



Kouvolan kaupunki

# Kuntotutkimusselostus

Suurjännitelinjan betonipylväs nro 8



INSINÖÖRITOIMISTO  
SUUNNITTELUKIDE

## Suurjännitelinjan betonipylvään nro 8 kuntotutkimus

# KUNTOTUTKIMUSSELOSTUS

## SISÄLLYSLUETTELO

### 1. YLEISTÄ

- 1.1 Tehtävä
- 1.2 Ominaistiedot ja rakenne
- 1.3 Rakennesuunnitelmat
- 1.4 Aikaisemmat tutkimukset, tarkastukset ja korjaukset

### 2. RAKENTEILLE TEHDYT TUTKIMUKSET JA TUTKIMUSTULOKSET

- 2.1 Silmä määräinen tarkastus
- 2.2 Tehdyt tutkimukset ja laitteet
- 2.3 Betonipylväät, havainnot
  - 2.3.1 Betonipeitteet
  - 2.3.2 Karbonatisoitumissyvyys
  - 2.3.3 Kloridipitoisuus
  - 2.3.4 Raudotteiden korroosio, betonin rapautumat
  - 2.3.5 Betonin puristus- ja vetolujuus
  - 2.3.6 Betonin halkeilu ja tiiveys
  - 2.3.7 Betonin pakkasenkestävyys
  - 2.3.8 Vesivuodot ja kosteusmittaukset
  - 2.3.9 Muut havainnot
  - 2.3.10 Tutkimustulosten yhteenveto- ja vertailutaulukko
- 2.4 Varusteet ja laitteet
  - 2.4.1 Johtimien kiinnikkeet
  - 2.4.2 Maadoitusjohtimet
  - 2.4.3 Tikasaskelmat

### 3. YHTEENVETO

- 3.1 Turvallisuusnäkökohdat
- 3.2 Rakenteiden kantavuus ja kestävyys
- 3.3 Tutkimustulosten luotettavuus
- 3.4 Rakenteiden kunto
- 3.5 Ehdotus korjaustoimenpiteiksi
  - 3.5.1 Toimenpiteet
  - 3.5.2 Seuraava tarkastus
  - 3.5.3 Kustannusarvio

## LIITTEET

- Liite 1 Betonipeitemittaukset
- Liite 2 Kimmovasaramittaukset ja puristuslujuus
- Liite 3 Ohuthie- ja pintahietutkimus
- Liite 4 Kloridianalyysi
- Liite 5 Vetolujuuskokeet
- Liite 6 Karbonatisoituminen
- Liite 7 Näytekohdat
- Liite 8 Valokuvia

## **1 YLEISTÄ**

### **1.1 Tehtävä**

Betonipylvään kuntotutkimuksen tehtävänä oli selvittää:

- pylvään betonirakenteiden kunto
- varusteiden ja laitteiden kunto
- korjausehdotukset kustannuksineen

Varsinaiseen tarkastukseen ei liittynyt rakenteen kestävyys- ja vakavuustarkastelua. Betonipylvästä on tehty erillinen rakenteen kestävyys- ja vakavuustarkastelu.

Tarkastus tehtiin toukokuun lopulla v. 2013. Tarkastuksen suorittivat ins. Simo Siippola ja DI Mikko Riitaola. Tilaajan yhteyshenkilönä tarkastuksessa toimi Tapani Vuorentausta Kouvolan Kaupungilta.

### **1.2 Ominaisiedot ja rakenne**

Pylvään nro 8 rakenteen tiedot:

- pylväs on perustettu maanvaraisen teräsbetonisen anturan varaan, (koko n. 4,0 x 4,0m)
- pylvään pilariosa ja orret ovat teräsbetonisia
- pylvään korkeus on n. 27,3m (maanpinnasta n. 26,5m)
- pylvään pilariosan alapään poikkileikkaus on n. 1,2 x 1,2m ja yläpään n. 0,4 x 0,4m
- pylvään pilariosassa on kolme poikittaista ortta, joiden kokonaispituudet (vaakamitta) vaihtelevat välillä 8,65m... 11,65m
- pylväiden pilariosan ja orsien pinnat ovat pinnoittamattomia betonipintoja. Muottimateriaalina on käytetty lautta.

Pylvään alkuperäinen rakennepiirustus on tämän raportin liitteenä, josta pylvään rakenne käy tarkemmin ilmi.

Pylväs sijaitsee Kouvolassa Kuusankoskella lähellä Kymijoen rantaa Kuusaantien ja pallokentän välisellä puistoalueella. Pylväs on yksi useammasta vanhan suurjännitesähkölínjan betonipylvästä. Pylvään juurella kulkee kevyenliikenteen väylä.

### **1.3 Rakennesuunnitelmat**

Pylvään saatavilla olleet piirustukset olivat käytettävissä tarkastuksen apuna. Suunnitelmat on laadittu v. 1943 /1947.

## **1.4 Aikaisemmat tutkimukset, tarkastukset ja korjaukset**

Pylväille on tehty edellinen kuntotutkimus vuonna 1999. Tällöin pylväiden (Nro:t 7 ja 8) kunto arvioitiin ikäänsä (tällöin n. 50v) nähden hyväksi. Joidenkin vaurioiden todettiin vaativan korjausta.

Pylväille ei kuitenkaan ole tehty korjaustoimenpiteitä kuluneella ajanjaksolla.

## **2 RAKENTEILLE TEHDYT TUTKIMUKSET JA TUTKIMUSTULOKSET**

### **2.1 Silmämääräinen tarkastus**

Silmämääräisessä tarkastuksessa havainnoidaan rakenteen pinnan kuntoa (esim. verkkohalkeilu, korroosio ja rapautuminen) sekä mahdollisia näkyviä rakenteellisia vaurioita (halkeamat, lohkeamat).

### **2.2 Tehdyt tutkimukset ja laitteet**

Tutkimuksia tehtiin seuraavasti:

- ohuthie- / pintahietutkimus (3 kpl), Kiralab Oy:n laboratoriossa
- vetolujuustutkimus (laboratoriossa) (4 kpl), KYAMK, Kotka
- puristuslujuusmääritys (2 kpl), KYAMK, Kotka
- kloridipitoisuuksien määritys (yht. 6 kpl) Kiralab Oy:n laboratoriossa
- karbonatisoitumissyvyys (8+2 kpl)
- betonipeitemittaukset (7 mittausta, joista osa alueina ja osa poikkileikkauksenomaisesti)
- betonin lujuus kimmovasaralla (5 kpl)
- halkeamaleveyksien mittauksia pistokoeluonteisesti
- koekuoppa ja perustustavan selvitys

Ohut- ja pintahietutkimukset ja kloridipitoisuuksien määritykset tehtiin Kiralab Oy:n laboratoriossa. Tutkimusselostukset ovat liitteenä.

Betonin veto- ja puristuslujuus määritettiin betonilieriöistä Kymenlaakson ammattikorkeakoulun (KYAMK) rakennuslaboratoriossa. Tutkimusselostus on liitteenä.

Säätila oli tarkastuksen aikana aurinkoinen ja tuulinen (n. 7...8 m/s).

Tutkimuksissa käytettiin seuraavia menetelmiä ja laitteita:

- raudoituksen betonipeitteet mitattiin HILTI PS-20 betonipeitemittarilla
- ohuthie- ja pintahietutkimukset tehtiin rakenteesta timanttiporalla poratuista lieriönäytteistä (n. ø 50mm). Tutkimukset tehtiin Kiralab Oy:n, Oulun laboratoriossa. Tutkimusselostus liitteenä.
- kloridipitoisuus määritettiin liuottamalla porajauheet standardin SFS 5451 mukaisesti. Kiralab Oy:n tutkimusselostus liitteenä.
- betonin vetolujuus testattiin timanttiporalla poratuista lieriönäytteistä (n. ø 50mm) laboratoriossa. Tutkimusselostus liitteenä.
- betonin puristuslujuus testattiin n. ø 75mm lieriöistä
- betonin lujuutta mitattiin myös kimmovasaralla (Schmidt N-15). Jokaista puristuslujuusarvoa varten otettiin 12 kimmovasaralukemaa, joista suurin ja pienin arvo hylättiin ja lopuista laskettiin keskiarvo.
- timanttiporaukset suoritettiin HILTI DD130 - timanttiporauskalustolla
- näyteporaukset tehtiin pilariosasta ja orsista poraamalla tiettyyn syvyyteen. Apuna porauksessa käytettiin betonipeitemittaria, jolla etsittiin raudoituksesta vapaa kohta, jotta vältettiin raudoituksen katkeaminen.
- päämittojen mittaukseen käytettiin mm. HILTI PD 30 laseretäisyysmittaria

## 2.3 Betonipylväät, havainnot

### 2.3.1 Betonipeitteet

Betonipeitteen laatu ja paksuus ovat yksi tärkeimmistä seikoista betoniterästen säilyvyyden kannalta. Tyypillisesti 1950-luvun vaihteessa betonipeitteet olivat paksuudeltaan n. 20...30mm:n luokkaa. Vaihteluja rakennneosittain ja paikallisesti voi kuitenkin esiintyä suurestikin.

Nykyiset vaatimukset vaihtelevat rakenteen rasitusluokan perusteella pääsääntöisesti välillä 35...50mm.

Raudoituksen betonipeitteet ovat mitatuissa kohdissa pääosin (n. >60-70 % mittaustuloksista) seuraavat:

| Rakenneosa                   | Betonipeite pääosin | Betonipeitevaatimus (nykyinen min.) | Alle betonipeitevaatimuksen (%) |
|------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Ylin orsi, eteläinen haara   | mm<br>25-39         | mm<br>35                            | %<br>66                         |
| Alin orsi, eteläinen haara   | mm<br>35-49         | mm<br>35                            | %<br>5                          |
| Alin orsi, pohjoinen haara   | mm<br>25-39         | mm<br>35                            | %<br>70                         |
| Pilariosa, ylim. orsien väli | mm<br>25-39         | mm<br>35                            | %<br>76                         |
| Pilariosa, alim. orren kohta | mm<br>25-39         | mm<br>35                            | %<br>75                         |
| Pilariosa, alaosa            | mm<br>25-39         | mm<br>35                            | %<br>67                         |
| Pilariosa, tyvi 1,5m:n kork. | mm<br>25-44         | mm<br>35                            | %<br>42                         |

Raudoituksen betonipeitteistä todettiin seuraavaa:

- betonipeitteessä oli alituksia nykyisiin vaatimuksiin verrattuna lähes kaikkialla, mikä on tyypillistä tämän ikäiselle rakenteelle
- yllä esitetyssä taulukossa on esitetty mitkä ovat pääosin teräksien betonipeitteet – pienempiäkin arvoja esiintyy paikallisesti
- betonin pinta on silmämääräisesti tarkastellen kohtuullisen tiiviin oloista, jonka varmistaa myös ohuthietutkimus. Pilariosan ohuthienäytteessä tiivistyksen todettiin kuitenkin olevan hieman puutteellista.
- betonin pinnalta sementtiliimakerros on kulunut pois ja pinnan hienojakoinen runkoaines on tullut esiin. Tämä voidaan luokitella normaaliksi ikääntymiseksi.
- betonin pinnalla on useissa kohdin ohuehko sammalkerros

Betonipeitteet ovat pylvään rakennusajankohdan huomioiden kohtuulliset lukuun ottamatta joissakin kohdissa lähellä pintaa olevia teräksiä. Muutamissa kohdissa betoniteräs on jäänyt valussa aivan pintaan ja teräs on ruostunut lohkaisten betonia kohdaltaan pois.

Betonin karbonatisoitumisesta voi olla paikallisesti vaaraa säilyvyydelle, mm. pilariosan alaosassa, koska paikoin betonipeitteessä on halkeamia, joiden kohdalla karbonatisoituminen pääsee etenemään syvemmälle.

### 2.3.2 Karbonatisoitumissyvyys

Tunkeutuessaan betoniin ilman sisältämä hiilidioksidi vaikuttaa betonin sisältämän huokosveden PH-arvoon, joka alenee (betoni karbonatisoituu). Tämä alentaa betonin teräksiä suojaavaa vaikutusta. Mikäli karbonatisoituminen etenee betoniteräksiin asti ja betonissa on kosteutta, terästen korroosio käynnistyy.

Hiilidioksidin tunkeutumissyvyyteen ja – nopeuteen vaikuttavat mm. betonin tiiveys ja kosteuspitoisuus. Halkeamien kohdalla tunkeutuminen etenee paikallisesti syvemmälle kuin ehjässä betonissa. Tällöin karbonatisoituminen voi edetä nopeammin teräkseen saakka.

Karbonatisoitumissyvyys määritettiin ohuthienäyteliieriöistä, vetokoelieriöistä sekä tutkimuspaikalla otetuista näytepaloista ja rakenteen piikkauskohdista.

Karbonatisoitumisnäytteet on tutkittu Kiralab Oy:n sekä KYAMK:n laboratorioissa sekä tutkimuspaikalla. Tutkimusselostukset ovat liitteenä, liitteet 3 ja 5.

Karbonatisoitumissyvytydet eri rakenneosissa ovat seuraavat:

| Rakenneosa     | Betonipeite pääosin | Karbonatisoitumis-<br>syvyys, mitattujen<br>arvojen vaihteluväli | Karbonatisoitumis-<br>syvyys keskimäärin |
|----------------|---------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Ylin orsi      | mm<br>25-39         | mm<br>0-15*)                                                     | mm<br>3                                  |
| Alin orsi      | mm<br>25-39         | mm<br>0-4                                                        | mm<br>2                                  |
| Pilari, yläosa | mm<br>25-39         | mm<br>0-20                                                       | mm<br>6                                  |
| Pilari, alaosa | mm<br>25-44         | mm<br>0-8 (20)                                                   | mm<br>5                                  |

\*) Mikroraon kohta

Edellä esitettyjen tulosten perusteella karbonatisoituminen ei vielä uhkaa laajoilla alueilla terästen säilyvyyttä.

Paikallisesti yksittäiset pienen suojaavan betonipeitteen omaavat ja pinnassa olevat teräkset ovat jo karbonatisoitumisvyöhykkeessä tai karbonatisoituminen etenee lähivuosina näiden terästen tasolle. Näiden terästen korroosioriski on kohonnut.

Lisäksi halkeamien kohdilla, joita on esim. pilariosan alaosassa, karbonatisoituminen on paikoin edennyt jopa yli 20mm syvyyteen.

Suurimmalla osalla betonipintaa karbonatisoituminen on ollut hidasta useimpiin samanikäisiin betonirakenteisiin verrattuna. Karbonatisoituminen saavuttaa pääosan raudoituksesta vasta kymmenien vuosien kuluttua lukuun ottamatta edellä mainittuja paikallisia kohtia ja pinnassa olevia teräksiä.

### 2.3.3 Kloridipitoisuus

Kloridien riittävän korkea pitoisuus betonirakenteessa aiheuttaa nopeaa ja voimakasta terästen korroosiota. Kloridikorroosiolle on tyypillistä pistemäisyys ja nopea eteneminen.

Betonirakenteiden kloridipitoisuus määritettiin laboratoriossa yhteensä 6 porajauhenäytteestä (SFS 5451). Näytesyvyydet betonin pinnasta olivat 0-20 ja 20-40mm. Kloridipitoisuuksiksi (happoliukoinen) saatiin eri rakenneosissa seuraavia arvoja:

| Rakenneosa                       | Betonipeite pääosin | Kloridipitoisuus<br>0 – 20 mm<br>p-% | Kloridipitoisuus<br>20 – 40 mm<br>p-% |
|----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Ylin orsi                        | mm<br>25-39         | 0,01                                 | 0,01                                  |
| Pilarin yläosa 1,5m<br>yläpäästä | mm<br>25-39         | 0,01                                 | 0,01                                  |
| Pilarin alaosa (tyvi)            | mm<br>25-44         | 0,01                                 | 0,01                                  |

Betonin kloridipitoisuuden kriittisenä raja-arvona käytetään 0,03 ... 0,07 % betonin painosta, kun määrittäminen on tehty happoliukoisena.

Näytteenottokohdissa kloridipitoisuus alitti kriittisen raja-arvon.

Klorideista ei toistaiseksi aiheudu vaaraa rakenteen säilymiselle.

### 2.3.4 Raudoituksen korroosio, betonin rapautumat

Silmämääräisesti todeten ruostuneita kohtia pylväässä esiintyi sekä pilariosassa, että orsissa. Näkyvät ruostekohdat olivat pieniä ja silmämääräisesti todeten korroosio ei ole luonteeltaan aggressiivista (kuten esim. kloridikorroosio). Muutamassa kohdin ruostunut teräs oli lohkaissut betonipeitettä pois.

Pilarin alaosassa teräksen kohdalla oli pitkä, muutaman metrin mittainen, pystysuuntainen halkeama. Kyseisestä kohdasta tehtiin koepiikkaus, jolloin todettiin syvemmällä sijaitsevan teräksen korroosion alkaneen. Teräs oli avauskohdassa lievästi ruostunut, todennäköisesti betonin karbonatisoitumisen seurauksena. Oletettavaa on, että teräs on ruostunut samankaltaisesti koko halkeaman matkalla.

Betonin pinnassa ei havaittu laajoja rapautuneita alueita lukuun ottamatta paikallisia rapautumakohtia.

Keskimmäisen orren päissä havaittiin vakavaa pakkasrapautumaa. Veden ja pakkasen seurauksena betonin pintaa on irtoillut. Orren päässä on suuret halkeamat, joiden seurauksena arviolta n. vajaan 1 kg:n suuruinen betonikappale on vaarassa pudota alas.

Suosituksena on poistaa irtoamassa oleva betonikappale pikaisesti, jotta se ei pääse putoamaan alla kulkevalle kevyenliikenteen väylälle. Tämä pitäisi tehdä jo ennen varsinaista rakenteen korjausta.

Samassa halkeilleessa kohdassa on myös alkuperäinen sähköjohdon kannatinlenkki, mutta se on piirustuksien mukaan ankkuroitu kauemmas betoniin, eikä toistaiseksi ole putoamisvaarassa. Lenkin kiinnipysymisen voi varmistaa samassa yhteydessä kuin irtonaisia betonikappaleita poistetaan.

### 2.3.5 Betonin puristus- ja vetolujuus

#### PURISTUSLUJUUS

Betonin lujuutta tutkittiin kimmovasaralla ja puristuslujuuskoelieriöitä testaamalla.

Kimmovasaratutkimuksen <sup>1)</sup> mukaan betonin puristuslujuus eri rakenneosissa on seuraava:

- ylimmän orren yläpinta 72 N/mm<sup>2</sup>
- pilariosa 1,5m ylhäältä 69 N/mm<sup>2</sup>
- alimman orren sivupinta 66 N/mm<sup>2</sup>
- pilariosan puoliväli 73 N/mm<sup>2</sup>
- pilariosa alhaalta 61 N/mm<sup>2</sup>

Pienin kimmovasaralla todettu testauskohdan lujuusarvo oli n. 61 N/mm<sup>2</sup> (pilari alhaalta).

Kimmovasaratulosten perusteella rakenteen betonin puristuslujuus on hyvällä tasolla. Mitatuista arvoista saatiin vertailtua betonin puristuslujuutta rakenteen eri kohdissa.

<sup>1)</sup> Pintabetonin karbonatisoitumisen vuoksi kimmovasaralla saadaan betonin pinnasta mitaten yleensä todellista lujuutta suurempia puristuslujuuden arvoja. Keskimäärin kimmovasaratulosten tarkkuus on ±10% suhteessa betonin todelliseen puristuslujuuteen.

Tulokset olivat tasalaatuisia läpi koko pylvään, eikä todella huonoja kimmovasara - mittaustuloksia saatu mistään kohdasta pylvään rakenteita.

Laboratoriossa tutkittujen puristuslujuuskoelieriöiden lujuusarvot olivat seuraavat:

- alin orsi, pohjoinen haara  $77,5 \text{ N/mm}^2$
- pilariosa alhaalta 1,6m maasta, eteläsivu  $41,1 \text{ N/mm}^2$

Puristuslujuus, koelieriöistä mitaten, on hyvällä tasolla, vaikka pilariosan puristuslujuus onkin pienempi kuin muualla keskimäärin. Myös kimmovasarella saatiin kyseisestä kohdin hieman alempi puristuslujuusarvo kuin muualla.

## VETOLUJUUS

Betonin vetolujuusarvojen perusteella voidaan arvioida mm. betonin rapautumisen astetta ja mahdollisten halkeamien (mm. mikrorakojen) olemassaoloa. Betonin vetolujuuskokeella voidaan määrittää soveltuuko rakenteen betoni korjausalustaksi. Yleensä korjausalustaksi soveltuvan betonin vetolujuus on oltava suurempi kuin  $1,5 \text{ N/mm}^2$ .

Betonin vetolujuutta tutkittiin näytelieriöistä laboratoriossa tehdyin tutkimuksin KYAMK:n laboratoriossa. Tutkimustulokset ovat liitteenä, liite 5.

Vetolujuudeksi saatiin pylvään pilariosassa  $0,8... 1,1 \text{ N/mm}^2$ . Arvot ovat alle yleisesti käytetyn korjausalustan vetolujuuden vähimmäislujuusvaatimuksen  $1,5 \text{ N/mm}^2$ . Ohuthietutkimuksessa samalta alueelta otetussa näytteessä ei kuitenkaan havaittu kuntoa heikentäviä pakkasrapautumavaurioita. Etenkin pienempi vetolujuusarvo saattaa osin johtua mm. puutteellisesta tiivistyksestä ja runkoainekappaleiden pinnalle runsaasti kertyneistä ilmahuokosista, mikä ohuthietutkimuksen raportissa on todettu.

Orsien vetolujuusarvot olivat parempia ja ylittivät korjausalustan vetolujuuden vähimmäislujuusvaatimuksen  $1,5 \text{ N/mm}^2$ . Arvot olivat välillä  $1,8...2,2 \text{ N/mm}^2$ . Ohuthietutkimuksessa betonin todettiin olevan hyvin tiivistynyttä.

### 2.3.6 Betonin halkeilu ja tiiveys

Betonipylväässä havaittiin muutamia halkeamia pylvään eri kohdissa. Suurin halkeama oli pilariosan alaosan keskikohdalla usean metrin mittaisena pystyhalkeamana. Halkeaman kohdalla on samansuuntainen betoniteräs.

Ylimmän orren ohuthienäytteessä havaittiin n. 20µm:n mikrorako n. 13mm:n syvyydelle saakka.

Kimmoasaratutkimuksen yhteydessä betonin pintaa hiottiin paikallisesti ja parissa kohden todettiin aivan betonin pinnan olevan hieman ”irti” liuskemaisesti.

Pylvään betonit todettiin ohuthietutkimuksissa tasalaatuisiksi ja ne eivät olleet kerroksellisia.

Orsien osalta näytteiden todettiin olevan hyvin tiivistettyjä, mutta pilariosan betonin tiivistys oli hieman puutteellista.

Betonit olivat pääosin hyviä lukuun ottamatta pilarin alaosan näytettä, joka oli luokiteltu lähes hyväksi.

Runkoaineen ja sideaineen väliset rajapinnat olivat näytteissä pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät. Pilarin alaosan näytteessä runkoainekappaleiden rajapinnoille oli kuitenkin kertynyt paikoin runsaasti ilmahuokosia.

Tutkimusselostus ohuthienäytteistä on liitteenä, liite 3.

### 2.3.7 Betonin pakkasenkestävyys

Poranäytteistä tehtyjen ohuthietutkimusten perusteella todettiin seuraavaa:

- lieriönäytteistä todettiin, että ylimmän orren näytteessä oli mikrorako n. 13mm:n syvyydelle
- pylvään nro 8 betoni ei ole lisähuokostettua ja pakkasvaurioilta suojaavia, suojahuokosiksi luokiteltavia ilmahuokosia on vähän

### 2.3.8 Vesivuodot ja kosteusmittaukset

Pylvään rakenteen ja muodon vuoksi sekä kyseisen kaltaisen ulkorakenteen kyseessä ollen, varsinaisia kosteusmittauksia ei suoritettu.

Orsien alapinnoilla oli veden valumajälkiä, joita voidaan luonnehtia normaaleiksi tämänkaltaisessa rakenteessa. Valumien vuoksi kosteusrasitus voi kuitenkin kyseisillä alueilla olla suurempi kuin nopeammin kuivuivissa rakenteen osissa.

### 2.3.9 Muut havainnot

Betonirakenteiden yleiskunto todettiin ikäänsä nähden hyväksi, lukuun ottamatta pieniä ruostuneita alueita ja halkeilua pilariosassa sekä samassa kohdassa olevan teräksen korroosion alkamista.

Lisäksi orsien päiden rapautumat on luokiteltava vakavaksi vaurioksi betonikappaleiden putoamisvaaran vuoksi.

Pylvääseen on kiinnitetty viistot narut ilmeisesti valoja tai vastaavia koristeita varten.

Tutkimuksen yhteydessä tarkastettiin myös pylvään perustustapa, joka oli aiemmin oletettu paaluperustukseksi. Koekuopan pohjalta tehtyjen havaintojen ja tiuhaan (n. 100mm välein) tehtyjen pliktausten perusteella, pylväs on kuitenkin perustettu maanvaraisesti. Lisäksi anturan maanalaisten osien mitat täsmäävät maanvaraisen anturan piirustuksen kanssa.

Silmämääräisesti määrittäen maaperä anturan alla on savipitoista maa-ainesta (savea, siltistä savea). Anturan päälle täyttö on tehty sorasta.

### 2.3.10 Tutkimustulosten yhteenveto- ja vertailutaulukko

| RAKENNEOSA                      | BETONI-<br>PEITE | PURIS-<br>TUS-<br>LUJUUS<br>(KA.) | BETONIN<br>VETOLU-<br>JUUS | KARBO<br>NATI<br>SOITU<br>MINEN | KLORIDIT              |         |
|---------------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------|
|                                 | mm               | N/mm <sup>2</sup>                 | N/mm <sup>2</sup>          | mm                              | SYVYYS (MM)<br>0-20 % | 20-40 % |
| Ylin orsi, eteläinen haara      | 25-39            | 72                                | 2,2                        | 0-15                            | 0,01                  | 0,01    |
| Alin orsi, eteläinen haara      | 35-49            | 66                                | 1,8                        | 0-4                             | -                     | -       |
| Alin orsi, pohjoinen haara      | 25-39            | 77,5*                             | -                          | -                               | -                     | -       |
| Pilariosa, ylim. orsien väli    | 25-39            | 69                                | 1,1                        | 0-20                            | 0,01                  | 0,01    |
| Pilariosa, alim. orren kohta    | 25-39            | -                                 | -                          | 0-20                            | -                     | -       |
| Pilariosa, alaosa               | 25-39            | 73                                | -                          | -                               | -                     | -       |
| Pilariosa, tyvi n. 1,5m:n kork. | 25-44            | 61 / 41*                          | 0,8                        | 0-8 (20)                        | 0,01                  | 0,01    |

\*) Koelieriö

## **2.4 Varusteet ja laitteet**

### **2.4.1 Johtimien kiinnikkeet**

Vanha suurjännitejohto on ollut kiinnitettynä pylvään orsiin teräksisten lenkkien välityksellä. Lenkit ovat vielä paikoillaan betonivalussa. Itse lenkit ovat ruosteessa, mutta niiden kunto ei ole kriittinen. Lenkkien kiinnitys betonivaluun on orren rapautumisen ja halkeilun takia heikentymässä, mutta toistaiseksi ne ovat kiinni syvemmällä betonissa. Aikaa myöten rapautuman edetessä kiinnitys vaarantuu, ellei rapautumaa korjata.

### **2.4.2 Maadoitusjohtimet**

Pylvääseen on kiinnitetty maadoitusjohtimet (ukkosenjohdatin) ylimmän orren päälle ja pilariosan kylkeen. Johtimet ovat päällisin puolin kunnossa ja kiinni pylväässä. Alhaalla johtimen pää kuitenkin roikkuu vapaana pylvään sivulla, eikä sitä ole johdettu maahan. Sähkötekniisiin ratkaisuihin ei tässä yhteydessä oteta kantaa.

### **2.4.3 Tikasaskelmat**

Pylvään pilariosan yhdelle sivulle on (valuun) kiinnitetty askelmat, jotka on tehty terästangoista. Askelmien maalipinta on vaurioitunut läheltä betonin pintaa ja teräs on näiltä kohdin ruosteessa.

## **3 YHTEENVETO**

### **3.1 Turvallisuusnäkökohdat**

Betonipylvään betonirakenne on ikäänsä nähden kohtuullisessa kunnossa lukuun ottamatta muutamia yksittäisiä kohtia, jotka vaativat korjaustoimenpiteitä.

Akuutin turvallisuusriskin muodostavat keskimmäisen orren päiden rapautumat. Orsien päistä voi rapautuman ja halkeilun seurauksena irrota betonikappaleita ja pudota mm. alla kulkevalle kevyenliikenteenväylälle. Orsien päät vaativat pikaista korjausta.

Muita turvallisuutta välittömästi vaarantavia vaurioita ei havaittu.

### 3.2 Rakenteiden kantavuus ja kestävyys

Betonipylvään perustamistavasta on huomioitava, että pylväs on perustettu savipohjaisen maan varaan, jota voidaan pitää arveluttavana seikkana rakenteen vakavuuden kannalta.

Tilattuun tarkastukseen / tutkimukseen ei liittynyt kantavuuden ja pylvään vakavuuden arviointia. Pylväästä on tehty erillinen kantavuus- ja vakavuustarkastelu.

### 3.3 Tutkimustulosten luotettavuus

Tarkastuksen pohjana ollut tutkimusohjelma perustuu pistokoeluonteisiin mittauksiin ja näytteisiin, joilla on pyritty saamaan kattava kuva betonipylvään nykykunnosta ja tarpeellisista korjaustoimenpiteistä. Kuitenkin, koska näytteet ovat hyvin pistemäisiä luonteeltaan, saattaa pylväässä olla näytekohdista poikkeavia rakenteiden ominaisuuksia. Näytekohdat on valittu niin, että ne antaisivat mahdollisimman kattavan ja edustavan kuvan pylvään nykykunnosta.

### 3.4 Rakenteiden kunto

Tehtyjen tutkimusten perusteella on saatu käsitys betonipylvään nykykunnosta ja sen säilyvyyteen vaikuttavista tekijöistä.

Säilyvyyden kannalta hyviä seikkoja ovat:

- suurimmalta osin betonin pinta on kohtuullisen tiivistä eikä laajoja rapautumia tai valuvikoja esiinny
- kloridipitoisuudet ovat pieniä
- karbonatisoituminen on ollut kohtuullisen hidasta

Seuraavia seikkoja voidaan pitää rakenteiden säilyvyyttä vaarantavana ja osa niistä vaatii korjaustoimenpiteitä:

1. Orsien päiden rapautumat vaativat pikaista korjausta, ettei betonikappaleita pääse putoamaan alla kulkevalle kevyenliikenteenväylälle
2. Rakenteen eri osissa on halkeamia, joiden kautta mm. karbonatisoituminen etenee normaalia nopeammin syvemmälle betoniin
3. Pylväässä on paikoin ruostuneita teräksiä pinnassa. Lisäksi teräksiset askelmat ovat hieman ruostuneet.
4. Yleisesti suojaavat betonipeitteet ovat pienehköjä nykyisiin vaatimuksiin verrattuna
5. Pylvään perustaminen savipitoisen maan päälle on arveluttavaa

### 3.5 Ehdotus korjaustoimenpiteiksi

#### 3.5.1 Toimenpiteet

Seuraavassa on esitetty korjauksen vaatimia toimenpiteitä ja arvioitu korjauksen kustannuksia.

- orsien päistä piikataan huonokuntoinen betoni pois ja tehdään korjaus valamalla
- ruostuneiden, pinnassa olevien terästen kohdat paikataan korroosionsuojalaastilla ja korjauslaastilla
- halkeamat injektoidaan epoksilla
- askelmat uusintamaalataan
- koko pylvään pinnoittamista säilyvyyttä parantavalla sementtipohjaisella pinnoitteella voi harkita

Korjaustoimenpiteitä ja mahdollisia rakenteellista kapasiteettia lisääviä toimenpiteitä on tarkemmin käsitelty erillisessä raportissa.

Korjaustyötä varten on laadittava korjaussuunnitelma ja työselitys.

#### 3.5.2 Seuraava tarkastus

Pylvään kuntoa on suositeltavaa seurata säännöllisin silmämääräisin tarkastuksin (yleistarkastus) n. 3...7 vuoden välein (keskimäärin n. 5 vuoden välein), jotta mahdolliset vauriot pystytään havaitsemaan riittävän ajoissa.

### 3.5.3 Kustannusarvio

Esitettyjen korjausten kustannusarvio on esitetty erillisessä raportissa.

Korjauskustannukset tarkentuvat korjaussuunnittelun yhteydessä määrien ja valittujen työmenetelmien mukaan.

Kouvolassa 25.7.2013

Insinööritoimisto Suunnittelukide Oy

Simo Siippola  
Päätarkastaja, ins.

Mikko Riitaoja  
Tarkastaja, DI

## **Liite 1 Betonipeitemittaukset**



## **Liite 2 Kimmovasaramittaukset ja puristuslujuus**



Tilaaja  
**Insinööritoimisto Suunnittelukide Oy[Kvl]**

**Tilaspvm.**

Asiakkaan viite

27.5.2013

**Tilaajan yhteyshenkilö:**

Kauppalankatu 9  
45100 KOUVOLA

Puristuskone: Form-Test Alpha 3-3000 S nro. 02824  
Kalibrointitodistus: K024-VTT-S-08541-12.17.12.2012

Työmaa /  
Kohde Betonipylväs

| Kpl-tyyppi     | Määrä |
|----------------|-------|
| Rak.koe Iierjö | 2     |

## Testaus

**Rakennekoekappaleiden** puristuslujuuden testaus tehdään standardin SFS-EN 12390-3 mukaisesti ja tiheys standardin SFS-EN 12390-7 mukaisesti siten, että tilavuus määritetään laskemalla käyttäen todellisia mittoja. Testi tehdään koekappaleen molemmat pinnat **hiottuina**. Kappaleiden mittaus on tehty SFS-EN 12390-3 LIITE B mukaisesti sekä tasomaisuus- ja suorakulmaisuuspoikkeama on tarkastettu standardin SFS-EN 12390-1 mukaisesti. Testikappaleen halkaisijan ja korkeuden suhde on 1:1. Tulosten muuntaminen on tehty Betoninormit 2004, BY 50, kohdan 6.3.3 *Betonin puristuslujuus rakennekoekappaleilla* mukaisesti.

Poikkeama standardista: Puristuskokeessa on käytetty koneen oman nivelen lisäksi erillistä lisäniveltä.

## Tulostulkinta

[illegible]

Koekappaleiden mitat ilmenevät erillisistä liitteistä.

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU OY  
RAKENNUSLABORATORIO

Ympäristöministeriön hyväksymä koetuslaitos

Kotka 31.5.2013

Jari Harju

Digitaalinen allekirjoittaja: Jari Harju  
Hakemistonimi (DN): cn=Jari Harju,  
o, ou=Rakennuslaboratorio,  
email=jari.harju@kyamk.fi, c=FI  
Päiväys: 2013.05.31 07:31:42 +03'00'

# RI Jari Harju

Tämän selostuksen OSITTAINEN julkaiseminen on sallittu vain kirjallisella luvalla.

Huomautukset raportista on tehtävä 14 vrk kuluessa.

## Postiosoite

puh. 044 702 8888 (vaihde)

[www.kvamk.fi](http://www.kvamk.fi)

PL 9

fax. 044 702 8209

Email: [etunimi.sukunimi@kyamk.fi](mailto:etunimi.sukunimi@kyamk.fi)

48401Kotka

## **Liite 3 Ohuthie- ja pintahietutkimus**



## Betoninäytteiden ohuthietutkimus nro BE1473/13

Kuusankoski, suurjännitelinjan betonipylväs 8

KiraLab Oy, 14.6.2013

Suunnittelukide Oy  
Simo Siippola  
Kauppalankatu 9  
45100 KOUVOLA

### Viite

Analyysipyyntö 23.5.2013 Simo Siippola

### Kohde

Suurjännitelinjan betonipylväs 8  
Kuusankoski

### Yleistiedot näytteistä

Tutkimuskohteesta toimitettiin kolme betonilieriönäytettä ( $\varnothing$  50 mm). Näytteet oli merkitty tunnuksilla OH1.1, OH1.2 ja OH2.

### Tutkimukset

Näytelieriöt sahattiin kahtia. Näytteille suoritettiin ohuthietutkimus. Ohuthieet tehtiin kohtisuoraan tutkittavan rakenneosan pintaa vasten. Hieen koko on  $48 \times 25 \times 0,03 \text{ mm}^3$ .

Näytteiden yleispiirteiden tarkastelu suoritettiin Leica S4E stereomikroskoopilla, ohuthieet tutkittiin Olympus BX 60 polarisaatiomikroskoopilla.

Ohuthieen tutkinnassa käytettiin apuna standardia ASTM C856. Karbonatisoitumissyvyys on määritetty ohuthieestä tai tuoreelta halkaisupinnalta fenoliftaleiini-indikaattoriliuoksella.

### Tulokset

**Näyte OH1.1 (ylin orsi).** Näytteelle suoritettiin ohuthietutkimus. Ohuthie on tehty ulkopinnasta alkaen. Näytteestä tehtiin seuraavat havainnot:

- Näytteen pituus on n. 160 mm, näyte ei ulotu rakenteen läpi. Näytteessä on yksi yhtenäinen valukerros, kerroksellisuutta ei ole.
- Ulkopinta on betonipinnalla, pinnoitteita ei ole.
- Betoni on tasalaatuista.
- Runkoaines koostuu reunoiltaan särmikkäistä - osittain pyöristyneistä sora- ja hiekka-aineksista ( $\varnothing \leq 22 \text{ mm}$ ). Runkoaines on ehjää. Runkoaines on pääosin graniittista.
- Runkoaineen ja sideaineen väliset rajapinnat ovat pääosin kiinni ja tartunnat ovat hyvät. Ulkopinnassa yksittäisten runkoainekappaleiden rajapintoja on mikroraon kohdalla osittain auki.
- Sideaineen hydrataatioaste on normaali.
- Karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnassa keskimäärin 3 mm (minimi 2 mm, maksimi mikroraon kohdalla 15 mm).
- Näytteessä ei ole havaittavissa betonin kuntoa merkittävästi heikentäviä vaurioita:
  - Ulkopinnassa on pintaa vasten kohtisuora mikrorako 13 mm:n syvyydelle. Mikroraon leveys ulkopinnassa on  $20 \mu\text{m}$  ja syvemmillä  $< 10 \mu\text{m}$ .
- Betonia ei ole lisähuokostettu. Pakkasvaurioilta suojaavia, suojahuokosiksi luokiteltavia ilmahuokosia on vähänlaisesti.
- Betoni on hyvin tiivistynyttä. Epämääräisen muotoisia ja pyöreäpiirteisiä läpimitaltaan yli  $0,8 \text{ mm}$ :n kokoisia tiivistyshuokosia (maksimi  $\varnothing 3,0 \text{ mm}$ ) on vähän.
- Ilmahuokosissa ei ole havaittavissa merkittäviä kiteytymiä.
- Näytteeseen ei ole sattunut terästystä.

**Näyte OH1.2 (pilari, alimman orren kohta).** Näytteelle suoritettiin ohuthietutkimus. Ohuthie on tehty ulkopinnasta alkaen. Näytteestä tehtiin seuraavat havainnot:

- Näytteen pituus on n. 95 mm, näyte ei ulotu rakenteen läpi. Näytteessä on yksi yhtenäinen valukerros, kerroksellisuutta ei ole.
- Ulkopinta on betonipinnalla, pinnoitteita ei ole.
- Betoni on tasalaatuista.
- Runkoaines koostuu reunoiltaan särmikkäistä - osittain pyöristyneistä sora- ja hiekka-aineksista ( $\varnothing \leq 14$  mm). Runkoaines on ehjää. Runkoaines on pääosin graniittista.
- Runkoaineen ja sideaineen väliset rajapinnat ovat kiinni ja tartunnat ovat hyvät.
- Sideaineen hydrataatioaste on normaali.
- Karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnassa keskimäärin 8 mm (minimi 5 mm, maksimi 15 mm).
- Näytteessä ei ole havaittavissa betonin kuntoa heikentäviä vaurioita.
- Valun seassa on epäpuhtautena vähäinen määrä puusälöjä.
- Betonia ei ole lisähuokostettu. Pakkasvaurioilta suojaavia, suojahuokosiksi luokiteltavia ilmahuokosia on vähän.
- Betoni on hyvin tiivistynyttä. Epämääräisen muotoisia ja pyöreäpiirteisiä läpimitaltaan yli 0,8 mm:n kokoisia tiivistyshuokosia (maksimi  $\varnothing$  3,0 mm) on vähänlaisesti. Nämä ovat pienehköjä ja tasaisesti jakautuneet.
- Ilmahuokosissa ei ole havaittavissa merkittäviä kiteytymiä.
- Näytteeseen ei ole sattunut terästystä.

**Näyte OH2 (pilari, alareunasta).** Näytteelle suoritettiin ohuthietutkimus. Ohuthie on tehty ulkopinnasta alkaen. Näytteestä tehtiin seuraavat havainnot:

- Näytteen pituus on n. 135 mm, näyte ei ulotu rakenteen läpi. Näytteessä on yksi yhtenäinen valukerros, kerroksellisuutta ei ole.
- Ulkopinta on betonipinnalla, pinnoitteita ei ole.
- Betoni on tasalaatuista.
- Runkoaines koostuu reunoiltaan särmikkäistä - osittain pyöristyneistä sora- ja hiekka-aineksista ( $\varnothing \leq 23$  mm). Runkoaines on pääosin ehjää, runkoaineen joukossa on yksittäinen rapautunut pienehkö kivenkappale. Runkoaines on pääosin graniittista.
- Runkoaineen ja sideaineen välisiin rajapintoihin on kertynyt paikoin runsaasti ilmahuokosia. Runkoaineen ja sideaineen väliset tartunnat vaikuttavat kuitenkin hyviltä.
- Sideaineen hydrataatioaste on normaali.
- Karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnassa keskimäärin 6 mm (minimi 5 mm, maksimi 8 mm).
- Näytteessä ei ole havaittavissa betonin kuntoa heikentäviä rapautumisvaurioita.
- Betonia ei ole lisähuokostettu. Pakkasvaurioilta suojaavia, suojahuokosiksi luokiteltavia ilmahuokosia on vähän.
- Betoni on hieman puutteellisesti tiivistynyttä. Epämääräisen muotoisia ja pyöreäpiirteisiä läpimitaltaan yli 0,8 mm:n kokoisia tiivistyshuokosia (maksimi  $\varnothing$  15 mm, pääosin  $< 3$  mm) on kohtalaisen runsaasti.
- Ilmahuokosissa ei ole havaittavissa merkittäviä kiteytymiä.
- Näytteeseen ei ole sattunut terästystä.



**Kuva 1.** Näytteissä ei ole havaittavissa rapautumisvaurioita. Ohuthieet on valmistettu ulkopinnoista alkaen.

### Tulosten tarkastelu

Betoninäytteiden kuntoa on arvioitu asteikolla hyvä, tyydyttävä, välttävä ja heikko. Arvion perustana on käytetty ohuthietutkimuksesta ja stereomikroskooppitarkastelusta saatuja tuloksia.

| Näyte nro     | Näytteen pituus (mm) | Karbonatisoituminen minimi-maksimi km. = keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys (mm) | Rapautuminen (mm) | Teräs-korroosiota (on/ei) | Kunto      |
|---------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|------------|
|               |                      | ulkopinta                                                                            | ulkopinta         |                           |            |
| OH1.1, orsi   | n. 160               | 2-15, km. 3                                                                          | 0                 | ei teräksiä               | hyvä       |
| OH1.2, pilari | n. 95                | 5-15, km. 8                                                                          | 0                 | ei teräksiä               | hyvä       |
| OH2, pilari   | n. 135               | 5-8, km. 6                                                                           | 0                 | ei teräksiä               | lähes hyvä |

Näytteet on porattu orren ja pilarin ulkopinnoista, näytteet eivät ulotu rakenteiden läpi. Näytteissä on yksi yhtenäinen valukerros, kerroksellisuutta ei ole.

Näytteiden betoni on tasalaatuista. Runkoaine on hyvälaatuista ja pääosin ehjää. Runkoaineen ja sideaineen väliset rajapinnat ovat pääsääntöisesti kiinni ja tartunnat ovat hyvät. Näytteessä OH2 runkoainekappaleiden rajapinnoille on kertynyt paikoin runsaasti ilmahuokosia, tartunnat vaikuttavat hyviltä näilläkin osin.

Sideaine on hydratoitunut normaalisti. Keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys ulkopinnoissa on 3-8 mm.

Ulkopinnat ovat betonipinnalla, pinnoitteita ei ole.

Näytteissä ei ole havaittavissa betonin kuntoa heikentäviä vaurioita.

Näytteisiin ei ole sattunut terästystä.

Betonissa on vähän pakkasvaurioilta suojaavia, suojahuokosiksi luokiteltavia ilmahuokosia.

Betoni on näytteissä OH1.1 ja 1.2 hyvin tiivistynyttä, pyöreäpiirteisiä sekä epämääräisen muotoisia, läpimitaltaan yli 0,8 mm tiivistyshuokosia on vähän. Näytteessä OH2 tiivistyminen on ollut hieman puutteellista ja tiivistyshuokosia on runsaammin.

Ilmahuukosissa ei ole havaittavissa merkittäviä kiteytymiä.

KiraLab Oy



Tapani Arola  
geologi, FM

## **Liite 4 Kloridianalyysi**

Suunnittelukide Oy  
Simo Siippola  
Kauppakatu 9  
45100 KOUVOLA

**Viite:**

Analyysipyyntö 23.5.2013, Simo Siippola

**Kohde:**

Suurjännitelinjan betonipylväs 8  
Kuusankoski

**Analyysitulokset:**

Porausjauhenäytteistä tehtiin kloridianalyysit. Näytteet liuotettiin standardin SFS 5451 mukaisesti ja niiden kokonaiskloridipitoisuudet mitattiin potentiometrisesti kloridi-ioni sensitiivisellä elektrodilla. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Näytteiden kloridipitoisuudet

| Näytenro: | Näytteenottopaikka ja -syvyys                  | CL <sup>-</sup> (p-%) |
|-----------|------------------------------------------------|-----------------------|
| CL 1.     | Ylin orsi, 0 – 20 mm                           | 0,01                  |
| CL 1.     | Ylin orsi, 20 – 40 mm                          | 0,01                  |
| CL 2.     | Betonipylvästä, 1.5 m ylhäältä, 0 – 20 mm      | 0,01                  |
| CL 2.     | Betonipylvästä, 1.5 m ylhäältä, 20 – 40 mm     | 0,01                  |
| CL 3.     | Betonipylvään alapäästä, eteläsivu, 0 – 20 mm  | 0,01                  |
| CL 3.     | Betonipylvään alapäästä, eteläsivu, 20 – 40 mm | 0,01                  |

**Tulkinta:**

Klorideista voi olla vaaraa rakenteiden säilyvyydelle, kun kloridipitoisuus on kriittisen raja-arvon (0,03–0,07 p-%) suuruinen tai ylittää sen. Näytteiden kloridipitoisuudet alittavat kriittisen raja-arvon.

KiraLab



Mikko Kivelä  
laboratorioanalyttikko, AMK

## **Liite 5 Vetolujuuskokeet**

**Tilaja**

Insinööritoimisto Suunnittelukide Oy[Kvl]

Kauppalankatu 9  
45100 KOUVOLA**Tilauspvm.**

27.5.2013

**Asiakkaan viite****Tilaaajan yhteyshenkilö:****Vetokone:** F20D EASY M 2000 nr. 10112**Vetokoneen kalibrointitodistus:** K024-VTT-S-08545-12,18.12.2012**Testikappaletyyppi:** Poralieriö**Työmaa / kohde**

Betonipylväs

**BETONIN VETOLUJUUSTESTAUS (SFS 5445)****Testaus**

Testaus on tehty standardin SFS 5445 mukaisesti. Tiheys on mitattu standardin SFS 12390-7 mukaisesti; menetelmä b: laskenta käyttäen todellisia mittoja ja paino punnittu toimitustilassa/pintakuivana.

**Tulostulkinta**

| TIETOJA KOEKAPPALEISTA                   |                        |                   |                                   |                                | MITTAUSTULOS         |                                       |                                                     |
|------------------------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Tunnus                                   | Näytteen-<br>ottopäivä | Testaus-<br>päivä | Halkaisija<br>d <sub>m</sub> [mm] | Tiheys<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Murto-kuorma<br>[kN] | Murtojännitys<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | Selvitys murtokohdasta                              |
| V 1 Pilari                               | -                      | 29.5.2013         | 54,0                              | -                              | 2,6                  | 1,1                                   | Murtui 15-34 mm UP:sta,2 kiveä,37x17 mm ja 16x13 mm |
| V 2 Pilari                               | -                      | 4.6.2013          | 54,1                              | -                              | 1,8                  | 0,8                                   | Murtui 68-86 mm UP:sta,kivi 13x17 mm                |
| V 1 Orsi                                 | -                      | 4.6.2013          | 54,2                              | -                              | 5,1                  | 2,2                                   | Murtui 88-102 mm UP:sta                             |
| V 2 Orsi                                 | -                      | 4.6.2013          | 54,2                              | -                              | 4,2                  | 1,8                                   | Murtui 104-118mm UP:sta,useita kiviä murtopinnassa  |
| V 1 Pilari,uusinta                       | -                      | 5.6.2013          | 54,0                              | -                              | 2,4                  | 1,1                                   | Liima 20 %,bet 80 %                                 |
| V 2 Pilari,uusinta                       | -                      | 5.6.2013          | 54,1                              | -                              | 1,9                  | 0,8                                   | Murtui 123-155 mm Ups:ta,2 kiveä 29x19mm+12x17 mm   |
| Poikkeukset standardista / huomautukset: |                        |                   |                                   |                                | Keskiarvo            | <b>3,0</b>                            | <b>1,3</b>                                          |
|                                          |                        |                   |                                   |                                | Keskihajonta         | 1,3                                   | 0,6                                                 |

**KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU OY**  
**RAKENNUSLABORATORIO**

Ympäristöministeriön hyväksymä koetuslaitos

**Jari Harju**Digitaalinen allekirjoittaja: Jari Harju  
Hakemistonimi (DN): cn=Jari Harju, o,  
ou=Rakennuslaboratorio,  
email=Jari.harju@kyamk.fi, c=FI  
Päiväys: 2013.06.10 20:07:20 +03'00'

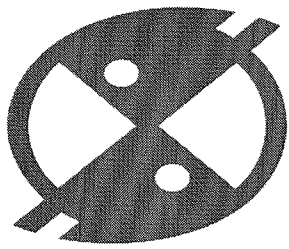
RI Jari Harju

Tämän selostuksen OSITTAINEN julkaiseminen on sallittu vain kirjallisella luvalla.

Huomautukset raportista on tehtävä 14 vrk kuluessa.

Postiosoite  
PL 9  
48401Kotkapuh. 044 702 8888 (vaihde)  
fax. 044 702 8209www.kyamk.fi  
Email: etunimi.sukunimi@kyamk.fi

## **Liite 6 Karbonatisoituminen**



**Kymenlaakson  
ammattikorkeakoulu**

University of Applied Sciences

---

BETONIN KARBONATISOITUMISSYVYYDEN  
MÄÄRITYS PORALIERIÖISTÄ

Kohde  
Betonipylväät

TUTKIMUSSELOSTE  
RAK 2013344-VL

TILAAJA

Suunnittelukide Oy  
Kouvolan toimisto  
Simo Siippola  
Kauppalankatu 9  
45100 KOUVOLA

LAATIJ: Jari Harju

Sähköposti: [jari.harju@kyamk.fi](mailto:jari.harju@kyamk.fi)

Matkapuhelin: 044 702 8271

TILAAJA: Suunnittelukide Oy/Simo Siippola/Kouvolan toimisto  
TILAUS: Simo Siippola 27.5.2013  
TEHTÄVÄ: Betonin karbonatisoitumissyvyyden mittaus poralieriöistä.  
MITTAUSPÄIVÄ: 4.6.2013  
KÄYTETYT STANDARDIT: BY 42, kohta 6.2.1 Betonin karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen fenoliftaleiiniliuksella.

## 1. NÄYTTEET

Rakennuslaboratorioon toimitettiin 27.5.2013 lieriönäytteet (6 kpl) mittauksia varten. Lieriönäytteet olivat tiiviisti suljettuina minigrip-pusseissa.

## 2. MITTAUSTULOKSET

Taulukko 1. Koelieriöistä mitatut karbonatisoitumisarvot, betonipylväs

| Tunnus:                         | PL 1 Orsi | PL Pilari | V 1 pilari | V 2 Pilari | V 1 Orsi | V 2 Orsi |
|---------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|----------|----------|
| Karbonatisoitumissyvyys<br>[mm] | 3         | 7         | 20         | 2          | 1        | 0        |
|                                 | 4         | 3         | 1          | 1          | 2        | 0        |
|                                 | 2         | 5         | 1          | 0          | 0        | 0        |
|                                 | 2         | 2         | 0          | 2          | 1        | 1        |
|                                 | 0         | 7         | 1          | 0          | 0        | 1        |
|                                 | 0         | 3         | 1          | 4          | 0        | 1        |
| KA                              | 2         | 5         | 4          | 2          | 1        | 1        |

Kotkassa 10.6.2013

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu  
Rakennuslaboratorio

**Jari Harju**

Digitaalinen allekirjoittaja: Jari Harju  
Hakemistonimi (DN): cn=Jari Harju,  
o=Rakennuslaboratorio,  
email=jari.harju@kyamk.fi, c=FI  
Päiväys: 2013.06.10 19:49:28 +03'00'

Jari Harju, RI

## **Liite 7 Näytekohdat**

~~Pylvas no 15~~

Pylvas no 12



OB 40239

|                  |                     |
|------------------|---------------------|
| Row number: 5551 | 2000-04-25 00:00:00 |
| LO: P5: 1018     | 310 00 0000         |
| Height: 3/4 47   | 310 00 0000         |

## **Liite 8 Valokuvia**



## VALOKUVIA BETONIPYLVÄÄSTÄ



Kuva 1. Yleiskuva.



Kuva 2. Ylin orsi. Kuvassa näkyy orren päälle kiinnitetty maadoitusjohdin.



Kuva 3. Ylin orsi ja pilariosa. Kuvassa näkyy betonin sammaloitunut pinta.



Kuva 4. Pilariosaa keskimmäisen orren kohdalta. Nuolella on merkitty halkeaman kohta.



Kuva 5. Halkeama lähempää. Kuvassa näkyy myös "askelman" tyven ruostuminen.



Kuva 6. Betonin pinta on melko normaalisti ikääntynyt. Pinnalla esiintyy sammalta / jäkälää.



Kuva 7. Muutamissa kohdin pinnassa oli ruostuneita teräksiä.



Kuva 8. Keskimmäisten orsien päät olivat pahoin rapautuneet ja halkeilleet.



Kuva 9. Hiontakohdassa betonin pintakerros oli irtoilevaa.



Kuva 10. Näytteen porausta pilariosasta.



Kuva 11. Pilarin alaosasta halkeaman kohdalta tehty piikkaus ja karbonatisoitumistesti. Karbonatisoituminen on halkeaman kohdalla edennyt väh. n. 20mm syvälle. Muualla n. 3-8mm.



Kuva 12. Pilarin alaosasta halkeaman kohdalta esiin piikattu betoniteräs. Teräksessä on lievää ruostetta. Halkeama merkitty nuolella.

## SELVITYS

### BETONIPYLVÄÄN NRO 8 RAKENTEELLINEN KAPASITEETTI JA ARVIO TARVITTAVISTA KORJAUSTOISTA

#### 1. PYLVÄÄN RAKENTEELLINEN KAPASITEETTI

Rakennelaskelmat pylvään rakenteellisen kapasiteetin selvittämiseksi on tehty vanhojen suunnitelmapiirustusten ja vuosina 1999 sekä 2013 tehtyjen kuntotarkastusten tietojen pohjalta. Kuntotarkastuksessa pylvään betonin kunto todettiin ikäänsä nähden kohtuullisen hyväksi. Orsien päitä lukuun ottamatta merkittäviä rapautumavaurioita ei havaittu. Betoniterästen korroosiovauriota todettiin muutamissa hakarautoissa. Betonin todetut kloridipitoisuudet olivat pieniä ja myös karbonatisoituminen on ollut hidasta. Betonin vetolujuus oli muihin tutkittuihin ominaisuuksiin nähden selvästi huonompi. Pylväsosan todetut vetolujuudet (0,8...1,1 N/mm<sup>2</sup>) alittivat yleisesti käytetyn korjausalustan vetolujuuden vähimmäisvaatimuksen 1,5 N/mm<sup>2</sup>. Betonirakenteen ominaisuudet on tarkemmin esitetty kuntotutkimusselostuksessa.

**Murtorajatilatarkastelun** perusteella raudoituksen määrä pylvään juuressa on liian pieni. Raudoitusmäärä pylvään juuressa on 1964 mm<sup>2</sup>. Tehdyn laskennan perusteella vaadittava raudoitusmäärä on 2653 mm<sup>2</sup> eli raudoitusta on noin 74 % vaadittavasta määrästä. Raudoitteena pylväessä on käytetty sileää terästankoa ST 52. Piirustuksessa OB40233 pylvään raudoitukseksi on ilmoitettu 1520mm<sup>2</sup>. Tällöin raudoitusta olisi vain 57% vaadittavasta. Betoninormien mukaan pylvään minimiraudoitus tulisi olla 4486 mm<sup>2</sup> (teräs ST 52) tai 2915 mm<sup>2</sup> (harjateräs A500HW). Pylvään orsien raudoitusmäärä laskennan mukaan on riittävä.

Pylväs on viimeisimmistä suunnitelmapiirustuksista poiketen perustettu maanvaraisesti suoraan savikerroksen päälle. Todettu perustamissyvyys on noin 1,6m. Laskennan perusteella tehokas pohjapaine anturan alla on 93,8 kN/m<sup>2</sup>. Anturan alla olevan saven leikkauslujuus tulee olla vähintään 20 kN/m<sup>2</sup>, jotta pylvään kaatumisvarmuus on 1,5. Saven leikkauslujuutta ei ole määritetty esim. siipikairan avulla, mutta koekuopasta tehtyjen havaintojen perusteella leikkauslujuusvaatimus todennäköisesti täyttyy. Anturan betoniraudituksen määrä 383mm<sup>2</sup>/m on kuormitukseen nähden riittävä, mutta minimiraudoitusvaatimus 1484mm<sup>2</sup>/m ei täyty.

#### 2. TARVITTAVAT KORJAUKSET

Pylvään juuren kapasiteettia tulisi lisätä valamalla 100...120 mm paksu raudoitettu betonimantteli pylvään ympärille. Uuden valun tulee ulottua vähintään 5 m korkeuteen pylvään juuresta. Betonimanttelin raudoitus kiinnitetään anturaan porattujen tartuntaterästen avulla. Orsien päiden pahasti rapautuneissa kohdissa on betonikappaleiden **putoamisvaara**. Päiden pahasti rapautuneet kohdat tulee poistaa piikkaamalla ja korjata betonivalulla.

Todetut pinnassa olevat ruostuneet betoniteräksiset tulisi paikata korroosionestolaastilla ja korjauslaastilla sekä havaitut halkeamat tulisi injektoida epoksilla. Näiden korjaustöiden alustava kustannusarvio on noin 25 000 euroa (+ alv. 24 %). Muita harkittavia korjaustoimenpiteitä ovat ruostuneiden tikasaskelmien maalaus sekä maataytön tai routalevyjen lisääminen anturan päälle (pienehkö perustamissyvyys voi aiheuttaa routimisriskiä).

Kouvolassa 22.8.2013

Jussi Kurhinen

Suunnittelukide Oy, Kouvola