	P-lukubetonille käytettävä kalibrointi	10
4.2	Valmistajan ohjeen mukainen kalibrointi	11
5	KIRJALLISUUSLUETTELO	12

LIITE 1 Siltabetonin puristuslujuuden mittaaminen kimmovasaralla

LIITE 2 Kimmovasaran kalibrointiohje P-lukubetonille

LIITE 3 Esimerkkejä vertailulujuuden laskemisesta

1 OHJEEN TARKOITUS

Tämän ohjeen tarkoitus on varmistaa kimmovasaran oikea käyttö pakkasenkestävän (P-lukubetoni) betonin puristuslujuuden määrittämisessä. Edelleen ohjeen tarkoitus on varmistaa, että vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa käytettävä kimmovasara on oikein kalibroitu. Tämän ohjeen mukaisia kimmovasaratyyppejä ovat N, NR ja ND (Digi-Schmidt).

Tämä ohje on tarkoitettu käytettäväksi seuraavien asiakirjojen kanssa:

- VTT-TEST R004-01. Siltabetonin puristuslujuuden mittaaminen kimmovasaralla. VTT. Testimenetelmä on esitetty tämän ohjeen liitteenä 1.
- VTT-TEST R005-01. Kimmovasaran kalibrointiohje P-lukubetonille. VTT. Testimenetelmä on esitetty tämän ohjeen liitteenä 2.

Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Betonirakenteet - SYL 3:n 1/1 kohta 3.3.1.5 "Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen" on esitetty kimmovasaratestauksen osalta tämän ohjeen kohtana 2.2.

2 VAATIMUSTENMUKAISUUDEN OSOITTAMINEN KIMMOVASARALLA

2.1 Yleiset periaatteet

Kovettuneen pakkasenkestävän betonin (P-lukubetoni), joka on valmistettu SYL 3:n kohtien 3.3.1 ja 3.3.2 mukaisesti, vaatimustenmukaisuus puristuslujuuden osalta osoitetaan seuraavalla menettelyllä:

- Valmisbetonilaitos tekee betonin valmistuksen yhteydessä B4 Betonirakenteet, ohjeet 2005 kohdan 6.3.2 mukaiset normikoekappaleet betoniperheittäin. Kimmovasaratestaus ei vaikuta valmisbetonilaitoksen tekemien työnaikaisten koekappaleiden määrään tai näytteenottoväliin.
- Kimmovasaratestaus korvaa koekappaleisiin perustuvan puristuslujuuden testauksen rakennuspaikalla. Betonoitavat rakenteet jaetaan kimmovasaratestausta varten rakenne- ja lujuusluokittain arvosteluun SYL 3:n kohdan 3.3.1.5.3 ja B4 Betonirakenteet, ohjeet 2005 kohdan 6.3.3.2 mukaisesti.
- Osoitettaessa vaatimustenmukaisuus kimmovasaralla, arvosteluerän lujuuden keskiarvo on yksittäisten testauskohtien lujuustulosten keskiarvo. Valmisbetonilaitoksen normikoekappaleiden tuloksia ei käytetä hyväksi keskiarvoa laskettaessa. Kimmovasaratestauksessa testauskohtia tulee olla kutakin arvosteluerää kohden vähintään kolme kappaletta.
- Osoitettaessa vaatimustenmukaisuus kimmovasaralla, arvosteluerän lujuuden keskihajonta on yksittäisten testauskohtien lujuustulosten

keskihajonta. Valmisbetonilaitoksen tuloksia ei käytetä hyväksi keskihajontaa laskettaessa.

2.2 SYL 3:n erityisvaatimukset

SYL 3:n kohdassa 3.3.1.5 on esitetty seuraavat vaatimukset:

- Ellei sillan rakennussuunnitelmassa ole muuta mainittu, testataan betonin puristuslujuus 28 vuorokauden iässä. Jos tämä ei ole mahdollista muutetaan testaustulosten lukuarvot yleisesti hyväksyttäviä kertoimia käyttäen vastaamaan 28 vuorokauden lujuutta.
- Kovettuneen pakkasenkestävän (P-lukubetoni) betonin, joka on valmistettu kohdan 3.3.2 mukaisesti, puristuslujuuden vaatimustenmukaisuus osoitetaan tutkimalla betonin lujuus julkaisun Tiehallinnon selvityksiä 28/2006 mukaisesti ottaen huomioon menetelmän käyttörajoitukset. Testauskohtien puristuslujuustuloksista lasketaan vertailulujuus B4 Betonirakenteet, ohjeet 2005 kohdan 6.3.3 mukaisesti (Ks. myös kohta 2.3). Jos tutkittavan pinnan muotissa on käytetty muottikangasta ja betonin suunnittelulujuus on enintään K40, on pinnasta mitatun lujuuden oltava vähintään 5 MPa korkeampi kuin suunnitelman mukainen lujuus. Jos tutkittavan pinnan muotissa on käytetty muottikangasta ja betonin suunnittelulujuus on K45, puristuslujuuden vaatimustenmukaisuus osoitetaan tutkimalla betonin lujuus kimmovasaralla ja lisäksi puristuslujuuden tunnistustestauksena standardin SFS-EN 206-1:n liitteen B mukaisesti käyttäen vähintään kolmea koekappaletta.
- Kimmovasaramenetelmää ei voida käyttää, kun betonin puristuslujuusvaatimus on > 45 MPa. Kimmovasaraa ei voida myöskään käyttää jäätyneen pinnan testaamiseen.
- Betonin puristuslujuuden vaatimustenmukaisuus voidaan tutkia myös puristuslujuuden tunnistustestauksena standardin SFS-EN 206-1:n liitteen B mukaisesti seuraavassa esitetyin poikkeuksin. Arvosteluerää kohden valmistetaan vähintään 6 koekappaletta ja vähintään 1 koekappale alkavaa 100 betoni-m^3 kohti. Rakennuspaikalla tehtäviä koekappaleita tulee olla vähintään puolet arvosteluerän koekappaleista. Rakennuspaikalla tehtävät koekappaleet ja valmisbetonilaitoksen koekappaleista vähintään puolet tulee testata hyväksytyssä koetuslaitoksessa.
- Arvosteluerä katsotaan hyväksyttäväksi, jos yksittäiset koetulokset ja peräkkäisten tulosten keskiarvo täyttävät standardin SFS-EN 206-1:n liitteen B taulukon B.1 mukaiset vaatimukset. Itsetiivistyvän betonin puristuslujuuskoekappaleet valmistetaan SYL 3:n liitteen 4 mukaisesti ilman ulkopuolista tiivistystä.
- Kohdan tarkoittama tunnistustestaus on esitetty myös lähteen Betoni-normit 2004 By50 kohdassa 6.3.2.6.
- Jos puristuslujuustulokset eivät täytä vaatimuksia tai työn aikana on todettu, ettei betonointi, jälkihoito tai lämpösuojaus ole onnistunut

suunnitellulla tavalla (esim. valupinnoissa esiintyy useissa kohdin harvavalua tai halkeilua), voi tilaaja määrätä vaatimustenmukaisuuden osoitettavaksi rakenteesta irrotettavien koekappaleiden avulla. (Ks. ohjeet B4, kohta 6.3.3). Jos työn aikana on todettu itsetiivistyvän betonin erottumista, voidaan rakenteen vaatimustenmukaisuus osoittaa joko rakennekokein tai tutkimalla eri valuosien betonin vaatimustenmukaisuus kimmovasaramenetelmällä tilaajan ohjeiden mukaisesti

2.3 Vertailulujuuden laskenta puristuslujuustuloksista

Vertailulujuus lasketaan testauskohtien puristuslujuustuloksista B4 Betonirakenteet, ohjeet 2005 kohdan 6.3.3 mukaisesti käyttäen seuraavia kaavoja:

Jos arvosteluerässä on vähintään 15 testauskohtaa, vertailulujuus K_k on pienempi seuraavista arvoista:

$$K_k = f_{cm} - 1,48s \text{ tai} \\ K_k = f_{cmin} + 4$$

jossa f_{cm} on testauskohtien lujuusarvojen keskiarvo
 f_{cmin} on pienin testauskohdan lujuusarvo
 s on testauskohtien lujuusarvojen keskihajonta.

Jos hajontalaskelma perustuu pienempään testauskohtien lukumäärään kuin 25, ei keskihajonnan arvona saa käyttää pienempää arvoa kuin 2 MPa,

Jos arvosteluerässä on 3 – 14 testauskohtaa, vertailulujuus K_k on pienempi seuraavista arvoista:

$$K_k = f_{cm} - f_n \\ K_k = f_{cmin} + 4$$

Vertailulujuus ilmoitetaan 1 MPa tarkkuudella.

Kerroin f_n riippuu testauskohtien lukumäärästä taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Kertoimen f_n riippuvuus testauskohtien lukumäärästä.

n	f_n
10 - 14	4
7 - 9	5
3 - 6	6

3 PERUSTEET KANSALLISELLE KÄYRÄSTÖLLE P-LUKUBETONIN YHTEYDESSÄ

3.1 Kimmovasaran valmistajan ilmoittama riippuvuus

Kimmovasaran valmistajan laatima puristuslujuuden ja kimmovasaralukeman välinen riippuvuus on esitetty kimmovasaran kyljessä. Kyseinen riippuvuus on laadittu laukaisemalla kimmovasaraa särmältään 200 mm:n koekuutioihin, jotka on puristettu kimmovasaralukemien ottamisen jälkeen.

Suomessa betonin lujuusluokitus perustuu koekuutioon, jonka särmän pituus on 150 mm. Koekappaleiden erilaisesta koosta johtuen tehdään siten valmistajan laatimaa riippuvuutta käytettäessä systemaattinen noin 2 MPa:n virhe lujuuden määrittämisessä.

Valmistajan laatima riippuvuus perustuu kuivaan betonipintaan. Suomessa on havaittu kuivan betonipinnan antavan lähinnä alhaisella betonin lujuudella liian suuria kimmovasaralukemia. Tämä saattaa käytännössä johtaa tilanteeseen, jossa betonin lujuuden alitusta ei havaita betonipinnan ollessa kuiva esimerkiksi pitemmän sateettoman kauden jälkeen.

Kimmovasaran valmistajan vaatimusta kuivasta betonipinnasta ei ole työmaaolosuhteissa välttämättä helppo saavuttaa. Myöskään ei tiedetä, onko betonipinta mahdollisesti jotain kuivan ja märän välillä, jolle taas tulisi olla oma käyränsä. Tämän vuoksi kimmovasaratestausta ei tule tehdä valmistajan ohjeen mukaisesti kuivasta pinnasta.

Vakioimalla betonipinnan kosteus kastelemalla vältetään mahdollisuudelta saada liian suuria lujuusarvoja. Voidaankin sanoa, että lujuuden määrittäminen pelkästään valmistajan ohjeen mukaisesti antaa vain sattumanvaraisesti oikean lujuustuloksen. Testattavan betonipinnan karbonatisoituminen suurentaa kimmovasaralukemaa. Tämän vuoksi siltabetonin iän tulee testausajan kohtana olla enintään kuusi kuukautta.

3.2 P-lukubetonille käytettävä riippuvuus

VTT-TEST R004-01:ssä oleva testauskohdan ja puristuslujuuden välinen perusriippuvuus on laadittu silmällä pitäen suomalaisia siltabetoneita. Riippuvuus on laadittu siten, että se on voimassa uusille kimmovasaroille.

Yksittäisen kimmovasaran kimmovasaralukeman ja puristuslujuuden välinen riippuvuus muuttuu öljyamisestä ja puhdistamisesta huolimatta käytön ja ikääntymisen seurauksena. Tämän vuoksi kimmovasara tulee kalibroida riittävän usein. Kalibroinnin tuloksena kimmovasaralle laaditaan oma kalibrointikohtainen testauskohdan kimmovasaralukeman ja puristuslujuuden välinen riippuvuus.

Kalibroitua kimmovasaraa käytettäessä P-lukubetonin puristuslujuus määritetään kalibrointiselostuksessa esitetyllä kimmovasaralukeman ja puristuslujuuden välisellä riippuvuudella. VTT-TEST R004-01:ssä esitettyä perusriippuvuutta käytetään vain, jos kimmovasaraa ei ole vielä kalibroitu tai, jos kalibroinnin tuloksena riippuvuus on todettu samaksi kuin VTT-TEST R004-01:n perusriippuvuus.

4 KIMMOVASARAN KALIBROINTITAVAN MERKITYS

4.1 P-lukubetonille käytettävä kalibrointi

P-lukubetonia testattaessa noudatetaan tämän ohjeen liitteenä 2 olevaa kalibrointimenettelyä, jolla kimmovasara tulee kalibroiduksi siten, että kalibrointitulokset on oikea myös pienillä kimmovasaralukemilla.

4.2 Valmistajan ohjeen mukainen kalibrointi

Schmidt'in kimmovasaran kalibrointia varten valmistaja on kehittänyt teräksisen noin 16 kg painavan kalibrointialasimen. Teräsalasimeen laukaistaessa kimmovasaralukemien tulee olla 79 ± 2 . Jos lukemat poikkeavat tätä enemmän, muutetaan testauskohdan kimmovasaralukema seuraavalla kaavalla:

$$R = (\Sigma r/n) \cdot (79/R_a),$$

jossa Σr on testauskohdan kimmovasaralukemien summa
 n on kimmovasaralukemien lukumäärä
 R_a on kalibrointialasimella määritetty kimmovasaralukema.

Esimerkki 1:

- Kalibrointialasimella kimmovasaralukemiksi on saatu 72. Tutkittavassa kohteessa testauskohdan kimmovasaralukemaksi on saatu 40. Tällöin kaavan mukaan kalibroitu testauskohdan kimmovasaralukema

$$R = 40 \cdot 79/72 = 43,9$$

Esimerkki 2:

- Kalibrointialasimella kimmovasaralukemiksi on saatu 72. Tutkittavassa kohteessa testauskohdan kimmovasaralukemaksi on saatu 20. Tällöin kaavan mukaan kalibroitu testauskohdan kimmovasaralukema

$$R = 20 \cdot 79/72 = 21,9$$

Esimerkki 3:

- Kalibrointialasimella kimmovasaralukemiksi on saatu 79. Tällöin ei korjauskerrointa käytetä, ts. kalibroitu kimmovasaralukema on sama kuin testauskohdan kimmovasaralukema.

Valmistajan ohjeen mukaisen kalibroinnin heikkoudet:

Valmistajan ohjeen mukaan tehty kalibrointi kattaa ainoastaan suuret kimmovasaralukemat. Pieniä kimmovasaralukemia kalibrointi ei kata. Betonista määritetyt kimmovasaralukemat ovat tavallisesti pieniä verrattuna kalibrointialasimesta saataviin lukemiin.

Tämän seurauksena valmistajan ohjeen mukaisesti kalibroidulla kimmovasaralla lujuus saatetaan määrittää huomattavan virheelliseksi, joten valmistajan ohjeen mukaista kalibrointia ei tule käyttää yksinomaisena kalibrointimenetelmänä.

5 KIRJALLISUUSLUETTELO

- /1/ Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Betonirakenteet - SYL 3. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut 2005. TIEH 2200034-v-05, ISBN 951-803-434-6.
- /2/ Ympäristöministeriö 2004. B4 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Betonirakenteet, ohjeet 2005.

SILTABETONIN PURISTUSLUJUUDEN MITTAAMINEN KIMMOVASARALLA

TESTAUSMENETELMÄ SILTABETONIN PURISTUSLUJUUDEN MITTAAMISEKSI KIMMOVASARALLA

1 MENETELMÄN TARKOITUS

Menetelmän tarkoituksena on osoittaa betonin vaatimustenmukaisuus puristuslujuuden suhteen kimmo-vasaralla.

2 MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Ohje soveltuu kovettuneen siltabetonirakenteen testaamiseen Schmidtin kimmo-vasaralla tyyppi N, NR ja ND (Digi-Schmidt) kun betonin nimellislujuus on enintään K45.

Jos rakenteen ikä on yli kuusi kuukautta, on vaatimustenmukaisuuden osoittaminen ohjeen mukaisesti mahdollista vain Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen antaman työmaakohtaisen lausunnon perusteella, ellei rakenteesta ole otettu vastaavanikäisiä vertailevia koekappaleita.

3 BETONIPINNAN KÄSITTELY

Testattavan betonipinnan on oltava sileää esimerkiksi muottipintaa vasten valettu. Epätasainen pinta tasoitetaan koneellisella hionnalla. Huokoinen pintakerros, lähinnä yläpinnalla, poistetaan koneellisella hionnalla testattavilta kohdilta.

Kimmo-vasaralukemat määritetään märästä, puhtaasta, tiiviistä, sileästä ja sulana olevasta betonipinnasta. Talviaikaan kimmo-vasaralukemia ei voida määrittää ilman erikoistoimenpiteitä, koska jäätyneestä betonipinnasta saadaan liian suuria kimmo-vasaralukemia.

Sopiva betonipinnan kastelu-aika on noin 15 minuuttia kastelun tapahtuessa ruiskuttamalla tai esimerkiksi sienellä kastelemalla. Kuivasta betonipinnasta saadaan lähinnä alhaisella betonin lujuudella liian suuria kimmo-vasaralukemia, (mikä voi johtaa lujuuden määrittämiseen todellista lujuutta suuremmaksi).

Avainsanat
Betoni
Silta
Lujuus
Ainetta rikkomaton testaus

Keywords
Concrete
Bridge
Compressive strength
Non-destructive testing

4 TESTAUS

Testausta varten betonirakenteet jaetaan rakenne- ja lujuusluokittain arvostelueriin, joita muodostettaessa otetaan huomioon rakenne- ja betonointikokonaisuudet, aikataulu, arvosteluikä ja betonin valmistaja. Betonin vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi testauskohtia valitaan yhtä arvosteluerää kohden vähintään kolme ja vähintään 1 testauskohta alkavaa 100 betoni-m³ kohti.

Testauskohdat valitaan siten, että niistä määritettyjen arvojen perusteella saadaan luotettava kuva arvosteluerästä. Testauskohdat esitetään testaussuunnitelmassa.

Testauksessa käytettävän kimmovasaran tulee olla kalibroitu.

Testaus kohdistetaan alueisiin, joiden pienin läpimitta on 100 - 300 mm. Yksittäisten iskujen keskinäisen etäisyyden tulee olla vähintään 20 mm ja etäisyyteen rakenteen reunasta vähintään 40 mm.

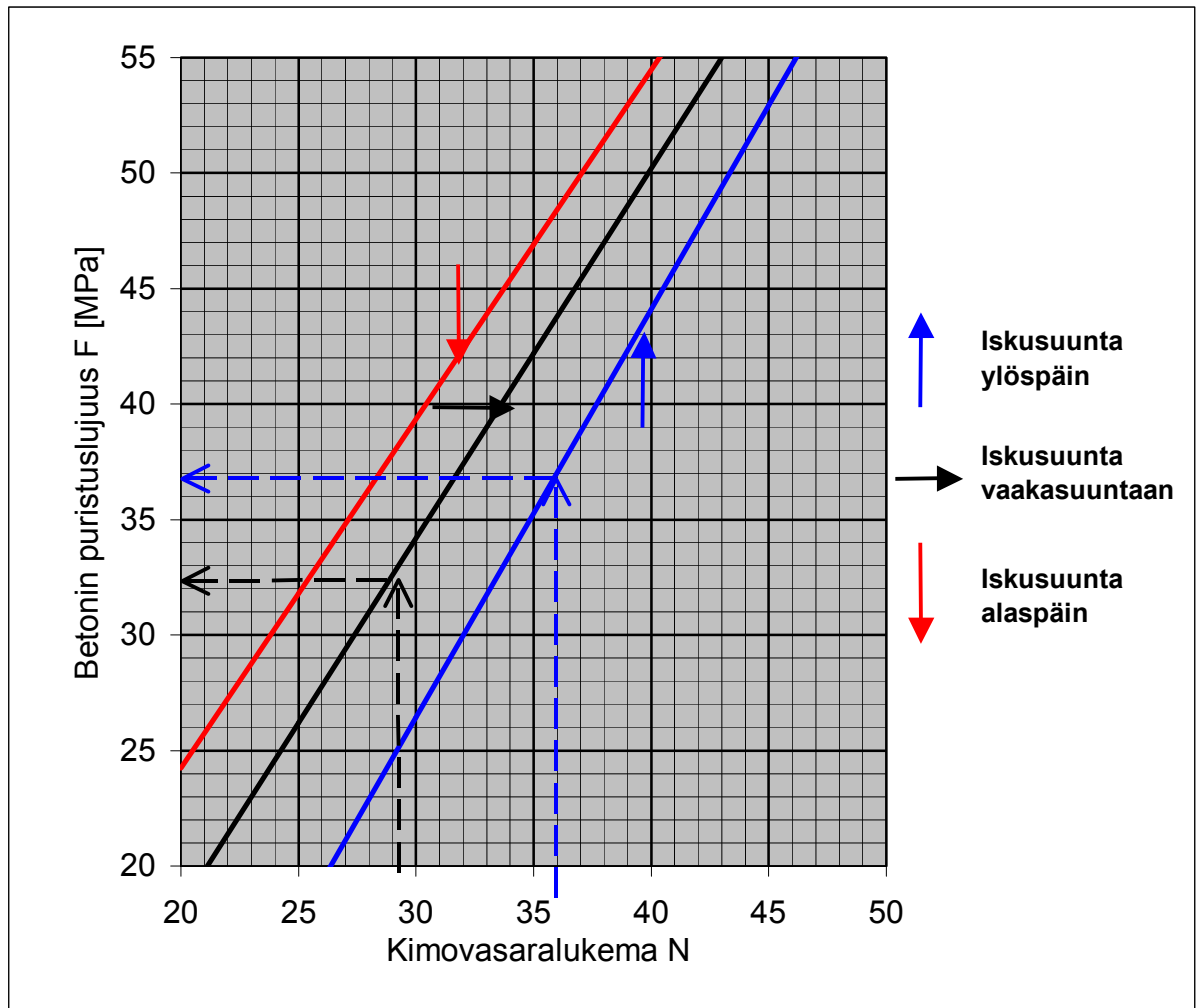
Kimmovasaralukemia määritettäessä pidetään vasara testattavaa pintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa ja laukaistaan hitaasti painamalla.

Testattavista kohdista määritetään vähintään 10 yksittäistä arvoa. Testaustulos on yksittäisten lukemien keskiarvo.

Iskusuuntina voidaan käyttää vaakasuoraa (pystyrakenteet) ja pystysuoraa (vaakarakenteet). Suositeltavin iskusuunta on vaakasuora. Vaakarakenteet testataan tällöin esimerkiksi rakenteissa olevien aukkojen reunoista. Jos joudutaan käyttämään pystysuoraa iskusuuntaa, tutkitaan rakenne mikäli mahdollista alhaalta päin, jolloin iskut kohdistuvat muottia vasten valettuun pintaan. Selvästi kiveen tai huokoseen osuneita iskuja ei oteta huomioon.

5 LUJUUDEN MÄÄRITTÄMINEN KOETULOSTEN PERUSTEELLA

Siltarakenteiden betonille on voimassa kuvan 1 mukainen puristuslujuuden ja kimmovasaralukeman välinen yleinen riippuvuus. Puristuslujuus vastaa särmältäään 150 mm:n koekuution puristuslujuutta.



Kuva 1. Testauskohdan puristuslujuuden ja kimmovasasalukeman välinen yleinen riippuvuus.

6 PURISTUSLUJUUS

Testauskohtien puristuslujuustuloksista Suomen rakentamismääräyskokoelma, B4 Betonirakenteet, ohjeet 2005 kohdan 6.3.3 mukaisesti lasketun vertailulujuuden tulee olla vähintään sama kuin rakennekoekappaleille asetettu laskennallinen lujuusvaatimus eli *Arvosteluerä on hyväksyttävä, jos vertailulujuus on 1-luokan rakenteissa vähintään 85 % ja 2-luokan rakenteissa vähintään 80 % nimellislujuudesta ja jos keskihajonnan ja keskiarvon suhde on pienempi kuin 0,15. Jos mainittu suhde on $\geq 0,25$, tulee vertailulujuuden täyttää asetettu lujuusvaatimus täysimääräisenä. Väliarvot interpoloidaan suoraaviivaisesti.*

7 TESTAUSTULOSTEN DOKUMENTOINTI

Betonirakenteiden testaustulokset dokumentoidaan arvosteluerittäin siten, että asiakirjoista käy ilmi:

1. Tiedot arvosteluerän betonista
 - valmistaja
 - betonin lujuus ja tyyppi
 - testattujen pintojen laatu ja käsittely
 - testaussuunnat
 - kaaviokuva testauskohtien sijainnista rakenteessa.
2. Yksittäiset kimmoasaralukemat ja niistä lasketut keskiarvot (=testauskohdan kimmoasaralukema)
3. Testauskohtien kimmoasaralukemia vastaavat lujuusarvot, lujuusarvojen keskiarvo ja keskihajonta
4. Arvosteluerän puristuslujuuden vertailulujuus
5. Testausajankohta
6. Testauksen suorittaja

Dokumentointi voidaan tehdä esimerkiksi seuraavalla sivulla esitetyn taulukon mukaisesti. Lisäksi tehdään kaaviokuva testauskohtien sijainnista rakenteessa.

Testauskohta nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Testauskohdan pinta hiottu (X)									
Testaussuunta									
Kimmo- vasaralukemat Yksittäiset lukemat									
Keskiarvo									
Testauskohdan lujuus-arvo [MPa]									
Testauskohdan lujuusarvojen keskiarvo f_{cm}									
Testauskohdan lujuusarvojen keskihajonta s									
Keskihajonnan ja keskiarvon suhde s/f_{cm}									
Testauskohtien lukumäärä n									
Testauskohtien lukumäärästä n riippuva kerroin f_n									
Testauskohdan pienin lujuusarvo f_{cmin}									
Vertailulujuus K_k [Joko $MIN[f_{cm}-1,48s; f_{cmin}+4]$ tai $MIN[f_{cm}-f_n; f_{cmin}+4]$									
Kommentit:									

**KIMMOVASARAN KALIBROINTIOHJE
P-LUKUBETONILLE**

KIMMOVASARAN KALIBROINTIOHJE P-LUKUBETONILLE

1 TARKOITUS JA KÄYTTÖALUE

Tämän kalibrointiohjeen tarkoituksena on varmistaa, että kimmovasara on yhteismitallinen Tiehallinnon julkaisussa "Kimmovasaran käyttäjän ohje, Tiehallinto Asiantuntijapalvelut, Tiehallinnon selvityksiä 28/2006 esitetyn puristuslujuuden ja kimmovasaralukeman välisen riippuvuuden kanssa.

Kalibrointi koskee Schmidt'in kimmovasaraa, tyyppi N, NR tai ND (Digi Schmidt).

2 KALIBROINTIVÄLINEET

Kalibroinnissa tarvitaan seuraavat välineet:

- Sveitsiläisen Proceq'in kimmovasaran kalibrointialasin, punainen, paino 16 kg, jolla valmistaja esittää sallittavaksi kimmovasaralukeman vaihteluväliksi 79 ± 2 .
- Viisi millimetriä paksu neopreenikumi, joka asetetaan testausalasimen alle.
- Noin 300 millimetrin mittainen alumiiniliuska poikkileikkausmitoiltaan 23 - 24 millimetriä ja 3 millimetriä, kovuus noin 69 HB.

3 KIMMOVASARAN KALIBROINTI

Kalibroitavalla kimmovasaralla ammutaan aluksi kalibrointialasimeen pystysuoraan ylhäältä alaspäin yhdeksän kertaa, joista kuusi viimeistä kirjataan. Tämän jälkeen kimmovasara avataan, puhdistetaan ja öljytään aseöljyllä.

Kokoamisen jälkeen kimmovasaralla ammutaan pystysuoraan ylhäältä alaspäin kalibrointialasimeen kaksitoista kertaa, joista kuusi viimeistä kirjataan.

Tämän jälkeen kalibrointialasimen ohjurista poistetaan yksi ruuvi. Kahta muuta ruuvia ruuvataan auki sen verran, että alumiiniliuska mahtuu ruuvien välistä ohjurin alle, jonka jälkeen kimmovasaralla ammutaan pystysuoraan alaspäin alumiiniliuskaan kaksitoista kertaa, joista kuusi viimeistä kirjataan.

Yksittäiset iskut ammutaan alumiiniliuskaan noin 20 millimetrin välein ja korkeintaan 25 millimetrin etäisyydelle liuskan päästä.

Kimmovasaralukemat luetaan 0,5 yksikön tarkkuudella.

4 KALIBROINTIKÄYRIEN LAATIMINEN

VTT-TEST R004-01:ssä esitetty kuva 1 (testauskohdan puristuslujuuden ja kimmovasarakeman välinen riippuvuus) on voimassa sellaisenaan, jos kimmovasaran öljyämisen jälkeen ammuttaessa alumiiniliuskaan ja kalibrointialasimeen kuuden viimeisen kimmo-vasarakeman keskiarvot N1 ja N2 ovat $37 \pm 0,5$ ja 79 ± 1 . Jos näin ei ole, menetellään seuraavasti:

- Jatketaan kuvan 1 vasemmanpuoleista suoraa (laukaisusuunta ylhäältä alaspäin) kimmovasarakemaan 79 saakka, koordinaatti (79,0, 115,5). Kimmovasarakeman 37 kohdalla koordinaatti on vastaavasti (37,0, 50,4).
- Koordinaatti (79,0, 115,5) korvataan koordinaatilla (N2, 115,5).
- Koordinaatti (37,0, 50,4) korvataan koordinaatilla (N1, 50,4). Tämän jälkeen piirretään suora näiden koordinaattien kautta (laukaisusuunta ylhäältä alaspäin) lujuustasolta 25 lujuustasolle 45 MPa.
- VTT-TEST R004-01:ssä esitetyn kuvan 1 kaksi muuta suoraa (laukaisusuunta vaakasuuntaan ja laukaisusuunta alhaalta ylöspäin) siirretään niin, että kaikkien kolmen suoran keskinäiset etäisyydet pysyvät samoina kuvan 1 mukaisesti.

5 KALIBROINNIN TULOSTEN ILMOITTAMINEN

Kalibroinnista laadittavassa tutkimuselostuksessa ilmoitetaan:

- Tilaaja, tilaus ja vasaran numero.
- Kimmovasarakema kalibrointialasimeen ennen ja jälkeen öljyämisen.
- Kimmovasarakema alumiiniliuskaan öljyämisen jälkeen.
- Puristuslujuuden ja kimmovasaran välinen riippuvuus.
- Kalibrointipäivämäärä.

6 KALIBROINTIVÄLI

6.1 Käyttäjällä ei ole kalibrointialasinta

Kalibrointi tehdään tämän ohjeen kohtien 1-5 mukaisesti testauslaitoksessa 1000 - 2000 iskun jälkeen, kuitenkin vähintään puolen vuoden välein.

6.2 Käyttäjällä on kalibrointialasin

Käyttäjä voi tehdä itse välikalibroinnin 1000 - 2000 iskun jälkeen, kuitenkin viimeistään puolen vuoden kuluttua, kalibrointialasimella kimmovasaran valmistajan kalibrointiohjeen mukaisesti ilman alumiiniliuskoja. Tällöin kimmovasaralukemien tulee olla keskimäärin 79 ± 2 . Jos ehto täyttyy, tämän ohjeen mukainen tarkempi kalibrointi (kohdat 1-5) tehdään kerran vuodessa testauslaitoksessa. Jos kimmovasaralukemat ovat käyttäjän itse tekemässä kalibroinnissa alle 77, kimmovasara tulee puhdistaa ja öljytä. Jos kimmovasaralukemat ovat edelleen alle 77, tehdään kalibrointi tämän ohjeen kohtien 1-5 mukaisesti testauslaitoksessa.

Jos käyttäjällä on voimassa oleva tämän ohjeen mukainen kalibrointiselostus (kalibrointi kohtien 1-5 mukaisesti), käyttäjän itse suorittamassa kalibroinnissa kalibrointialasimeen kimmovasaralukemien tulee olla $N2 \pm 2$ (N2 VTT:n kalibrointiselostuksesta). Jos näin ei ole, tulee kalibrointi tehdä testauslaitoksessa tämän testimenetelmän kohtien 1-5 mukaisesti.

ESIMERKKEJÄ VERTAILULUJUUDEN LASKEMISESTA

Esimerkki 1

Testauksessa käytettiin kimmovasaraa, jonka kalibrointi­arvot on esitetty liitteen 1 kuvassa 1.

Betonin suunnittelulujuus oli 30 MPa ja rakenneluokka 2. Arvosteluerän koko oli 600 m³.

Arvosteluerää varten testattiin 28 vuorokauden iässä 4 kohtaa vaakasuoraan ja 3 kohtaa ylöspäin ja saatiin alla olevan mukaiset kimmovasaralukemat ja niistä muunnetut betonin puristuslujuustulokset.

Testauskohta nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pinta hiottu (X)			X	X											
Testaussuunta	V	V	V	V	Y	Y	Y								
Kimmovasaralukemat	Yksittäiset lukemat	26	31	26	25	25	25	32							
		28	33	30	28	28	28	32							
		28	34	28	28	28	28	34							
		30	32	30	30	30	30	34							
		32	32	32	32	32	36	32							
		28	33	28	32	32	30	37							
		30	34	30	32	32	34	38							
		24	33	24	33	34	26	36							
		36	36	32	30	28	30	35							
		28	28	32	30	28	30	36							
		34	34	28	32	34	32	38							
			36	32	28	36	28	33							
			30	28	32	30	32	34							
			34	32	28	34	28	35							
			26	30	28	26	30	39							
Keskiarvo		29,5	32,4	29,5	29,9	30,5	29,8	35,0							
Testauskohdan lujuusarvo [MPa]		33,5	38,0	33,5	34,0	27,5	26,0	35,5							

VERTAILULUJUUDEN LASKENTA:

Testauskohtien lukumäärä n	7	Koska testauskohtien lukumäärä on	7
Lujuustulosten keskiarvo f_{cm}	32,6	vertailulujuus on pienempi seuraavista arvoista:	
Koetulosten keskihajonta s	4,3	- $K_k = f_{cm} - f_n$	= 28 MPa
Variaatiokerroin s/f_{cm}	0,13	- $K_k = f_{cmin} + 4$	= 30 MPa
Pienin yksittäistulos f_{cmin}	26		
f_n	5	Arvosteluerän vertailulujuus K_k =	28 MPa

ARVOSTELUERÄN HYVÄKSYTTÄVYYS:

Rakenneluokassa 2 arvosteluerän on hyväksyttävä, jos variaatiokertoimen arvolla 0,14 vertailulujuus K_k on vähintään 80,0 % nimellisljuusvaatimuksesta 30 MPa
Koska vertailulujuus K_k on 93,3 % nimellisljuusvaatimuksesta arvosteluerä voidaan hyväksyä. Myös muiden SYL 3:n kohdassa 3.3.1.5 esitettyjen laatuvaatimusten on täyttyvä.

Esimerkki 2

Testauksessa käytettiin kimmovasaraa, jonka kalibrointiarvot on esitetty liitteen 1 kuvassa 1.

Betonin suunnittelulujuus oli 35 MPa ja rakenneluokka 1. Arvosteluerän koko oli 1020 m³.

Arvosteluerää varten testattiin 28 vuorokauden iässä 6 kohtaa vaakasuoraan ja 5 kohtaa ylöspäin ja saatiin alla olevan mukaiset kimmovasaralukemat ja niistä muunnetut betonin puristuslujuustulokset.

Testauskohta nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pinta hiottu (X)															
Testaussuunta	V	V	V	V	V	V	Y	Y	Y	Y	Y				
Kimmovasaralukemat	Yksittäiset lukemat	26	31	26	32	25	26	27	31	26	25	31			
		28	33	30	34	28	28	29	32	28	27	32			
		28	34	28	35	28	28	29	33	28	27	34			
		30	32	26	33	32	30	31	34	30	29	33			
		32	32	28	33	32	32	33	33	32	31	32			
		28	33	28	34	33	28	29	37	28	27	29			
		30	34	30	35	34	30	31	33	30	31	33			
		24	33	32	34	33	24	25	36	24	32	34			
		36	36	28	37	36	36	37	28	36	34	36			
		28	28	30	29	28	28	29	36	28	33	35			
		34	34	24	35	34	25	26	37	25	32	34			
			36	36	37	36	28	29	33	28	27	29			
			30	28	31	30		29	32	28					
			34	25		34		31	35	30					
			26	28		26		31	34	30					
Keskiarvo		29,5	32,4	28,5	33,8	31,3	28,6	29,7	33,6	28,7	29,6	32,7			
Testauskohdan lujuusarvo [MPa]		33,5	38,0	31,5	40,0	36,0	32,0	26,0	33,0	24,0	25,5	31,0			

VERTAILULUJUUDEN LASKENTA:

Testauskohtien lukumäärä n	11	Koska testauskohtien lukumäärä on	11
Lujuustulosten keskiarvo f_{cm}	31,9	vertailulujuus on pienempi seuraavista arvoista:	
Koetulosten keskihajonta s	5,1	- $K_k = f_{cm} - f_n$	= 28 MPa
Variaatiokerroin s/f_{cm}	0,16	- $K_k = f_{cmin} + 4$	= 28 MPa
Pienin yksittäistulos f_{cmin}	24		
f_n	4	Arvosteluerän vertailulujuus K_k	= 28 MPa

ARVOSTELUERÄN HYVÄKSYTTÄVYYS :

Rakenneluokassa 1 arvosteluerän on hyväksyttävä, jos variaatiokertoimen arvolla 0,16 vertailulujuus K_k on vähintään 86,6 % nimellisljuusvaatimuksesta 35 MPa
Koska vertailulujuus K_k on 77,1 % nimellisljuusvaatimuksesta arvosteluerää ei voida hyväksyä.

Esimerkki 3

Testauksessa käytettiin kimmovasaraa, jonka kalibrointi- arvot on esitetty liitteen 1 kuvassa 1.

Betonin suunnittelulujuus oli 30 MPa ja rakenneluokka 1. Arvosteluerän koko oli 1400 m³.

Arvosteluerää varten testattiin 28 vuorokauden iässä 6 kohtaa vaakasuoraan ja 9 kohtaa ylöspäin ja saatiin alla olevan mukaiset kimmovasaralukemat ja niistä muunnetut betonin puristuslujuustulokset.

Testauskohta nro		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pinta hiottu (X)						X	X									
Testaussuunta		V	V	V	V	V	V	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Kimmovasaralukemat	Yksittäiset lukemat	26	32	26	31	25	26	27	31	26	25	31	31	32	28	32
		30	34	28	33	28	28	29	32	28	27	32	32	32	32	30
		28	35	28	34	28	28	29	33	28	27	34	34	38	29	30
		26	33	30	32	32	30	31	34	30	29	33	33	34	34	31
		28	33	32	32	32	32	33	33	32	31	32	32	32	33	32
		28	34	28	33	33	28	29	37	31	27	29	37	37	31	34
		30	35	30	34	34	30	31	33	32	31	33	33	38	32	32
		32	34	24	33	33	24	25	36	34	32	34	36	36	36	36
		28	37	36	36	36	36	37	28	33	34	36	35	37	35	35
		30	29	28	28	28	28	29	36	32	33	35	32	36	33	32
		24	35	34	34	34	25	26	37	37	32	34	38	36	37	33
		36	37		36	36	28	29	33	33	27	29	33	33	33	33
		28	31		30	30		29	32	36			34	34	34	34
		25			34	34		31	35	35			35	35	30	35
		28			26	26		31	34	32			33	34	29	33
		Keskiarvo	28,5	33,8	29,5	32,4	31,3	28,6	29,7	33,6	31,9	29,6	32,7	33,9	34,9	32,4
	Testauskohdan lujuusarvo [MPa]		31,5	40,0	33,5	38,0	36,0	32,0	26,0	33,0	30,0	25,5	31,0	33,5	35,0	30,5

VERTAILULUJUUDEN LASKENTA:

Testauskohtien lukumäärä n	15	Koska testauskohtien lukumäärä on	15
Lujuustulosten keskiarvo f_{cm}	32,5	vertailulujuus on pienempi seuraavista arvoista:	
Koetulosten keskihajonta s	3,9	- $K_k = f_{cm} - 1,48 \cdot s =$	27 MPa
Variaatiokerroin s/f_{cm}	0,12	- $K_k = f_{cmin} + 4 =$	30 MPa
Pienin yksittäistulos f_{cmin}	26		
f_n	-	Arvosteluerän vertailulujuus $K_k =$	27 MPa

ARVOSTELUERÄN HYVÄKSYTTÄVYYS :

Rakenneluokassa 1 arvosteluerän on hyväksyttävä, jos variaatiokertoimen arvolla 0,12
vertailulujuus K_k on vähintään 85,0 % nimellisljuusvaatimuksesta 30 MPa
Koska vertailulujuus K_k on 90,0 % nimellisljuusvaatimuksesta arvosteluerä voidaan
hyväksyä. Myös muiden SYL 3:n kohdassa 3.3.1.5 esitettyjen laatuvaatimusten on täyttyvä.

ISSN 1459-1553
ISBN 951-803-733-7
TIEH 3201004-v