

Antti Harju

## **Tulisuojauksen korjaus**

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikka



## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

### Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Antti Harju

Työn nimi: Tulisuojauksen korjaus

Ohjaaja: Jorma Tuomisto

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 63

Liitteiden lukumäärä: 8

---

Työn tarkoitus oli toteuttaa Neste Oil Oyj:n Porvoon tuotantolaitoksessa tiilirakenteisen tulisuojauksen korjaus. Työn tilaajana toimi Neste Oil Oyj ja toteuttajana YPR Yleinen Pohjarakennus Oy.

Työhön kuului tiiliverhouksen purku, jäljelle jäävien rakenteiden kunnon arvioiminen, suojaustyöt ja uuden tulisuojauksen toteuttaminen ruiskubetonoimalla.

Työn tavoitteena oli tiilirakenteisen tulisuojauksen korjaus tilaajan työmäärittelyn mukaan ja sen varmistaminen, että alueella vaadittavia erityisiä turvallisuusmääräyksiä noudatetaan.

Tekijälle tarjoutui tilaisuus saada kokonaiskuva rakennushankkeen kulusta. Esi- mies- ja ongelmanratkaisutaidot kehittyivät työn myötä ja samoin valmiudet rakennushankkeiden hinnoitteluun, budjetointiin, johtamiseen ja aikataulutukseen.

Työn dokumentointi on esitelty tässä opinnäytetyössä. Dokumentoinnin yhteydessä esitellään hankkeen suunnitelmat ja toteutuksen kulku sekä teoriaa oikeista rakentamistavoista.

Avainsanat: rakennustyöt, peruskorjaus, purkaminen, työsuojelu, betoninormit

## SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Construction engineering  
Specialisation: Building construction

Author: Antti Harju

Title of thesis: Fire shelter repair

Supervisor: Jorma Tuomisto

Year: 2010

Number of pages: 63

Number of appendices: 8

---

The purpose of this work was to repair a brick-fire shelter. The customer of the work was Neste Oil PLC and the producer was YPR Yleinen Pohjarakennus Ltd. (Universal ground constructor Ltd.)

The work included the demolition of the existing brick covering, the estimation of the condition of the remaining parts, the screening works and a new fire shelter. The fire shelter was implemented by using sprayed concrete.

The objectives were to repair the brick-fire shelter, to operate under the stringent areal safety orders, to offer the engineering student a general view of building enterprise and at the same time to improve the student's managing and problem solving skills.

This work gave more capacity to the pricing, budgeting, leading and schedule planning of a building enterprise.

The work documentations are introduced in the thesis. The documentation introduces the project plans, the execution of the work and the related theories of the right methods of construction.

Keywords: construction work, renovation, demolition, work safety, concrete norms

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	8
1 TYÖKOHDE.....	10
2 TYÖNKUVAUS .....	11
2.1 Työmäärittely.....	11
2.2 Kolonnin helman ominaisuudet .....	13
2.3 Työsuunnitelma.....	14
3 TYÖTURVALLISUUS.....	15
3.1 HSEQ-käytäntö .....	15
3.2 Työn riskien arviointi .....	16
3.3 Työtehtävän turvallisuussuunnitelma .....	16
4 TUOTANNOLLISET TEKIJÄT .....	17
4.1 Budjetti .....	18
4.2 Työmenekit .....	19
4.3 Aikataulu .....	22
5 TOTEUTUKSEN VAIHEET .....	23
5.1 Purku.....	23
5.2 Suojaus- ja rauditus .....	25
5.3 Ruiskubetonointi.....	27
5.4 Siivous ja suojaussin asennus .....	30
5.5 Tekniset ratkaisut .....	31
5.6 Jälkiarviointi ja ongelmat .....	33
6 LAADUN TODENTAMINEN .....	34
6.1 Laatuaso .....	34
6.2 Rasitusluokat.....	37

6.2.1	Karbonatisoituminen .....	39
6.2.2	Kloridit.....	39
6.2.3	Pakkasenkestävyys .....	40
6.2.4	Kemialliset rasitukset .....	40
6.3	Käyttöikä ja betonin valinta .....	41
7	YHTEENVETO.....	45
7.1	Aikataulu .....	45
7.2	HSEQ poikkeamat.....	46
7.3	Yhteenveto.....	46
	LÄHTEET .....	47
	LIITTEET .....	48

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>HSEQ</b>	Lyhenne sanoista terveys, turvallisuus, ympäristö, laatu (health, safety, environment, quality).
<b>FCC-yksikkö</b>	FCC-yksikön tehtävänä on krakata eli pilkkoa raskasta kaasuöljyä kevyemmiksi jakeiksi. Yksikön tuotteita ovat keveät kaasut, bensiini, kevyt ja raskas kaasuöljy sekä pohjaöljy. Yksikön tuottama hapanvesi johdetaan hapanvesiyksikköön.
<b>Kolonni</b>	Kolonni on kemianteollisuuden aineensiirron yksikköoperaatioissa käytetty laite, jota käytetään aineiden erottamiseen toisistaan.
<b>RT-kortisto</b>	Rakennusteollisuus RT ry:n ohjekortisto
<b>TTS</b>	Työtehtävän turvallisuussuunnitelma
<b>TRA</b>	Työn riskien arviointi
<b>F-luku</b>	Pakkasenkestävyysluku; pakkasrasitetuille rakenteille
<b>P-luku</b>	Pakkasenkestävyysluku; suolapakkasrasitetuille rakenteille
<b>Hydrataatio</b>	Veden ja sementin välinen kemiallinen reaktio, jonka seurauksena betoni vähitellen kovettuu.
<b>Tapaturmataajuus</b>	Sattuneiden tapaturmien ja tehtyjen työtuntien suhde. Suhde lasketaan miljoonaa työtuntia kohden.

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**

Sulfaatti-ioni, rikkihapon suola

**Vertailulujuus**

Rakennelujuuskokeiden tuloksista laskettu testisuure, jota verrataan nimellisljuuteen betonin kelpoisuutta arvostellessa.

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Lähtötilanne .....	10
Kuvio 2. Kolonnin rakennepiirustukset. ....	12
Kuvio 3. Täystiili ja 1/3 harkko.....	13
Kuvio 4. Kuvasarja kolonnin helman purkutyöstä.....	23
Kuvio 5. Kuvasarja kolonnin helman suojaus- ja raudoitustöistä.....	25
Kuvio 6. Kuvasarja ruiskubetonointityöstä .....	27
Kuvio 7. Ruiskutuslaitteen liikerata. ....	29
Kuvio 8. Kuvasarja teknisistä ratkaisuista .....	31
Kuvio 9. Kuvasarja koelaatasta ja betonipeitteen paksuudesta. ....	35
Taulukko 1. Materiaalien määrät.....	18
Taulukko 2. Materiaalien hinnat. ....	19
Taulukko 3. Työmenekit.....	20
Taulukko 4. Työkohteen suunniteltu aikataulu. ....	22
Taulukko 5. Ruiskubetonoinnin hukkaroiske.....	33
Taulukko 6. Ruiskubetonin puristuslujuudet.....	36



Taulukko 7. Ruiskubetonityön laatuluokat, nimellislajuuden vähimmäisarvot, käyttö ja pätevydet.....	37
Taulukko 8. Betonin koostumuksen raja-arvot, kun suunnittelukäyttöikä on viisikymmentä vuotta.....	38
Taulukko 9. Betonipeitteen vähimmäisarvo. ....	43
Taulukko 10. Valitun ruiskubetonin rasitusluokat, kun suunniteltu käyttöikä on viisikymmentä vuotta.....	44
Taulukko 11. Työn toteutunut aikataulu. ....	45
Taulukko 12. Suunnitellun aikataulun työtehtävien kestot.....	45

## 1 TYÖKOHDE

Työkohte sijaitsee Neste Oil Oyj:n Porvoon tuotantolaitosten tuotantolinja 2:n FCC-yksikössä.

Toiminta jalostamoalueella asettaa työturvallisuudelle erityisiä vaatimuksia, joten siihen on kiinnitetty erityistä huomiota. Tämä asettaa myös alueella toimiville yrityksille ja sen henkilökunnalle lisävaatimuksia. Alueelle pääsyyn vaadittavan magneettiavaimen myöntämiseen vaaditaan työntekijöiltä voimassa oleva työturvallisuuskortti, tulityökortti ja alueen oma koulutus. Työkohteissa työskentelyyn vaaditaan työlupa ja työkohteeseen ajoneuvolla ajamiseen ajolupa.

Kuvio 1 kertoo työn lähtötilanteen, kun ylähelma on purettu.

Kuvio 1. Lähtötilanne



## 2 TYÖN KUVAUS

Työn tarkoitus oli toteuttaa Neste Oil Oyj:n Porvoon tuotantolaitoksella kolonnin helman tiili-tulisuojausten korjaus.

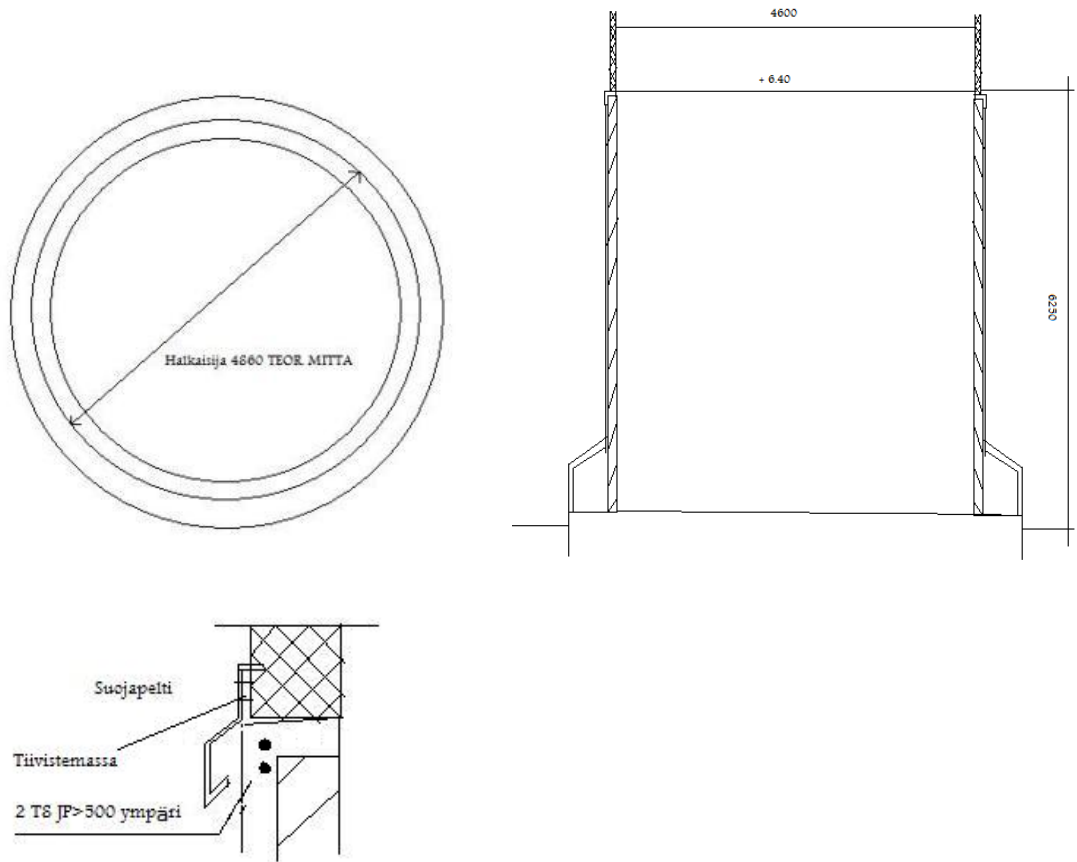
### 2.1 Työmäärittely

Työn tilaaja oli laatinut työstä määrittelyn, joka esitetään referoituna tässä luvussa. Työmäärittelyn pohjalta laadittiin kohteen työsuunnitelmat. Työmäärittelyn mukaan työhön kuuluvat tiiliverhouksen purku, jäljelle jäävien rakenteiden kunnon arvioiminen, suojaustyöt ja uuden tulisuojausten toteuttaminen ruiskubetonoimalla. Työssä tulee käyttää turvallisuusmääräykset täyttäviä rakennusvälineitä ja työt tulee tehdä hyväksi tunnettuja työtapoja ja ammattitaitoista työvoimaa käyttäen. Työvaiheet tulee hyväksyttää valvojalla.

Kolonnin helman halkaisija on 4600 mm ja sen korkeus on 6250 mm. Tulisuojaus on muurattu kahtena kerroksena, jossa ensimmäinen kerros on puolen kiven juoksulimityksellä muurattu ja ulkokuori on puolen kiven limittämättä pystyyn muurattu.

Tiilirakenteiden ulkokuori puretaan kokonaan ja kuljetetaan Neste Oilin kierrätysalueelle. Sisäpuolisen muurauksen kunto arvioidaan ja siihen juotetaan taivutetut tartunnat 4 mm:n harjateräksestä. Helma ruiskubetonoidaan 50 mm vahvuisella säänkestävällä betonilla. Raudoitukseksi asennetaan verkko T3-50 kolonnin ympäri ja sen yläreunaan asennetaan lisäksi kaksi 8 mm:n harjaterästä.

Kolonnin peltikuoren ja tulisuojausten rajakohtaan asennetaan sääsuojaksi muovipinnoitettu suojapelti, jonka paksuus on 0,7 mm. Peltien väliseen saumaan asennetaan tiivistemassa. (Työmäärittely PG8005-1.)

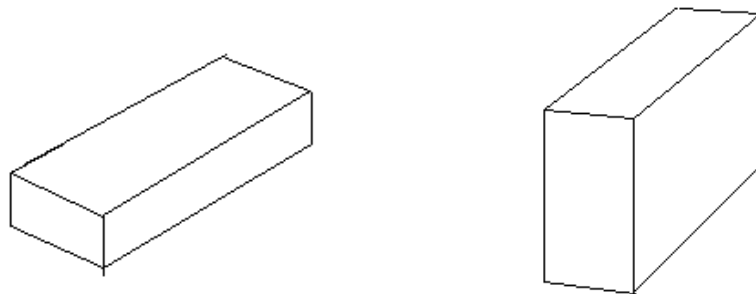


Kuvio 2. Kolonnin rakennepiirustukset.  
(piirustus ei mittakaavassa) (Työmääritys PG8005-1.)

## 2.2 Kolonnin helman ominaisuudet

Kolonnin korkeus on 6,250 m ja teoreettinen halkaisija 4,860 m, joten helman pinta-ala on siis 95,43 m<sup>2</sup>. Kolonnin helman runko on terästä. (Työmääritys PG 8005-1.)

Ulkokuori on puolen kiven limittämättä pystyyn muurattu täystiilillä, (hormitiili) josta käytetään lyhennystä PT. Tiilen mitat ovat (257 x 123 x 57) mm ja mitoitusmittoina käytetään 270 mm, 140 mm, 70 mm. (Kuvio 3.) Sisempi kerros on ½-kiven juoksumuorilla muurattu 1/3-harkoilla. Harkon mitat ovat (285 x 85 x 185) mm ja mitoitusmittoina käytetään 300 mm, 85 mm, 200 mm. (Kuvio 3.) Teoreettinen purkujäte arvioitiin tiilien mitoitusmittojen mukaan. (Knuuttila & Huhtiniemi 1993.)



Kuvio 3. Täystiili ja 1/3 harkko.  
(Knuuttila & Huhtiniemi 1993.)

Työkohteen valvojan mukaan tiilet oli muurattu kalkkilaastilla (K). Työkohteeseen laasti on soveltunut hyvin koska se kovettuu ilman sisältämän hiilidioksidin vaikutuksesta. Tehdasalueella on ilmassa normaalia enemmän hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>). Kalkkilaastin kovettumisen aikana ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla yli 50 %. Laastin kovettuminen kestää pitkään, lopullinen kovettuminen jopa vuosia. (Knuuttila & Huhtiniemi 1993.)

### **2.3 Työsuunnitelma**

Kolonnin katselmuksen ja työmäärittelyn pohjalta laadittiin työsuunnitelma, jonka runkona käytettiin RT-kortiston ohjeistuksia. Suunnitelmat hyväksyttiin tilaajalla urakkaneuvotteluiden yhteydessä ja esiteltiin työn suorittajille ennen töiden aloittamista. Työsuunnitelmat on esitetty liitteessä 1.

### 3 TYÖTURVALLISUUS

Toiminta jalostamoalueella asettaa työturvallisuudelle erityisiä vaatimuksia, joten siihen on kiinnitetty paljon huomiota.

Työturvallisuudessa Neste Oil Oyj on yksi alansa edelläkävijöistä tavoitteena nolla tapaturmaa. Turvallisuustyötä kehitetään muun muassa havainnointikierroksilla ja läheltä piti -raportoinnilla. Toteutettavien töiden riskit arvioidaan aina etukäteen työn riskien arvioinnissa ja työtehtävän turvallisuussuunnitelmassa, ja pienimmätkin poikkeamat raportoidaan. Työturvallisuuden tasoa arvioidaan yleisesti tapaturmataajuudella. (Neste Oil Oyj, [viitattu 22.1.2010].)

#### 3.1 HSEQ-käytäntö

HSEQ-käytäntö on toimintajärjestelmä, jolla pyritään tekemään työnteosta terveystä edistävää, turvallista, ympäristöystävällistä ja laadukasta. Palveluiden toimittajien henkilökohtaisen kulkuluvan saamisen ehtona on HSEQ-koulutuksen läpäiseminen, työturvallisuuskortti sekä tulityökortti. Lisäksi palveluntoimittajien työskentelyyn alueella vaaditaan tuotannon projekti-insinöörin myöntämä työlupa sekä ajoneuvolla liikkumiseen ajolupa. Ajoneuvoilla ajo on sallittu vain ajolupaan merkityillä teillä.

Rakennustelineisiin tulee olla kiinnitetty voimassa oleva telinekortti, jossa näkyy telineiden tarkastuksen suorittaja sekä asennuksesta vastaavan yrityksen nimi ja vastuhenkilö. Työkohteet tulee aina rajata suoja-aidoin tai merkintänauhalla, jonka väri kertoo työkohteen turvallisuusriskin suuruudesta. Työn riskien arviointi ja työtehtävän turvallisuussuunnitelma tulee tehdä ennen työn aloittamista. (Neste Oil Oyj, [viitattu 22.1.2010].)

### **3.2 Työn riskien arviointi**

Työn riskien arviointi (TRA) on Neste Oilin toimintajärjestelmä, jolla pyritään eliminoimaan kaikki työturvallisuuteen liittyvät riskitekijät. Tilaajan edustajana työnvalvoja laatii ennakkoon työn riskien arviointilomakkeen, johon kirjataan riskit ja ongelmat, toimenpiteet ja tarvittavat työhjeet sekä työsuunnitelmat. Arvioinnista järjestetään työmaakokous ennen työmaan aloitusta. Arvioinnin suorittamiseen osallistuvat kaikki työn eri osapuolet. Helman tulisuojauksen korjaustyön riskien arviointi on esitetty liitteessä 2.

### **3.3 Työtehtävän turvallisuussuunnitelma**

Työtehtävän turvallisuussuunnitelma (TTS) on Neste Oilin toimintajärjestelmä, joka laaditaan jokaisesta jalostamoalueella tehtävästä työtehtävästä. Urakoitsijan vastuhenkilö ja työnjohtaja yhdessä työn suorittajien kanssa laativat turvallisuussuunnitelman. Suunnitelmaan merkitään tarvittavat työluvut, työtehtävän riskit ja toimenpiteet sekä suunnitelmat riskien ennaltaehkäisyyn ja lisäksi henkilökohtaiset suojarusteet. Suunnitelma sijoitetaan työkohteen läheisyyteen. Turvallisuussuunnitelma on esitetty liitteessä 3.



## 4 TUOTANNOLLISET TEKIJÄT

Budjetoinnissa otettiin huomioon ainoastaan työn materiaalien hinnat ja arvioitiin työmenekit. Yrityksen oman kaluston käytöstä ja tiilien pois kuljettamisesta aiheutuvia kuluja ei otettu huomioon, vaan ne lisättiin tarjoukseen kiinteänä kokonaisummana. Myöskään hankkeen juokseviin menoihin, kuten palkkoihin ja oheistarkvikkeisiin, ei puututtu.

Työmenekit arvioitiin oman näkemyksen pohjalta huomioiden alueen erityiset turvallisuusohjeet ja urakka-aika. Arvioissa käytettiin rakennusteollisuus RT ry:n Rakennustöiden menekit -kirjan laskutapaa. Arviot tehtiin kolmen hengen työryhmälle. Laskelmat sisältävät työkohteen kunnossapidon.

### Resurssit

- työvoima 1+3
- kuorma-auto KA
- purkuputki
- siirtolava
- ruiskubetonointiyksikkö Cura 2500

## 4.1 Budjetti

Materiaalien määrät arvioitiin työmäärittelyn ja katselmuksen perusteella. Ruiskubetonin menekki on laskettu betonin tuoteselosteen mukaan, joka löytyy liitteestä 4. Hukkaprosentin määrä on arvioitu reilusti yläkanttiin johtuen työkohteen sijainnista. Kohteessa on paljon putkia ja ahtaita paikkoja, joten ruiskuttaja joutuu välillä tekemään työtä vaikeissa asennoissa ja tämä lisää hukkaroiskeen määrää. Purkujätteen määrä on arvioitu luvun 2.2 tiilien mitoitusarvojen perusteella. Löyhtymiskerroin on oma arvio. Teräksen painot on määritetty raudoitustyöt kirjan mukaan. Määrät on laskettu työmäärittelyn tietojen perusteella. Materiaalien määrät on esitetty taulukossa 1. (Ruohomäki J., Jormalainen P., Pärssinen V., Saarikivi E. & Söderholm K., 1990.)

Taulukko 1. Materiaalien määrät.

	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	Löyhtymisker.	m <sup>3</sup>	
Teoreettinen	95	0,14	13,3	1,5	19,95	
Purkujäte	95	0,07	6,65	1,5	9,975	
				Yht.	29,92	
Teräksen	määrä	kg/m	Määrä [m]	Hukka 5 %	kg	
Verkko	T3-50	0,055	3800	1,05	219,5	
Harjateräs	T-8	0,395	30	1,05	12,4	
Tartunnat	T-4	0,098	25	1,05	2,6	
				Yht.	234,5	
	m <sup>2</sup>	Kerroin			m <sup>2</sup>	
Rakennusmuovi	95	1,5			142,5	
	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /säkki	säkkiä	kg
Ruiskubetoni	95	0,05	4,75	0,013	366	9135
hukka %	42				520	13 000

Ruiskubetoneista pyydettiin hintatarjoukset. Fesconin betoni oli hieman kalliimpaa kuin kilpailijansa Maxitin. Fesconin betoni valittiin sen aikaisempien käyttökokeuksien perusteella. Teräksen hinta on arvio. Materiaalien hinnat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Materiaalien hinnat.

Materiaalien hinnat	Alv 0 %		kg		Yht. €
Teräs	arvio1,2	€/kg	236		283,00 €
Ruiskubetoni	Maxit	Fescon		menekki	€
Hinnastot 01/2010	5,92	6,11	€/säkki	520 säkkiä	3177,20 €
Rakennusmuovi	135 m <sup>2</sup>	53,20	€ / rll	x 2	106,40 €
				yht.	3566,60 €
				Alv.22 %	4351,25 €

## 4.2 Työmenekit

Eri työvaiheiden työmenekit on arvioituna taulukossa 4 ja ne on arvioitu oman näkemyksen mukaan.

Työmenekit lasketaan kaavasta. (Rakennusteollisuus RT ry)

$$(T3 + \dots + T3) \times TL3 \times A = \left(\frac{T}{R}\right) / D = TV \quad (1)$$

jossa	T3	on	työmenekki
	TL3	on	lisäaikakerroin
	A	on	suoritemäärä
	T	on	työtuntia
	R	on	työntekijöiden lm.
	D	on	työpäivä 8 tuntia
	TV	on	työvuoro(a)

Taulukossa 3 eri työvaiheet on pilkottu päätyöhön ja lisätöihin. Kertoimet on arvioitu oman näkemyksen mukaan. Apuna käytettiin Rakennusteollisuus RT:n työmenekit kirjaa. Työmaan kunnossapito on sisällytetty päätyöhön.

Taulukko 3. Työmenekit.

---

Purkutyön menekki yhdessä kerroksessa

$$(5,3 + 0,40) \frac{tth}{m^3} \times 1,20 \times 20m^3 = 137,30 \frac{tth}{3} = 45,80 \frac{tth}{8h} = 5,72 \text{ tv}$$

Purkutyömenekkiin kuuluu purun ja siirtojen lisäksi purkujätteen pois kuljettaminen.

Raudoitustyön menekki

$$(0,40 + 0,10 + 0,10 + 0,30 + 0,30) \frac{tth}{m^2} \times 1,20 \times (95m^2 \times 1,05) = 84 \frac{tth}{3}$$

$$= 28 \frac{tth}{8h} = 6 \text{ tv}$$

Raudoitustyömenekkiin kuuluvat raudoitus, materiaalien siirrot, reikien paikkojen mittaaminen, poraus ja juottaminen.

---

---

Suojaustyön menekki

$$(0,30 + 0,20) \text{ tth/m}^2 \times 1,20 \times (95\text{m}^2 \times 1,5) = 51,3\text{tth}/3 = 17,1\text{tth}/8 = 4\text{tv}$$

Suojaustyömenekkiin kuuluu alueen roiskesuojaukset ja läpivientien muotitus.

Ruiskubetonointityön menekki; kerrospaksuus 50 mm

$$(0,9 + 0,05 + 0,10) \text{ tth/m}^2 \times 1,20 \times 95\text{m}^2 = 120\text{tth}/3 = 40/8 = 5\text{tv}$$

Ruiskubetonointityömenekkiin kuuluu betonointi, materiaalin ja kaluston siirrot ja ruiskutusyksikön huoltotyöt.

Loppusiivous ja suoja Pellin asennus

Siivoukseen ja suoja Pellin asennukseen arvioitiin silmämääräisen arvion mukaan 4 työvuoroa, josta suoja Pellin asennuksen osuus oli 1 työvuoro.

---

### 4.3 Aikataulu

Taulukko 4. Työkohteen suunniteltu aikataulu.

Aikataulu perustuu työmenekit laskelmiin.

	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
1. Purku 6 tv	//																								
2. Raudoitus 6 tv						//																			
3. Suojaus 4 tv											//														
4. Betonointi 5 tv																//									
5. Siivous 3 tv																					//				
6. Suojapelti 1 tv																									
yht.: 24 tv																									

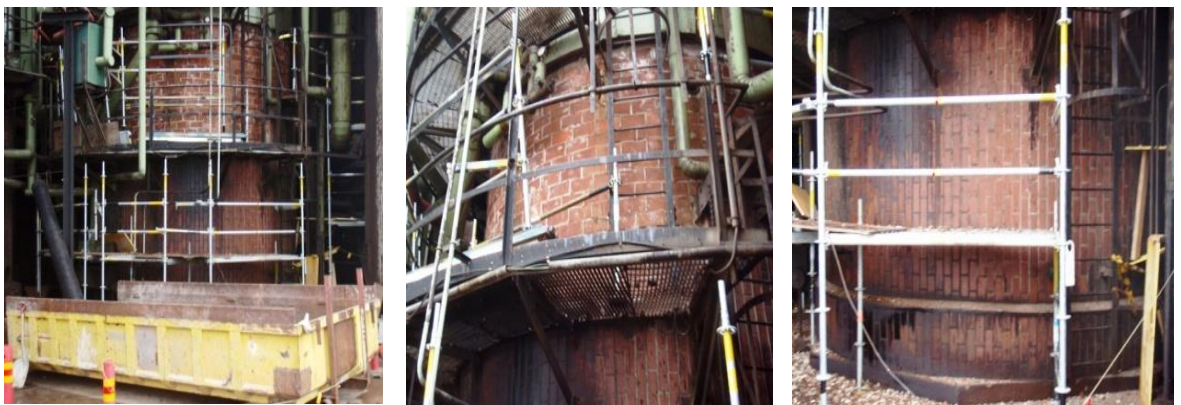
## 5 TOTEUTUKSEN VAIHEET

Tässä luvussa kuvataan hankkeen toteutuksen vaiheet, tekniset ratkaisut ja ongelmatilanteet sekä teoriaa eri työmenetelmistä.

Hanke aloitettiin kolonnin katselmuksella, jossa arvioitiin hankkeen kokoa, työn toteuttamista ja kustannuksia. Katselmuksen ja työpiirustuksien pohjalta laadittiin kohteen tarjous ja työsuunnitelmat, joita urakkaneuvottelussa sovittiin täydennettäväksi työn riskienarvioinnin jälkeen.

### 5.1 Purku

Ennen varsinaisten töiden aloittamista suoritettiin telineiden ja suojattavien laitteiden katselmus, johon osallistuivat työnjohtajat, työnvalvoja sekä Neste Oil Oyj:n tuotannon edustaja. Tiilien putoamista alas laatalle ja suojattujen laitteiden päälle haluttiin välttää ja siihen kiinnitettiin erityistä huomiota purun alusta alkaen. Telineiden toimittamisesta ja kolonnin helman ympärillä olevien eristeiden purkamisesta vastasi tilaajan edustaja.



Kuvio 4. Kuvasarja kolonnin helman purkutyöstä

Purkutyö aloitettiin laatimalla työtehtävän turvallisuussuunnitelma, jonka jälkeen jatkettiin työsuunnitelman mukaan.

Purkutyö aloitettiin helman etupuolelta yläreunasta helpoimmasta paikasta, jotta pystyimme arvioimaan tiiliverhouksen kestävyuden. Kuvasarjan mukaisesti.



Kuvasarja kolonnin helman purkutyöstä

Purkujäte johdettiin purkulavalle purkuputkea pitkin. Tiiliverhouksen purku onnistui parhaiten pienellä piikkauskoneella.



Kuvasarja kolonnin helman purkutyöstä

Ahtaat tilat vaikeuttivat purkutyötä ja laitteiden suojaus oli paikoin vaikeaa, kuten kuvasarja osoittaa. Suunnitellun aikataulun mukaan purkuun oli varattu 6 työvuo-  
roa.



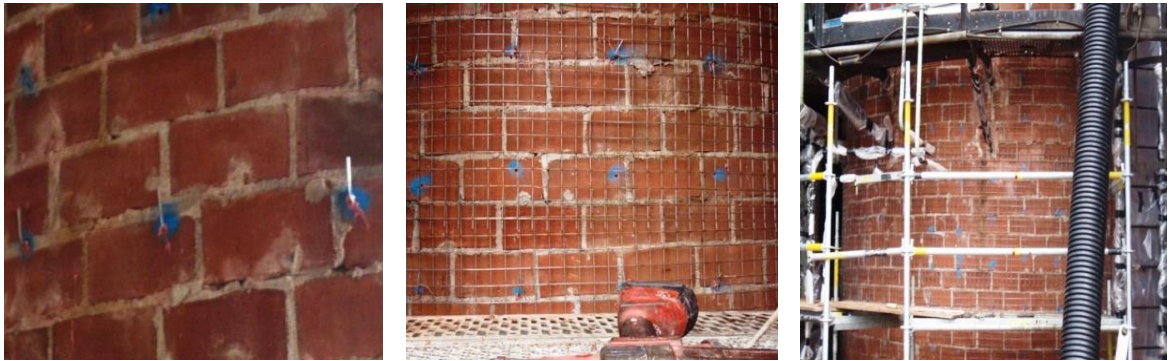
## 5.2 Suojaus- ja raudoitus

Suojaus- ja raudoitusyöt aloitettiin laatimalla työtehtävän turvallisuussuunnitelma ja tämän jälkeen jatkamalla työsuunnitelman mukaan. Suojauksessa materiaalina oli rakennusmuovi, joka ei soveltunut työkohteessa oleviin kuumiin putkiin, joten tähän tuli kiinnittää suurempaa huomiota. Kuumat putket suojattiin palosuojapeitteillä. Läpivientien ympärille taivuteltiin teräslevyistä suojukset.



Kuvio 5. Kuvasarja kolonnin helman suojaus- ja raudoitusyöistä

Tartunnoiksi asennettiin taivutetut harjateräkset. Tartuntojen kiinnitykseen käytettiin Hilti Hit 150 HY -juotosmassaa. Kolonnin ympärille helman yläreunaan asennettiin kaksi 8 mm harjaterästä. Suunnitellun aikataulun mukaan työhön varattiin 10 työvuoroa.



Kuvasarja kolonnin helman suojaus- ja raudoitustöistä

Raudoitusverkko sidottiin tartuntoihin sidontalangoilla. Myös kudottu verkko olisi ollut saatavilla, mutta ruiskubetonikohteissa sitä ei tule käyttää sen pienen silmäkoon takia. Raudoitus tulee ympäröidä täydellisesti betonilla. Kudottu verkko olisi ollut myös taloudellisesti raskaampi.



Kuvasarja kolonnin helman suojaus- ja raudoitustöistä

Raudoitetun rakenteen ruiskubetonointi vaatii erityistä huomiota. Tärkeimpiä huomiioon otettavia asioita ovat seuraavat:

- Teräsverkon silmäkoko ei saa olla pienempi kuin 50 mm.
- Kudottua verkkoa (panssariverkkoa) ei tule käyttää.
- Raudoitus on kiinnitettävä riittävän tukevasti.
- Halkaisijaltaan yli 16–25 mm tankoja ei tulisi käyttää.
- Kahden raudoituskerroksen läpi ei tulisi ruiskuttaa.
- Raudoitus pitää ympäröidä betonilla täydellisesti.

(By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)

### 5.3 Ruiskubetonointi

Ruiskubetonointi aloitettiin laatimalla työtehtävän turvallisuussuunnitelma, jonka jälkeen jatkettiin työsuunnitelmien mukaan. Ruiskutustyö suoritettiin Cura 2500 ruiskubetonointiyksiköllä, joka soveltuu märkäseosmenetelmällä ruiskuttamiseen. Märkäseosmenetelmä valittiin, koska menetelmässä hukkaroiskeen osuus on pienempi kuin kuivaseosmenetelmällä. Kalustoon kuuluu ruiskuletkaa 15+15 metriä. Betoni pumpataan ruuvipumpulla suuttimelle, johon johdettu paineilma heittää massan betonoitavaan kohteeseen.



Kuvio 6. Kuvasarja ruiskubetonointityöstä

Tiilialustaa vasten ruiskutettaessa on huomioitava, että kaikki rapautunut, halkeilut tai vahingoittunut betoni poistetaan esimerkiksi hiomalla, hiekkapuhalluksella tai korkeapaineisella vesisuihkulla. Tässä työkohteessa päädyttiin korkeapaineiseen vesisuihkuun. Alustan paksuudessa ei saa esiintyä suuria muutoksia. Tämä huomioitiin paikkaamalla kolot laastilla ja muuraamalla heikot tiiliverhoukset uudelleen. (By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2004.)

Ennen ruiskutyön aloitusta helma pestiin huolellisesti. Ruiskutushetkellä pinnan tulee olla niin kuiva, että siihen imeytyy ruiskutettavasta massasta vähän vettä. Ruiskutustyössä käytettiin Fesconin kuituvahvistettua korruruiskubetonia 3 mm kivellä. Märkäseosmenetelmässä betoniletku on ensin ``voideltava`` laihalla vesisementtiseoksella. (By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2004.)



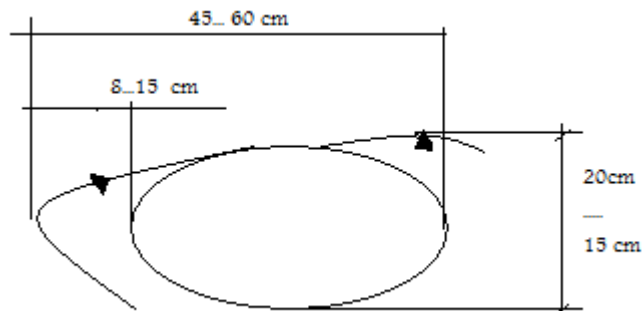
Kuvasarja ruiskubetonointityöstä.

Ruiskutus aloitettiin alhaalta ylöspäin. Tällä huomioitiin, ettei ruiskubetonointia tehdä hukkaroiskeen päälle. Jos ruiskutus on jäänyt kesken, aloitetaan ruiskutus vanhan kerroksen rajalta ja edetään siitä poispäin.



Kuvasarja ruiskubetonointityöstä.

Suihkun nopeuteen ja massavirtaan nähden liian suuri tai pieni etäisyys lisäävät hukkaroiskeita. Turvallisuuden kannalta liian läheltä ruiskuttaminen voi johtaa silmien vaurioitumiseen kun aines kimpoaa pinnasta takaisin. Tämän vuoksi on aina käytettävä suojalaseja. Liian suuri etäisyys voi puolestaan heikentää betonin lujutta ja tiiviyyttä. Ruiskusuutin on pidettävä mahdollisimman kohtisuorassa ruiskutettavaan pintaan nähden. Vinosti ruiskutettaessa hukkaroiske lisääntyy ja betonin lujuus voi heikentyä. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)



Kuvio 7. Ruiskutussuuttimen liikerata.  
( By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2004.)

Betonipumpun tai – ruiskun syöttöteho valitaan käytettävän kerrospaksuuden mukaan. Kerroksen paksuus saa olla yleensä 20–40 mm. (By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2004.)



Kuvasarja ruiskubetonointityöstä.

Ruiskutustyö tehtiin kolmena eri kerroksena kerrospaksuuden ollessa noin 2 - 3 cm. Suunnitellun aikataulun mukaan työhön oli varattu 5 työvuoroa. Kaluston huoltoon tulee kiinnittää erityistä huomiota. Varsinkin ruiskuletkut on pestävä huolellisesti ja pesupallo tulee ajaa letkun läpi ainakin kolmesti. Suuttimen pään ilmaukot tulee puhdistaa jokaisen ruiskutuskerran jälkeen. Menetelmän haittapuolena on suuri hukkaroiskeen määrä. Hukkaroiskeet on siivottava pois aina työvuoron jälkeen.

Jotta ruiskutuspinna saa tasaiseksi ruiskutuksen jälkeen on odotettava, kunnes ruiskubetoni on jäykistynyt niin, että ruiskutetun pinnan tasaus ei irrota sitä alustasta eikä tasauksen yhteydessä synny halkeamia. Pinta voidaan joko jättää sellaiseksi tai hiertää, telata, töpöttää, pestä tai harjata. Kovettunutta ruiskubetonia voi hiekkapuhallaa, hakata ja sen jälkeen pinnoittaa. Tässä kohteessa pinta hierrettiin teräslastalla betonin tuoteselosteen ohjeen mukaan.



Kuvasarja ruiskubetonointityöstä.

Ruiskubetonin pinta on altis kuivumiselle, joten jälkihoitoon on kiinnitettävä huomiota. Jälkihoito voidaan tehdä joko vesikasteluna tai käyttämällä jälkihoitoaineita. Paras jälkihoitomenetelmä on pitää betoni kosteana 7 päivän ajan ruiskutuksesta. Betonin tuoteselostuksen mukaan vähimmäisajaksi on arvioitu 2 vuorokautta. Jälkihoitoaineiden käytössä on huomioitava, että epätasainen ruiskubetonipinta kuluttaa jälkihoitoainetta enemmän kuin tasaiset betonipinnat. Sopiva määrä on noin  $2,5 \text{ l/m}^2$ . (By 201 Betonitekniikka oppikirja 2004)

#### 5.4 Siivous ja suoja Pellin asennus

Siivouksen yhteydessä poistettiin suojaukset ja loppuroiskeet. Suojapelti kiinnitettiin ruuveilla metrin pitkinä palasina. Suojapellin ja kolonnin liitos saumattiin liima-tiivistemassalla kuvan 2 mukaisesti.

## 5.5 Tekniset ratkaisut

Alemman tiiliverhouksen katselmus osoitti, että sen kunto oli hyvä, minkä pohjalta päädyttiin toteuttamaan vain ensimmäisen tiiliverhouksen purku. Alemman tiiliverhouksen kolot täytettiin laastilla. Tällä haluttiin vähentää kolonnin tuulikuormien ja lämpölaajenemisesta aiheutuvan liikkeen luomaa jännitystä materiaalien välille. Kolonnin liikkeen luoma jännitys ei nouse kovinkaan suureksi, koska alemman tiiliverhouksen ja kolonnin helman teräsrungon välissä on ilmatila, joten paloverhous ja helma eivät ole merkittävästi kosketuksessa toisiinsa. Satunnaisia yhtymäkohtia voi löytyä. Lämpölaajenemisesta johtuva jännitys ei myöskään ole merkittävä, koska betonin ja tiilen lämpölaajenemiskerroin ovat lähellä toisiaan. Yhtenevien ominaisuuksien vuoksi rakenne pystyttiin toteuttamaan liittorakenteena. Uudella rakenteella ei ollut tarkoitus parantaa rakenteen kuormituskestävyyttä. Uuden rakenteen tarkoitus on täyttää vain palonkestovaatimukset. ( By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)



Kuvio 8. Kuvasarja teknisistä ratkaisuista



Kuvasarja teknisistä ratkaisuista

Heikot tiiliverhouksen osat muurattiin uudestaan. Ruiskubetoniksi valittiin Fesconin korruruiskubetoni 3 mm kivellä sen ominaisuuksien, ympäristön asettamien vaatimusten ja aikaisemmista kohteista saatujen hyvien kokemusten perusteella.

Fescon ruiskukorrobetonin ominaisuudet ovat seuraavanlaisia:

- lujuus 40 Mpa
- erikoisbetoni
- pumpattava
- pakkasen kestävä
- muovikuituvahvistettu
- valumaton
- alin työskentely lämpötila 5 °C

(Fescon, [viitattu 6.3.2010].)

Kuituvahvistetussa betonissa käytetään yleensä kuituina teräslankoja ( $\varnothing$  0,2...0,6 mm, pituus 25–30 mm). Myös muovikuituja käytetään, kuten tässä betonissa, mutta ne eivät merkittävästi lisää ruiskubetonin muodonmuutosominaisuuksia eivätkä korvaa rauditusverkkoa. Kuitujen lisääminen kasvattaa betonin taivutusvetolujuutta 1,5 - 2 kertaiseksi, vähentää oleellisesti halkeilua ja parantaa pinnan iskukestävyyttä sekä vähentää hukkaroiskeen määrää.

Kuituvahvistetun betonin materiaalikustannukset ovat noin kaksinkertaiset kuidutomaan ruiskubetoniin verrattuna, mutta se on silti halvempaa, koska työtä hidastava ja kustannuksia lisäävä verkon asennus voidaan yleensä jättää pois ja beto-



nimenekki on yleensä pienempi. Tämä koskee kuitenkin vain teräskuituvahvistettuja betoneita. (By 201betonitekniikan oppikirja.)

Betonimassan lämpötilan tulee olla +5 – +30°C, joten kohteessa alin työskentelylämpötila on +5 °C. Ruiskutettu betoni ei saa jäätyä ennen kuin sen lujuus on vähintään 5 MN/m<sup>2</sup>. (Fescon, [viitattu 6.3.2010].)

## 5.6 Jälkiarviointi ja ongelmat

Työn toteutus onnistui hyvin. Suurimmat ongelmat liittyivät ruiskubetonointiin ja kalustoon. Betoni tukki usein pumpun tai letkun. Tämän vuoksi betoniaineksen ja veden suhteutukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Massasta ei saa tulla liian jäykkää ja kalusto tulee huoltaa huolellisesti jokaisen ruiskutuskerran jälkeen. Kaluston huoltoon ja korjaukseen kului 2,5 työvuoroa. Myös kuituvahvistetun betonin käyttö voi olla osasyynä tukoksiin.

Hukkaroiskeen määrä oli tässä kohteessa oli noin 15 - 20 %. Hukkaroiskeen määrään vaikuttivat ahtaat työskentelytilat. Myös työn suorittajien sekä työnjohtajan ammattitaito ja kokemus vaikuttavat hukkaroiskeen määrään olennaisesti.

Taulukko 5. Ruiskubetonoinnin hukkaroiske.

(By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)

	Märkäseosmenetelmät	Kuivaseosmenetelmät
Pinta		
Lattiapinnat	0...5 %	5...15 %
Seinäpinnat	5...10 %	15...25 %
Kattopinnat	10...20 %	25...50 %

## 6 LAADUN TODENTAMINEN

Ruiskubetonitöissä laadun valvonnan suhteen sovelletaan betoniyhdistyksen By 50 -betoninormeja.

Betonin kuiva-aineen ja veden suhteutus on tärkeä osa ruiskutustyön laadukkaassa läpiviemisessä. Se edistää ruiskutuskaluston toimivuutta, vähentää hukkaroi-keen määrää ja tekee sementtikivestä sopivan tiivistä. Sementtikiven tiiviydellä on tärkeä osuus betonin rasituskestävyydessä. (By 201 Betonitekniiikan oppikirja.)

``Betonin sekoitus suoritetaan tuoteselostuksen mukaan oikealla tavalla, kun kuiva-aines lisätään veteen ja sekoitetaan betonisekoittajalla noin 10 minuuttia. Pakkosekoittajalla riittää noin 1-3 minuuttia. Mas-  
san annetaan seistä noin 5 minuuttia, ja tehdään lyhyt uusintasekoitus. Uusintasekoituksessa haetaan betonin oikea notkeus lisäämällä lopullinen vesimäärä. Valmiin betonin työstettävyytsaika on noin 1 tun-  
ti. Fesconin ruiskukorrobetonin veden tarve on 3,5 - 4,1 l / 25kg, josta saadaan valmista massaa 12–13 l / 25kg. Veden määrä on oikea kun massa ei valu.`` (Fescon,[viitattu 6.3.2010)

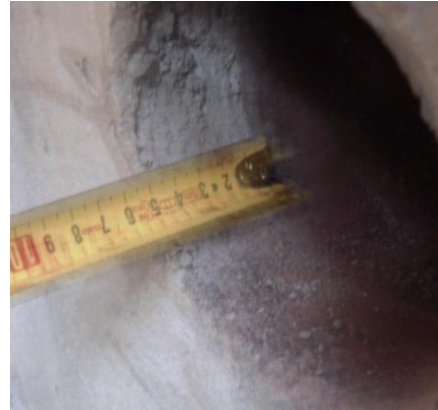
Työkohteen betonimäärä arvioitiin näiden tietojen pohjalta. Fesconin tuoteseloste on esitetty liitteessä 4.

### 6.1 Laatutaso

Laatutasoon vaikuttavia tekijöitä ovat pinta ja sen puhtaus. Tavoiteltu pinnan laatu saavutettiin tekemällä hierontotyö tuoteselostehjeen mukaan hierontämällä se teräshierkimellä. Pinnan puhtaus ei ollut oleellista tässä työkohteessa, koska rakenteen tarkoitus oli täyttää ainoastaan palonkestovaatimukset.

Rauditus ja muotituksien kiinnitys hyväksyttiin valvojalla ennen ruiskutustyön aloittamista. Oikeaan ruiskutusetäisyyteen ja kulmaan vaikuttaa paljon työntekijän kokemus ja ammattitaito.

Massan oikea notkeus saavutettiin, kun noudatettiin edellä mainittuja betonin valmistajan ohjeita. Jälkihoito toteutettiin tuoteselostuksen ohjeiden mukaan eli kohdetta pidettiin kosteana 2 vuorokautta. Vaadittu 50 mm ruiskutuskerros varmistettiin läpivientien kohdilta mittaamalla kerroksen paksuus mittanauhalla.



Kuvio 9. Kuvasarja koelaatasta ja betonipeitteen paksuudesta.

Betonista ruiskutettiin  $500 \times 500 \times 50 \text{ mm}^3$ :n kokoinen koepala puumuottiin puristuslujuuden määrittämiseksi. Muotin korkeus tulisi olla 120 mm ja vedenpitävyyden toteamiseksi 140 mm. Muotti tulisi kostuttaa tai käsitellä muottiöljyllä. Muotin kostuttamiseen käytettiin tässä kohteessa vettä. Kerrosten ruiskutuksen välinen aika tulisi olla sama kuin varsinaisessa työssä mutta tätä vaatimusta ei saavutettu. Lisäksi voidaan mitata tartuntalujuutta ja kuitujen määrää, mihin tässä kohteessa ei lähdetty. (By 201 Betonitekniikka oppikirja 2004.)

Taulukko 6. Ruiskubetonin puristuslujuudet.

Ruiskubetoni Fescon K40 korruruiskubetoni			Näytteenottoaikka Työmaa	
Tutkimus: Puristuslujuus			Mitat: $\varnothing$ 46 mm      h = 46 mm	
Koekappaleen tunnus	Valmistus pvm	Lujuus luokka	Ikä vrk	Lujuus MN/m <sup>2</sup>
1	28.5.2009	K40	28	55,2
2	28.5.2009	K40	28	62,9
3	28.5.2009	K40	28	60,2
4	28.5.2009	K40	28	53,9
5	28.5.2009	K40	28	36,6
6	28.5.2009	K40	28	33,7
Keskiarvo		vert. lujuus 33		50,4

Taulukossa 6. ovat betonirakenteen koepalojen puristuslujuudet. Kuuden koekappaleen puristuslujuuksien keskiarvo oli 28 päivän ikäisenä 50,4 MN/m<sup>2</sup>. Betonin nimellislujuus on 40 MN/m<sup>2</sup>. Vaadittu lujuus oli kohteessa 30 MN/m<sup>2</sup>.

Betonin puristuslujuus arvioidaan laskemalla vertailulujuus. Betoni täyttää vaatimukset, kun vertailulujuus täyttää asetetun lujuusvaatimuksen eikä huonoja yksittäisiä koetuloksia esiinny. Betonin vertailulujuus oli 33 MN/m<sup>2</sup>, joten vaadittu lujuus saavutettiin. Vertailulujuuden laskenta on esitetty liitteessä 8. (B4 2005 [viitattu 5.3.2010.]

Taulukko 7. Ruiskubetonityön laatuluokat, nimellislajuuden vähimmäisarvot, käyttö ja pätevyudet

(By 210 betonitekniikan oppikirja)

Laatu- luok- ka	Nimellis- lujuuden vähim- mäisarvo	Työkohte	Ruiskuttaja	Työnjohtaja
I	K30	Vaativat	RAM Vuoden kokemus ruiskutuksesta	Väh.teknikkokoulutus Vuoden kokemus ruiskutustöistä
II	K30	Tavalliset	RAM 1/2 vuoden ko- kemus ruiskutuksesta	Väh.teknikkokoulutus 1/2 vuoden kokemus ruiskutustöistä
III	K20	Paikkaukset	Ruiskuttaja	Työjohtaja
IV	K20	Työaikaiset	Ruiskuttaja	Työjohtaja

Tässä työssä saavutettiin laatuluokat 2:2:2:2 = laatuluokka 2. Ammattimaiseen rakentamiseen kuuluu myös työsuunnitelman, turvallisuusasiakirjojen, työmenekien, materiaalien määrien ja aikataulun sekä budjetin laadinta. Tässä työkohteessa täyttyivät myös nämä osa-alueet. Varsinkin turvallisuusasiakirjat tehtiin erityisen huolellisesti tilaajan ohjeistuksen mukaan, kuten edellä on esitetty. Lisäksi YPR yleinen pohjarakennus Oy:llä on laatujärjestelmä, joka kattaa kansainvälisen SFS-EN ISO 9000 standardisarjan vaatimukset. Laatujärjestelmää pidetään yleisesti laadunvarmistuksen perustasona. Lisäksi yrityksellä on RALA:n pätevyystodistus. (YPR, [viitattu 5.4.2010].)

## 6.2 Rasitusluokat

Työkohte sijaitsee jalostamoalueella, jossa esiintyy normaalia enemmän rikkiä ja hiilidioksidia. Lisäksi yksikön tuotteena syntyy paljon hapanta vettä ja se sijaitsee lähellä avomerta. Rasitusluokkien valintaan tulee perehtyä huolellisesti, kun rakenteen käyttöikää suunnitellaan ja betonia valitaan. Tässä työkohteessa rakenne joutuu kaikkien luokiteltujen rasitusluokkien alaiseksi. Rasitusluokat on esitetty

betoniyhditys ry:n vuoden 2004 betoninormissa ja niiden kuvaukset löytyvät liitteestä 6. Rasitusluokat on laadittu 50 ja 100 vuoden käyttöiälle. Luvussa on esitelty alan kirjallisuuden teoriaa eri rasitusten vaikutuksesta betoniin.

Rasitusluokat on alan kirjallisuuden mukaan luokiteltu seuraavanlaisesti.

- karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio
- kloridien aiheuttama korroosio
- merivedessä olevien kloridien aiheuttama korroosio
- jäätymis-/sulamisrasitus
- kemiallinen rasitus.

(Betoninormit 2004)

Taulukko 8. Betonin koostumuksen raja-arvot, kun suunnittelukäyttöikä on viisikymmentä vuotta.

(Betoninormit 2004.)

KOOSTUMUS JA OMINAISUUDET	RASITUSLUOKAT																		
	Ei rasitusta	Hiilidioksidi					Kloridi						Jäätyminen ja sulaminen				Kemiallisesti aggressiiviset aineet		
							Merivesi			Muu kuin merivesi									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Suurin w/s-suhde						0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60		0,50		0,50	0,45	0,40	
Vähimmäislujuusluokka	K15	K25	K30	K30	K35	K40	K45	K45	K35	K35	K45					K40	K45	K50	
Vähimmäis-sementtimäärä [kg/m <sup>3</sup> ]		200	230	250	270	300	320	320	300	300	320	270		300		300	320	330	
F-luku (vähimmäisarvo)												1,0		1,5					
P-luku (vähimmäisarvo)													25		40				

Jos  $SO_4^{2-}$  (pohjavesi > 600 mg/l tai maaperä > 2000 mg/kg Liite 6) johtaa rasitusluokkiin XA2 tai XA3, käytetään sulfaatinkestävää sementtiä. Ympäristöolosuhteiden rasitusluokkien kuvaukset ovat liitteessä 5. Kemiallisten rasitusten ympäristöluokkien raja-arvot ovat liitteessä 7.

### 6.2.1 Karbonatisoituminen

Betonin neutraloitumisreaktio eli karbonatisoituminen on työkohteessa yksi merkittävimpiä rasituksia. Teollisuusalueen ilma sisältää normaalia enemmän hiilidioksidia.

``Alan kirjallisuuden mukaan karbonatisoituminen alkaa betonin pinnalta ja etenee suhteellisen tasaisena rintamana sitä hitaammin, mitä tiiviimpää betoni on. Betonin tiiviys riippuu ensisijaisesti vesisementtisuhteesta. Etenemisnopeus on hidastuva ja sen määrää ilman hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) tunkeutuminen betoniin. Raudoitusta suojaavassa betonipeitteessä olevat halkeamat voivat pienentää oleellisesti betonin tiiviyttä ja olla syynä raudoituksen korroosioon.``

Betoni oli kuituvahvistettua, mikä oleellisesti vähentää silmin nähtävän halkeilun määrää. Myös suhteellisella kosteudella on vaikutusta karbonatisoitumiseen. Huokosrakenteen täytyessä vedellä karbonatisoituminen hidastuu. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)

### 6.2.2 Kloridit

Työkohde sijaitsee lähellä avomerta, joten kohdetta rasittavat tuulen mukana tulevat kloridit.

``Alan kirjallisuuden mukaan yleisimmin betoniin tunkeutuu klorideja suolauksen seurauksena tai merivedestä. Kuten karbonatisoitumisessa myös kloridien tunkeutumisenopeus betoniin riippuu ensisijaisesti betonin tiivyydestä eli vesi-sementtisuhteesta, myös sementin valinta vaikuttaa asiaan.``

Myös Betonipeitteen paksuudella on oleellinen merkitys korroosion alkamisajankohtaan. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)

### 6.2.3 Pakkaskestävyys

Pakkaskestävyys oli kohteessa vaikuttava tekijä koska yksikön tuotteena syntyy paljon hapanta vettä ja helman etupuoli on sateelle alttiina. Työkohde on näin ollen alttiina jäätymiselle. Kohde sijaitsee lähellä avomerta ja kohdetta rasittaa tuulen mukana kulkeutuva meriveden suola.

``Alan kirjallisuuden mukaan betoni sisältää aina vettä. Vesi laajenee 9 % jäätyessään. Veden jäätyminen aiheuttaa betoniin sisäisiä raskautuksia, jotka sen tulisi kestää rikkoutumatta. Betonissa on ilmaa yleensä 1- 2 % eli 10...20 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Betonin pakkaskestävyyttä parannetaan kun se huokoistetaan. Ilmapitoisuus nostetaan 4...8 %:iin huokostavan lisäaineen avulla. Huokostimilla luodaan pieniä ilmakuplia, jotka leviävät tasaisesti betoniin.``

``Huokoisuus notkistaa betonia ja alentaa kovettuneen betonin lujuutta. Betonin kapillaarihuokokset täyttyvät nopeasti vedellä, kun betoni kastuu. Merivedessä olevat suolat tai jään ja lumen sulatuksessa käytettävä tiesuola lisäävät pakkasrasitusta huomattavasti. Tämä johtuu siitä, että suola lisää jääkiteiden kasvun aiheuttamaa painetta betonissa.``

Pakkaskestävyyteen vaikuttaa myös oleellisesti alhainen vesisementtisuhte, eli betonin tiiviys. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)

### 6.2.4 Kemialliset rasitukset

Teollisuuskohteissa kemiallisiin rasituksiin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Teollisuusalueen ilma sisältää normaalia enemmän rikkiä.

``Alan kirjallisuuden mukaan betonin kemiallinen vaurioituminen johtuu yleensä betonin sementtikiven eri hydrataatiotuotteiden kemiallisista reaktioista betonin ulkopuolisten aineiden kanssa. Merkittävän korroosion edellytyksenä on betonin riittävä kosteus ja haitallisten aineiden suuri pitoisuus.`` (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)



Rikkihappo on muita happoja vaarallisempi, koska sen reaktiotuotteet, sulfaatit, aiheuttavat myös betonin paisumisvaurioita.

Masuunikuona parantaa selvästi betonin sulfaatinkestävyyttä, jos sen osuus sideaineesta on vähintään 70 %. Sulfaatinkestävä sementti saattaa hidastaa betonin sitoutumista ja kovettumista. Masuunikuonan käyttö ruiskubetoneissa sulfaatinkestävyyden parantamisessa ei ole suotavaa, koska se hidastaa merkittävästi betonin kovettumista. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)

Jos sulfaatin määrä johtaa rasisluokkiin XA2 ja XA3, tulee sementtinä käyttää sulfaatinkestävää sementtiä. Kuten taulukossa 9 on määritelty. Tarkemmat raja-arvot on esitetty liitteessä 7. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)

Kirjallisuudesta nousee selkeästi esille, että betonin tiiviys parantaa parhaiten betonin rasiskestävyyttä. Siksi huolelliseen veden ja runko-aineen suhteutukseen ja asianmukaiseen jälkihoitoon tulee kiinnittää erityistä huomiota. Varsinkin vedenläpäisevyys saadaan mahdollisimman pieneksi, kun sementtikivi on mahdollisimman tiivistä. Sementtikiven tiiviiden määrittää vesi-sementti -suhde. Alhainen vesi-sementti-suhde johtaa betonin lujouden kasvuun.

Muut nesteet, kuten kevyet öljyt ja polttoaineet läpäisevät helposti betonin. Näitä aineita kohtaan tiiviys saavutetaan alan kirjallisuuden mukaan vain käyttämällä tiivistysaineita, jotka luovat pinnoitteen betonin pintaan. (Rakennusaineoppi 1986.)

### **6.3 Käyttöikä ja betonin valinta**

Tähän lukuun on kerätty alan kirjallisuudesta asioita, jotka vaikuttavat rakenteen käyttöikään. Tällä tavalla voidaan todentaa kyseisen työkohteen rakenteen käyttöikä. Betonin valinta osoitetaan kohteeseen soveltuvaksi edellisessä luvussa esitettyjen rasiskuvauksien perusteella. Rakenteen käyttöikäksi tavoiteltiin 50:tä vuotta.

Betonin käyttöikään vaikuttavat

- lujuusluokka
- vesi-sideainesuhde
- sementin määrä ja laatu
- betonin lisäaineisuus
- raudoituksen betonipeitteen paksuus
- raudoitteen laatu
- ulkoinen rasitus

(Betonirakenteiden suunnittelu,[viitattu 21.2.2010].)

Lujuusluokkavaatimuksena on tavanomaisissa ruiskutuskohteissa 30 MN/m<sup>2</sup>. Huomioiden alueen vaatimukset työkohteessa käytetyn betonin nimellislujuus oli 40 MN/m<sup>2</sup>, joka täyttää rasitusluokkien X0-XC4, XS1, XD1- XD2, XA1 arvot. (By 201 Betonitekniikan oppikirja 2004.)

Vesi-sideainesuhde on kyseisellä betonilla 0,50. Suhde määrittää betonin tiiviiden ja se täyttää rasitusluokkien XC1-XC4, XS1, XF1, XF3, XA1 vaatimukset. Betonin tiiviydellä on merkittävä vaikutus betonin rasituskestävyyteen, kuten edellä todettiin. (Fescon, [viitattu 6.3.2010].)

Sementtinä ruiskubetonoinnissa käytetään yleensä nopeasti kovettuvia sementtilaatuja (R). Ohjeellinen sementtimäärä liikkuu kuivamenetelmällä 350–450 kg/m<sup>3</sup> ja märkämenetelmällä 400–500 kg/ m<sup>3</sup>. Ruiskubetonoinnissa käytettävän kiviaineksen tulisi olla alle 8 mm seulan läpäisevää. Karkeampi aines lisää hukka-roiskeen määrää ja heikentää pinnan laatua. (Orantie, Ritola & Kronlöf, VTT. 2006 [viitattu 27.1.2010].)

Työssä käytetyn betonin kiviaines oli 3 mm seulan läpäisevää. Kiviaineksen hienojakoisuus edesauttaa teräksien taustan täyttymistä betonilla. Työkohteen sulfaattirasituksen määrää ei lähdetty mittaamaan, koska sen määrän ei uskottu nousevan liian korkeaksi. Kuten edellä mainittiin, sulfaatinkestävän sementin käytön haittapuolena on, että se saattaa hidastaa betonin sitoutumista ja kovettumista, joten sulfaatinkestävän sementin käyttöön ei lähdetty.

Työkohteessa käytetyn teräsverkon halkaisija oli 3 mm ja betonipeitteen paksuus noin 35 mm. Betonipeitteen paksuus on toinen merkittävä tekijä raudoituksen korroosiosuojauksessa tiiviiden lisäksi. ( By 201 betonitekniikan oppikirja 2004.)

Betonipeitteen vähimmäisarvo riittää taulukon 9 mukaan rasitusluokkiin X0 - XC4.

Taulukko 9. Betonipeitteen vähimmäisarvo.

(Betoninormit 2004.)

Rasitus- luokka	Betonipeitteen vähimmäisarvo 50 vuoden käyttöiälle [mm]		Betonipeitteen vähimmäisarvo 100 vuoden käyttöiälle [mm]	
	Betoni raudoitus	Korroosioherkkä raudoitus	Betoni raudoitus	Korroosioherkkä raudoitus
X0	10	10	10	10
XC1	10	20	10	20
XC2	20	30	25	35
XC3,XC4	25	35	30	40
XS1,XD1	30	40	35	45
XS2,XD2	35	45	40	50
XS3,XD3	40	50	45	55

Raudoituksen katsotaan olevan korroosioherkkää, kun halkaisija on enintään 4 mm.

Valitun betonin ominaisuudet täyttivät betoninormien 50 vuoden käyttöiän vaatimukset hyvin. Karbonatisoitumisessa täyttyivät kaikki rasitusluokat, mikä oli kohteen kannalta hyvä, koska teollisuusalueen ilmastossa on normaalia enemmän hiilidioksidia. Kloridirasitusta kohteessa oli avomerestä tuulen mukana kulkeutuvat kloridit. Rasitusluokka on XS1 ja betoni täytti kyseisen luokan vaatimukset. Pakkaskestävyydessä betoni täytti rasitusluokat XF1 ja XF3, jotka kattavat rakenteen pakkasrasituksen. Rakenne on vesisateelle altis ja tuotannossa syntyy paljon hapanta vettä. Lisäksi avomereltä saattaa tuulen mukana kulkeutua suoloja, tämän takia betoni olisi voinut täyttää myös rasitusluokan XF2 vaatimukset. Kemiallisista rasituksista suurin oli sulfaatit. Sulfaatinkestävän sementin käyttöön ei lähdetty, kuten edellä mainittiin. Betoni täytti rasitusluokan XA1, joka oli riittävä tässä työkohteessa.

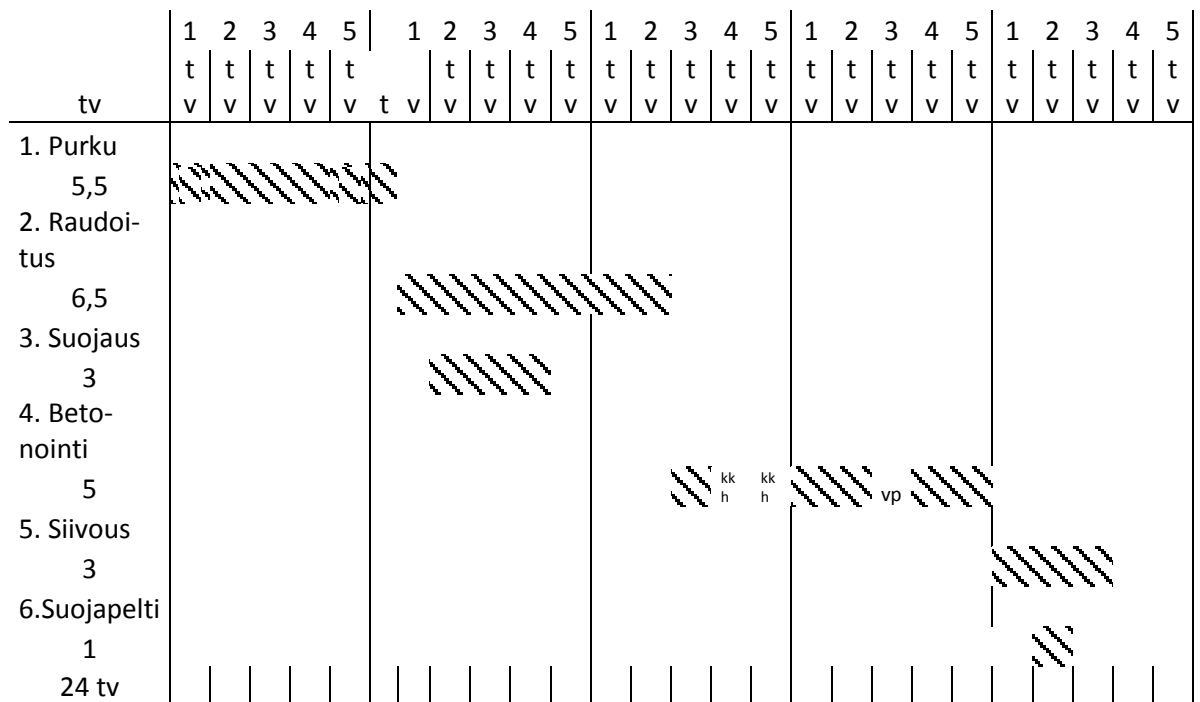
Taulukko 10. Valitun ruiskubetonin rasitusluokat, kun suunniteltu käyttöikä on viisikymmentä vuotta.

Hiididioksidi	XC1	XC2	XC3	XC4
Kloridi	XS1			
Pakkasenkestävyys	XF1	XF3		
Kemiallisesti aggressiivinen	XA1			

## 7 YHTEENVETO

### 7.1 Aikataulu

Taulukko 11. Työn toteutunut aikataulu



Toteutuneen aikataulun poikkeamat olivat erilaiset katselmukset, kaluston korjaus ja huoltotyöt (kkh), vapaat päivät (vp) ja HSEQ-poikkeamat.

Taulukko 12. Suunnitellun aikataulun työtehtävien kestot.

1. Purku	2. Raudoi- tus	3. Suoja- us	4. Betonointi	5. Siivous	6. Suojapelti	
6 tv	6 tv	4 tv	5 tv	3 tv	1 tv	yht.: 24 tv

## 7.2 HSEQ poikkeamat

Viikolla yksi työt jouduttiin keskeyttämään aamupäivän ajaksi alueella tapahtuneen kaasuvuodon takia. Työturvallisuuspoikkeamia tapahtui yksi kappale. Työntekijällä olivat suojalasit pois silmien edestä, kun hän korjasi ilmaletkua.

## 7.3 Yhteenveto

Työturvallisuus sujui hyvin, koska tapaturmia ei sattunut. Työtehtävien turvallisuussuunnitelmat tehtiin asiallisesti ja niitä noudatettiin, mikä edesauttoi työn jouhevaa kulkua.

Aikataulu arvioitiin työmenekkien avulla. Toteutunut aikataulu täsmäsi suunniteltuun hyvin. Työsuunnitelma edesauttoi aikataulun laatimisessa.

Purkutyössä suurin huomio kiinnitettiin suojattaviin laitteisiin. Ennalta ehkäisynä painotettiin huolellista työtä ja turhan kiireen välttämistä. Ruiskutustyön onnistumiseen vaikuttaa eniten kaluston riittävä huolto, betonin oikea suhteutus ja ruiskuttajan riittävä ammattitaito.

Betoni täytti 50 vuoden suunnitteluiän vaatimukset hyvin. Rakenteen suunniteltu käyttöikä saavutetaan parhaiten, kun raudoitusta suojaavan betonipeitteen paksuus on riittävän suuri, betonin ominaisuudet täyttävät rasitusvaatimukset ja jälkihoito tehdään asianmukaisesti. Etenkin betonin tiiviys on merkittävä tekijä rasituskestävyydessä.

Lopuksi haluan kiittää Neste Oilin, YPR Yleinen pohjarakennuksen- ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun henkilökuntaa, työn suorittajia ja muita henkilöitä, jotka tuntevat osallistuneensa työhön.

## LÄHTEET

Betonirakenteiden suunnittelu [www-dokumentti]. [viitattu 21.2.2010] Saatavilla: [www.betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Betoni+ja+kestävä+kehitys/Betonin+käyttöikä](http://www.betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Betoni+ja+kestävä+kehitys/Betonin+käyttöikä)

B4.2005 Betonirakenteet ohje Suomen rakentamismääräyskokoelma ympäristöministeriö. [www-dokumentti]. [viitattu 5.3.2010]. Saatavilla: <http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/b4.pdf>.

Fescon ruiskukorrobetoni tuoteseloste [www-dokumentti]. [viitattu 6.3.2010]. Saatavilla: [www.fescon.fi/kuivabetonit](http://www.fescon.fi/kuivabetonit).

Knuuttila, I. & Huhtiniemi, S. 1993 Muuraus, laatoitus ja rappaustyöt, Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK

Leskelä, M. 2005 Suomen betoniyhdistys. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus, By 210.

Neste Oil Oyj turvallisuus [www-dokumentti]. [viitattu 27.1.2010]. Saatavilla: <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,12005,12013,12030>.

Orantie, K., Ritola, J., & Kronlöf, A., 2006 Kalliotilojen ruiskutettavat vesitiiviit komposiittirakenteet [www-dokumentti]. [viitattu 10.3.2010]. Saatavilla: [www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2358.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2358.pdf).

Rakennusteollisuus RT ry. 2003, Rakennustöiden menekit

Ruohomäki J., Jormalainen P., Pärssinen V., Saarikivi E. & Söderholm K., 1990 By 206 Raudoitustyöt

RT-kortti 84–0133 Suojaus Ratu 82–0129 purkutyöt RT- kortisto Rakennusteollisuus RT ry

Sanasto. Neste Oil[www-dokumentti] [viitattu 10.3.2010]. Saatavilla: [www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,62,175](http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,62,175).

Siikanen, U., 1986 Rakennusaineoppi. Helsinki: Rakennuskirja.

Suomen betoniyhdistys, 2004 Betonitekniikan oppikirja By 201

Suomen betoniyhdistys. 2009. Betoninormit 2004 By 50.

Työmäärittely PG8005-1. DA-2401. Helman tulisuojauksen korjaus betonilla.

YPR Yleinen pohjarakennus Oy. [www-dokumentti][viitattu 5.4.2010] Saatavilla: [www.ypr.fi](http://www.ypr.fi)

## LIITTEET

### Liite 1. Työsuunnitelma (RT- kortisto Suojaus RT-kortti 84–0133 Ratu 82–0129 purkutytöt)

<p><b>1. Alueen omia erityispiirteitä</b></p> <p>Ennen töiden aloittamista seuraavat arviot ja suunnitelmat tulee olla tehtynä</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Työn riskiarviointi</li> <li>- Työtehtävän turvallisuus suunnitelma</li> </ul> <p>Työntekijöillä tulee olla voimassa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tulityökortti</li> <li>- Työturvallisuuskortti</li> <li>- Alueen oma turvallisuuskoulutus HSEQ.</li> </ul> <p>Työkohteen valokuvaukseen tarvitaan erillinen lupa.</p> <p>Työsuunnitelmaa täydennetään työn riskiarvioinnin jälkeen.</p> <p>Telineillä työskenneltäessä on käytettävä turvavaljaita kohdissa missä vaarana putoaminen.</p>
<p><b>2. Työhön opastus</b></p> <p>Käydään läpi turvallisuutta koskevat asiakirjat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Työn riskiarviointi</li> <li>- Työtehtävän turvallisuus suunnitelma</li> <li>- Yleinen työturvallisuus ja henkilökohtaiset suojavarusteet</li> </ul> <p>Työntekijät perehdytetään työkohteeseen. Työntekijöiden opastuksessa käydään läpi työntekijöiden ammattitaito, kohteen esittely, työn opastus, henkilökohtaisten suojainten käyttö ja vaarojen havainnointiin liittyvät asiat.</p>
<p><b>3. Purku</b></p> <p>1. Kohteen tiedot Kolonnin helman halkaisija Ø4860 korkeus 6250 mm Kaksikerroksinen muuraus, josta ensimmäinen kerros muurattu ½ kiven juoksulimityksellä ja ulkokuori pystyyn limittämättä ½ kiven muurauksella.</p> <p>2. Purettavat osat Ensimmäinen muurauskerros puretaan kokonaan, jonka jälkeen tarkistetaan alemman muurauksen kunto. Jos toisen kerroksen kunto puutteellinen myös se puretaan.</p> <p>3. Purkukohteen yleiset suojelutoimenpiteet Purku suoritetaan telineiltä. Purkukohteen läheisyydessä liikkuvat ja työskentelevät ihmiset sekä mahdollinen sortumavaara ja tippumisvaara huomioidaan rajaamalla alue suoja-aidoin.</p> <p>4. Purkumenetelmät</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leka</li> <li>- Käsi- tai koneellinen piikkaus</li> <li>- Purettu tiilet purkuputkea pitkin alas lavalle, josta kuljetus Neste Oilin kierrätysalueelle.</li> </ul> <p>5. Koneet ja laitteet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Piikkauskone</li> <li>- Purkuputki</li> <li>- Purkulava</li> </ul> <p>6. Purkamisjärjestys Ensimmäisessä vaiheessa puretaan uloin kerros, jonka jälkeen arvio toisen kerroksen purkamisen tarpeellisuudesta.</p>



<b>4. Raudoitus</b>
1. Mitat Kolonnin helman halkaisija $\varnothing 4860$ korkeus 6250 mm Ala: 116 m <sup>2</sup>
2. Materiaalit ja määrät Ruostumattomat tartunnat T4 4kpl/m <sup>2</sup> → 464 kpl kiinnitys Hilti Hit 150 HY Ruostumaton verkko T3-50 b = 15 m h= 6.250 m A = 95 m <sup>2</sup>
3. Työmenetelmät - Työ tehdään telineiltä, kohdissa missä putoamisvaara käytettävä turvavaljaita.
4. Työvaihe
4.1 Aloittavat työt <ul style="list-style-type: none"> <li>- Käydään läpi työtehtävän turvallisuus suunnitelma, yleiset turvallisuusohjeet ja henkilökohtaiset suojavarusteet</li> <li>- Tartuntojen ja verkon katkaisu oikeisiin mittoihin</li> <li>- Kuljetus työkohteeseen</li> <li>- Sähkö kohteeseen ja johtojen turvallinen vienti.</li> </ul>
4.2 Työvaihe <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tartuntojen reikien poraus iskuporakoneella</li> <li>- Juotetaan tartunnat</li> <li>- Sidotaan verkko tartuntoihin</li> </ul>
4.3 Lopettavat työt <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sähköjohtojen poisto</li> <li>- Varmistus, että kohde rajattu suoja-aidoin.</li> </ul>
5. Koneet ja laitteet <ul style="list-style-type: none"> <li>- Raudoittajan työvälineet</li> <li>- Iskuporakone (vaihtoehtona akkukone, jolloin sähköä ei tarvita)</li> </ul>

<b>5. Suojaus</b>
1. Kohteen suojaus <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suojataan kohde muulta ympäristöltä suojapeitteellä käyttäen telineitä hyväksi. → telineurakoitsija</li> <li>- Suojapressun sisälle jäävät suojausta tarvitsevat osat suojataan rakennusmuovilla.</li> </ul>
2. Alustuvat työt <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teline työt → Telineiden toimituksen ja tarkastuksen hoitaa tilaaja</li> </ul>
3. Rakennusmateriaalit <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suojapeite</li> <li>- Rakennusmuovi</li> <li>- Kiinnitykseen tarvittavat tarvikkeet <ul style="list-style-type: none"> <li>- teipit</li> <li>- sidelangat</li> </ul> </li> </ul>
4. Suojauksen poisto – suojaukset poistetaan siirvouden yhteydessä.

<b>6. Ruiskubetonointisuunnitelma</b>
1. Kalusto ja materiaalit Ruiskubetonointijärjestelmä Cura 2500 Säänkestävä betoni Korrobetoni Fescon
2. Työmenetelmät Ruiskutetaan märkaseosmenetelmällä.
3. Työvaiheet
3.1 Aloittavat työt <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruiskubetonointijärjestelmän kasaus.</li> <li>- Sähkö kohteeseen ja sähköjohtojen turvalliset viennit.</li> <li>- Vesi ja ilma kohteeseen. Käytön edustaja osoittaa paikat.</li> <li>- Materiaalin sijoitus kohta suhteessa ruiskubetonointijärjestelmää.</li> <li>- Ruiskutettavan pinnan puhdistus ja kostutus</li> <li>- Suojausten tarkistaminen</li> </ul>
3.2 Työvaihe <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruiskutetaan 50 mm paksuinen kerros märkaseosmenetelmällä.</li> <li>- Ruiskutustyö riittävän ohuina kerroksina noin 20- 40 mm .</li> <li>- Otetaan huomioon kerrospaksuudet, kerrosten välinen kuivumisaika, ruiskutusetäisyys, -kulma ja -paine, vesimäärän säätö ja hukkaroiskeen poisto.</li> <li>- Edetään alhaalta ylöspäin ympyränmuotoisin liikkein.</li> <li>- Pinnan viimeistely tehdään hiertämällä.</li> <li>- Jälkihoito vähintään 80 %:n nimellislujuuteen.</li> </ul>
3.3 Lopettavat työt <ul style="list-style-type: none"> <li>- Huolellinen kaluston puhdistaminen, etenkin ruiskuletkun osalta.</li> <li>- Materiaalin ja kaluston suojaus.</li> <li>- Veden ja ilman tulon katkaisu.</li> <li>- Roiskeiden poisto.</li> <li>- Jätteiden siivous ja poistaminen.</li> </ul>
3.4 Kohteen rajaaminen suoja-aidoin
<b>7. Siivous</b>
1. Työvaiheet <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suojauksien, kiinnikkeiden ja teippien poisto</li> <li>- Jätteiden siivous ja kuljetus lavalle</li> <li>- Hukkaroiskeen poisto.</li> <li>- Kohteen suoja-aitojen kokoonpano pois kuljetusta varten.</li> </ul>
<b>8. Suojapellin asennus</b>
1. Materiaalit <ul style="list-style-type: none"> <li>- muovipinnoitettu pelti 0,7 mm</li> <li>- tiivistemassa</li> </ul>
2. Työvaiheet <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pellin taivutus</li> <li>- Asennus</li> <li>- Tiivistäminen tiivistemassalla</li> </ul>
<b>9. Laadun varmistaminen</b>
Laadun varmistamiseen huomioitavia asioita <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kohteessa alin työskentelylämpötilan +5° C</li> <li>- Kohteeseen asennetaan lämpömittari lämpötilan seurantaa varten.</li> <li>- Ruiskubetonin laadun varmistamiseksi ruiskutetaan kohteen kaltaisissa olosuhteissa koealue 0,5 x 0,5 m Alueesta otetaan koepala, joka puristetaan</li> </ul>

## Liite 2. Työriskien arviointi TRA-lomakkeet (Neste Oil Oyj)

NESTE OIL

Toimintajärjestelmä

OQD-3600/2

LIITE 2

VERSIO 3

Porvoon jalostamo / Kaj Westerberg

18.12.2007

1 (3)

### TYÖN RISKIEN ARVIOINTILOMAKE

Arvioinnin suorittaja ( t ) : Neste Oil Oyj: Hannu Nousiainen, Alvi Raesalmi, Kari Kohonen, Antero Liimatta, Veijo Roukala  
Neste Jacobs Oy : Hannes Nummi, Kaj Westerberg

Arme Oy: Ismo Ruotsalainen

Yleinen Pohjarakennus Oy: Roope Siren, Antti Harju

Työkokonaisuus (työn nimi/numero ja lyhyt kuvaus):

Kolonnin DA-2401 helman tulisuojauksen korjaus betonilla. Työmäärittely PG8005-1

Pvm:

Alue: TL2,FCC yksikkö

TYÖVAIHE	RISKI/ONGELMA	TOIMENPITEET JA TARVITTAVAT	VASTUUHENKILO
Koko korjauksen ajan	Käyviä yksiköitä ympärillä.	Korjaustyöt tehdään käyvän laitoksen ehdoilla: - työluvut kuntoon ennen alueelle menoa - tuotannon ohjeita on aina noudatettava - ajoneuvot viedään niille osoitetuille paikoille - noudatetaan tulityöohjeita - työalue rajataan selvästi ulkopuolisilta pois	
Telinetyöt	materiaalin putoaminen	noudatetaan telinetyön ohjeita ja käytetään tarvittavia turvavälineitä	

NESTE OIL

Toimintajärjestelmä

OQD-3600/2

LIITE 2

VERSIO 3

Porvoon jalostamo / Kaj Westerberg

18.12.2007

2 (3)

Eristystyöt	Materiaalinpurku - mahdolliset lämpösaatot  - uudelleen asennus	noudatetaan tarpeellista varovaisuutta eristeitä purettaessa puretut materiaalit viedään pois alueelta päivän päätteeksi tarkastetaan että toimivaksi tarkoitetut osat on kunnossa ennen eristytyön suorittamista	
Tiiliverhouksen purkaminen	materiaalin putoaminen/ vaurioitetaan laitteita Tiilen pinta likainen	käytetään työhön soveltuvia työkaluja ja purettavien tiilien siirtoon käytetään	
Raudoitustyöt	raudoitustyö - verkon säikeet/nirhamat, haavat - verkon kiinnityskappaleet / poraus tai hitsaus	käytetään silmasuojaimia ja tukevia käsineitä. käytetään hyväksi todettuja koneita ja noudatetaan tulityöohjeita	
Betonointi	betonin pumppaus	työalue eristetään ja tehdään tarvittavat suojaukset roiskeen rajamiseksi	
Siivous	paineilma / roiskeet kompastuminen, kaatuminen	pidetään jätteet keskitetyksi yhdessä	



TRA:SSA MÄÄRITELLYT TOIMENPITEET ON ARVIOITU RIITTÄVIKSI RISKIEN HALLITSEMISEKSI.

TRA - vastuuhenkilön allekirjoitus ( arviointi suoritettu ):



## Liite 3. Työtehtävän turvallisuussuunnitelma TTS-lomake (Neste Oil Oyj)

NESTE OIL

QC10073

LIITE 2

Rev.2

## TYÖTEHTÄVÄN TURVALLISUUSSUUNNITELMA

Urakoitsija:	Aloituskatselmus	
Urakoitsijan vastuuhlö/puh.:	Pvm _____	
NJ:n valvoja/puh.:	TRA tehty	
Projektinnumero:	Pvm _____	
Tehtävä:	Työkohteen turva-	
	tarkastus tehty	
	"lamppulomake"	
	Työkalut ja laitteet tark.	
	Turvallisuuden viikko-	
	kierros. Suorittaja:	
Alkupvm / arvioitu kesto : 15.5		
Tarvittavat työluvut / muut luvat ja todistukset		
<input type="checkbox"/> Työlupa	<input type="checkbox"/> Säiliötodistus	<input type="checkbox"/> Nostosuunnitelma
<input type="checkbox"/> Tulityölupa	<input type="checkbox"/> Maankaivuun varmistus	<input type="checkbox"/> Paloveden käyttöluva
<input type="checkbox"/> Sähkötöyvalmiuslupa	<input type="checkbox"/> Nosturin pystytystark.pk.	<input type="checkbox"/> Muu
TYÖTEHTÄVÄN RISKI(T)	TOIMENPITEET/SUUNNITELMA	Resurssit varmistamaan turvallisuus (henkilöt/varusteet/laitteet)
Allekirjoitukset/Pvm	Kypärän, suojalasien, turvakenkien ja vartaloa suojaavan työasun lisäksi:	
Työntekijät	<input type="checkbox"/> Suojakäsineet <input type="checkbox"/> Erikoissuojapuku <input type="checkbox"/> Kuulosuojaimet <input type="checkbox"/> Hengityssuojaimet <input type="checkbox"/> Turvavaljaat <input type="checkbox"/> Paineilmalaitteet <input type="checkbox"/> Muu _____ <input type="checkbox"/> Muu _____	
Urakoitsijan työnjohtaja		
Täytetty lomake sijoitetaan työkohteen läheisyyteen		
Neste Jacobs Oy	Y-tunnus	1540618-5
	Kotipaikka	Porvoo
<a href="http://www.nestejacobs.com">www.nestejacobs.com</a>		

## Liite 4. Fescon ruiskukorrobetoni tuoteseloste (Fescon Oy)

# FESCON

### TUOTESELOSTE 3.9

Myllykatu 3 Puh. 020 789 5900  
05800 Hyvinkää Fax. 020 789 5909

1.10.2007 1(2)

### FESCON KORROBETONI K40

#### TUOTEKUVAUS

Fescon Korrobetoni K40 on sementtiperustainen kuivabetoni kohteisiin, joissa vaaditaan kulutusta ja syövyttäviä aineita kestäviä tiiviitä betonipintoja. Maksimiraekoko on joko 3,0 mm tai 10,0 mm.

\* helppokäyttöinen  
\* hyvät työstettävyysominaisuudet

\* pakkasenkestävä

#### KÄYTTÖKOHEET

\* perustukset ja anturat  
happamassa maaperässä  
\* betonirakenteiden korjaukset  
\* betonielementtien saumaus

\* teollisuushallien lattiat  
\* maatalouden tuotantorakennusten  
valut  
\* luonnonkivien saumaus

#### BETONIN SEKOITUS

Tarkista betonin vedentarve säkistä. Lisää kuiva-aines veteen ja sekoita betonisekoittajalla noin 10 min. Pakkosekoittajalla riittää noin 1-3 min. sekoitus. Anna massan seistä noin 5 min., ja tee lyhyt uusintasekoitus. Uusintasekoituksessa haetaan betonin oikea notkeus lisäämällä lopullinen vesimäärä. Maksimivesimäärää ei kannata lisätä heti alussa. Valmiin betonin työstettävyyssäika on noin 1 tunti.

#### VALUTYÖT

##### Esityöt

Muotti- ja raudoitustyöt tehdään noudattaen kyseisten töiden normaaleja työtapoja ja suunnittelijoiden ohjeita.

##### Valu

Valutyöt tehdään noudattaen kyseisten töiden normaaleja työtapoja, suunnittelijoiden ohjeita ja viranomais määräyksiä.

##### Jälkihoito

Tuore valu tulee jälkihoitaa kastelemalla ja suojaamalla se muovikalvolla, joka estää kosteuden liiallisen haihtumisen. Jälkihoidon tarve riippuu olosuhteista. Vähintään sen tulisi kestää 2 vrk.

FESCON KORROBETONI K40

TUOTESELOSTE 3.9  
26.11.2003 2(2)

## TEKNISET TIEDOT

Olomuoto	jauhe	Valmista massaa	12-13 l/25 kg
Väri	harmaa	Materiaalimenekki	90 kg/m <sup>2</sup> 50 mm:n kerrosvahvuudella
Alin käyttölämpötila	+ 5 °C		40 MPa
Pakkauskoko	25 kg ja 1000 kg säkki	Puristuslujuus	1 vrk n. 10 Mpa
Työstettävyyisaika	1 h	Lujuudenkehitys:	7 vrk n. 40 Mpa
Maksimiraekoko	3,0 mm tai 10,0 mm		28 vrk n. 50 Mpa
Vedentarve	2,5-3,4 l/25 kg (3 mm)	Varastointi	varastointiaika kuivassa paikas- sa n. 1 vuosi
	2,3-2,8 l/25 kg (10 mm)		
Rasitusluokka XF3			

## Liite 5. Ruiskubetonin lujuuskokeet

Lohja Rudus Oy Ab  
Valmisbetoni Etelä-Suomi

## KOETUSILMOITUS

Tilaaja					
Yleinen Pohjarakennus Oy					
Näytteenottoaika					
Työmaa / porakappaleet halakisija 46 mm, korkeus 46 mm					
Tutkimus					
Ruiskubetoni lujuus					
Koekappaleen tunnus	Valmistus pvm	Lujuus luokka	Ikä vrk	Lujuus MN/m <sup>2</sup>	Huomautuksia Tiheys kg/m <sup>3</sup>
1	28.05.09	K30	28	55,2	
2	28.05.09	K30	28	62,9	
3	28.05.09	K30	28	60,2	
4	28.05.09	K30	28	53,9	
5	28.05.09	K30	28	36,6	
6	28.05.09	K30	28	33,7	
Keskiarvo				50,4	
Haj (työmaa)				12,3	
Haj x 1,4				17,2	
vert.luj.				33	

Helsinki 25.06.2009  
Kim Johansson

Kim Johansson



**Liite 6 Rasiusluokat ympäristöolosuhteiden mukaisesti  
(BY 50, Betoninormit)**

Luokka	Ympäristön kuvaus	Informatiivisia esimerkkejä rasiusluokkien esiintymisestä
<b>1 Ei korroosion tai syöpymisrasiuksen riskiä</b>		
X0	<p>Raudoittamaton betoni tai betoni ilman sen sisään valettuja metalliosia:</p> <p>Kaikki ympäristöluokat paitsi jäätymsulamisrasiuksen, kulutuksen tai kemiallisen rasiuksen alainen betoni</p> <p>Raudoitusta sisältävä betoni:</p> <p>Erittäin kuiva</p>	<p>Betoni sisätiloissa, jossa ilman kosteus on hyvin alhainen.</p> <p>Kuivat lämmitetyt sisätilat</p>
<b>2 Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio</b>		
<p>Jos raudoitusta tai muita metalliosia sisältävä betoni on kosketuksessa ilman ja kosteuden kanssa, ympäristö luokitellaan seuraavasti:</p> <p>HUOM. Kosteusolosuhteet tarkoittavat raudoitusta tai muuta betonissa olevan metalliosan kosteutta. Näissä tapauksissa ympäristön luokitus voi olla riittävä. Näin ei välttämättä ole, jos betonin ja sen ympäristön välillä on kosteussulku tai vastaava.</p>		
XC1	kuiva tai jatkuvasti märkä	<p>Sisätilat, joissa on alhainen kosteuspitoisuus.</p> <p>Jatkuvasti vedenpinnan alla olevat rakenteet.</p> <p>Kylpyhuoneet, porraskäytävät, vedenpinnan alaiset rakenteet.</p> <p>Kerroksellisen seinärakenteen sisäkuori</p> <p>Siltojen vedenalaiset osat</p>

XC2	Kostea, harvoin kuiva	<p>Pitkiä aikoja veden kanssa kosketuksissa olevat rakenteiden osat. Useimmat perustukset.</p> <p>Siltojen perustukset, siirtymälaatat</p>
XC3	Kohtalaisen kostea	<p>Betoni sisätiloissa, joissa kohtalainen tai korkea ilman kosteus.</p> <p>Ulkona olevat osittain tai kokonaan sateelta suojatut rakenteet.</p> <p>Sateelta suojatut julkisivut, muut pystysuorat ulkona olevat, sateelta suojattujen rakenteiden pinnat. Pysäköintitasojen laatat.</p> <p>Uimahallit, saunat, suurkeittiöt, monet teollisuusrakennukset.</p> <p>Siltojen sateelta suojatut päällysrakenteen osat kuten kansilaatan alapinnat ja palkit, sateelta suojatut pilarit, tukimuurit ja maa- ja välituet.</p>
XC4	Jaksollinen kastuminen ja kuivuminen	<p>Betonipinta kosketuksissa veden kanssa, eikä kuulu ympäristöluokkaan XC2.</p> <p>Parvekelaatat, sateelle alttiit julkisivut, sokkelit. Siltojen sateelle alttiit osat kuten reunapalkit, maatukien sivupinnat, tukimuurit, pilarit.</p>
<b>3 Kloridien aiheuttama korroosio</b>		
<p>Jos raudoitusta tai muita metalliosia sisältävä betoni on kosketuksissa veden kanssa, joka sisältää muista lähteistä kuin merivedestä peräisin olevia klorideja kuten jäänpoistosuolat, ympäristö luokitellaan seuraavasti:</p> <p>HUOM. Katso myös tämän taulukon kohtaa 2 kosteusolosuhteiden osalta.</p>		

XD1	Kohtalaisen kostea	Betonia rasittavat ilmavirran mukana tulevat suolat  Meluseinät tien vieressä  Uimahallien sisätilat
XD2	Kostea, harvoin kuiva	Betonia rasittavat klorideja sisältävät teollisuusvedet  Uima-altaat
XD3	Kostea ja kuiva vaihtelevat	Suoloja sisältäville roiskeille tai suolaukselle alttiit osat. Pysäköintitasot, lämmitetyt autotallit. Siltojen tiesuoloille alttiit osat kuten reunapalkit, siirtymälaatat, betonikaiteet, suolasumulle alttiit siltapilarit ja väli- ja maatuet.
<b>4 Merivedessä olevien kloridien aiheuttama korroosio</b>		
Jos raudoitusta tai muita metalliosia sisältävä betoni on kosketuksissa kloridien kanssa, jotka ovat peräisin merivedestä tai ilman kuljettamasta merivedestä peräisin olevasta suolasta, ympäristö luokitellaan seuraavasti:		
XS1	Betonia rasittavat tuulen mukana tulevat kloridit, ei suoraa kosketusta veteen	Rakenteet avomeren rannalla
XS2	Veden alla	Merirakenteiden ja siltojen merivedenalaiset osat
XS3	Vesirajassa ja roiskevyöhykkeellä	Merirakenteiden ja siltojen meriveden vaihtelu- ja roiskevaikutuksille alttiit osat kuten välituet
<b>5 Jäätymis-/sulamisrasitus</b>		
Jos betoniin kohdistuu merkittäviä jäätymis-/sulamisrasituksia kosteuden lisäksi, ympäristö luokitellaan seuraavasti:		
XF1	Kohtalainen vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita	Sateelle ja jäätymiselle alttiit pystysuorat betonipinnat  Julkisivut, sokkelit. Suolaamattomien teiden siltojen

		osat kuten kansilaatta, palkit, maa- ja välituet.
XF2	Kohtalainen vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet	Sateelle ja jäätymiselle alttiit pystysuorat betonipinnat, jotka ovat alttiina jäätymiselle ja ilman kuljettamalle jäänsulatusaineille.  Meluseinät ja sokkelit tien vieressä.  Suolattavien teiden siltojen osat kuten päällysrakenteen palkit ja kansilaatat, maa- ja välituet.
XF3	Suuri vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita	Sateelle ja jäätymiselle alttiit vaakasuorat betonipinnat  Parvekkeet, siltapilarit ja muut rakenteet sisävesien vesirajassa, patorakenteet, makean veden altaat. Suolaamattomien teiden siltojen osat kuten reunapalkit, siirtymälaatat, pilarimaiset välituet, rengaskehäsiltojen peruslaatat ja vesistösiltojen suojaamattomat vedenvaihtelualueen rakenteet.
XF4	Suuri vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet	Suoralle jäänsulatusaineroiskeelle ja jäätymiselle alttiit vaakasuorat betonipinnat ja jäänsulatusaineille alttiit teiden siltojen kannet.  Pysäköintitasot, päällysteet, autotallit.  Suolattavien teiden siltojen reunapalkit, siirtymälaatat, betonikaiteet, rengaskehän peruslaatat. Välituet, kun sillan alittavaa tietä suolataan. Meressä olevan sillan suojaamattomat rakenteet tasolta NW-1 ylöspäin.
<b>6 Kemiallinen rasitus</b>		
Jos betoniin kohdistuu liitteen 6 mukainen kemiallinen rasitus, jota esiintyy maassa ja pohjavedessä ympäristö luokitellaan alla olevan mukaisesti. Meriveteen liittyvä luokitus on esitetty tämän liitteen kohdassa 4.		

HUOM. Seuraavissa tapauksissa voi olla tarpeen suorittaa erityisselvitys oikeiden ympäristöolosuhteiden määrittämiseksi:

- ollaan taulukon Liitteen 6 rajojen ulkopuolella
- muiden aggressiivisten kemikaalien läsnä ollessa
- kemiallisesti saastuneessa maassa
- vedessä, jossa on suuri veden virtausnopeus ja liitteen 6 mukaisia kemikaaleja voidaan tarvita erillinen selvitys betonin ominaisuuksien määrittämiseksi

XA1	Kemiallisesti heikosti aggressiivinen ympäristö Liitteen 6 mukaisesti	Osa maatalousrakenteista
XA2	Kemiallisesti kohtalaisesti aggressiivinen ympäristö liitteen 6 mukaan tai meriveden vaikutuksen alainen.	Puukuivaamot, savupiippujen yläosat
XA3	Kemiallisesti voimakkaasti aggressiivinen ympäristö liitteen 6 mukaan.	Maatalousrakenteet, jotka ovat alttiina urealle, maidolle tai lannoitteille

## Liite 7 Kemiallisen rasituksen ympäristöluokkien raja-arvot (Betoninormit 2004 taulukko 3.2)

Alla esitetty aggressiivisten kemiallisten ympäristöjen luokittelu perustuu luonnon maaperään ja pohjaveteen, joiden lämpötila on 5...25 astetta C:n ja veden virtausnopeus niin hidas, että se on lähes staattinen. Yksittäisen kemiallisen ominaisuuden suurimman rasituksen arvo määrittää luokan. Jos kaksi tai useampi aggressiivista ominaisuutta johtaa samaan luokkaan, ympäristö luokitellaan seuraavaan korkeampaan luokkaan, ellei erityisesti tätä varten suoritetulla selvityksellä osoiteta ettei se ole tarpeen.				
Kemiallinen ominaisuus	Koemenetelmä	XA1	XA2	XA3
<b>Pohjavesi</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	EN 196-2	>200 ja < 600	>600 ja < 3000	>3000 ja < 6000
pH	ISO 4316	<6,5 ja >5,5	<5,5 ja >4,5	<4,5 ja >4,0
CO <sub>2</sub> aggressiivinen mg/l	PrEN 13577:1999	>15 ja <40	>40 ja <100	>100 kyllästymiseen asti
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	ISO 7150-1 tai ISO 7150-2	>15 ja <30	>30 ja < 60	>60 ja <100
Mg <sup>2+</sup> mg/l	ISO 7980	>300 ja < 1000	>1000 ja < 3000	< 3000 kyllästymiseen asti
<b>Maaperä</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg kokonaismäärä	EN 196-2 <sup>1)</sup>	>2000 ja < 3000 <sup>2)</sup>	>3000 <sup>3)</sup> ja < 12000	>12000 ja < 24000
Happamuus ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	Ei esiinny käytännössä	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Savimaat, joiden läpäisevyys on pienempi kuin 10<sup>-5</sup> m/s, voidaan luokitella alempaan luokkaan.</li> <li>2) Testausmenetelmän periaate on uuttaa SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> suolahapolla. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää vesiuuttoa, jos betonin käyttöpaikalla on siitä kokemusta.</li> <li>3) Raja-arvo 3000mg/kg lasketaan arvoon 2000 mg/kg, jos betonin toistuva kuivuminen ja kastuminen tai kapillaarinen kastuminen saattavat aiheuttaa betonin sulfaatti-ionien kasaantumisriskin.</li> </ol>				

## Liite 8 Vertailulujuuden määrittäminen (B4 Betonirakenteet 2005 ohjeet)

Rakennekoeappaleina käytetään yleensä halkaisijaltaan 100 mm lieriöitä, joiden halkaisijan ja korkeuden suhde on  $1 \pm 0,05$ . Tarvittaessa voidaan käyttää halkaisijaltaan muunkin kokoisia lieriöitä.

Rakenteet jaetaan arvostelueriin rakenne- ja lujuusluokittain ja siten, että arvostelueraan kuuluvien rakenteiden valmistus-, jälkihoito- ja mahdolliset lämpökäsittelymenetelmät eivät oleellisesti poikkea toisistaan.

Tarvittava koekappalemäärä määritetään arvostelu-erittäin. Koekappaleiden vähimmäismäärä on 3 kpl.

Ennen laskutoimituksia yksittäiset koetulokset muutetaan 150 mm särmäisen kuution lujuuksiksi kohdan 6.3.3.3 perusteella. Lujuudet ilmoitetaan  $0,5 \text{ MN/m}^2$  tarkkuudella.

### 6.3.3.3 Yksittäisen rakennekoeappaleen lujuuden muutos 150 mm kuution lujuudeksi

Yksittäiset lujuustulokset muutetaan 150 mm särmäiseen kuution perustuvaksi lujuudeksi seuraavasti:

- jos lieriöiden halkaisija on 100...150 mm, kerrotaan yksittäinen lujuustulos luvulla 1,05
- jos lieriöiden halkaisija on 50...80 mm, kerrotaan yksittäinen lujuustulos luvulla 1,1
- väliarvot 80...100 mm interpoloidaan suora-  
viivaisesti
- kahdesta osasta liimattujen lieriöiden lujuus-  
tulokset kerrotaan lisäksi luvulla 1,05.

Jos koekappaleita on vähintään 15 on vertailulujuus  $K_k$  pienempi seuraavista arvoista

$$K_k = f_{cm} - 1,48 s \quad \text{tai}$$

$$K_k = f_{cmin} + 4$$

Jos koekappaleita on 3...14 kpl vertailulujuus  $K_k$  on pienempi seuraavista arvoista

$$K_k = f_{cm} - f_n \quad \text{tai}$$

$$K_k = f_{cmin} + 4$$

missä

$f_{cm}$  on koetulosten keskiarvo

$f_{cmin}$  on pienin koetulos

$f_n$  riippuu koetulosten määrästä ja se valitaan taulukosta 6.1

$s$  on keskihajonta, jonka arvo saadaan lausekkeesta

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm})^2}{n - 1}}$$

missä

$f_{ci}$  on yksittäinen koetulos

$n$  on koetulosten lukumäärä.

Jos hajonta laskelma perustuu pienempään koetulosten lukumäärään kuin 25, ei keskihajonnan arvona saa käyttää pienempää arvoa kuin  $2 \text{ MN/m}^2$ . Vertailulujuus ilmoitetaan  $1 \text{ MN/m}^2$  tarkkuudella.

### TAULUKKO 6.1

Tekijän  $f_n$  riippuvuus koekappaleiden lukumäärästä.

n	$f_n$ [ $\text{MN/m}^2$ ]
10...14	4
7...9	5
3...6	6