





<b>Raportin nimi</b> Nestemäisten kalvon muodostavien betonin jälkihoitoaineiden SILKO-koeohjelma 2014		
<b>Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot</b> Liikennevirasto Säteilyturvakeskus Helsingin kaupunki Tampereen kaupunki	<b>Asiakkaan viite</b>	
<b>Projektin nimi</b> Betonitekniset taitorakennetutkimukset 2013	<b>Projektin numero/lyhytnimi</b> 82372/BTT 2013	
<b>Raportin laatija(t)</b> Liisa Salparanta	<b>Sivujen/liitesivujen lukumäärä</b> 13	
<b>Avainsanat</b> betoni, jälkihoito, vaatimukset	<b>Raportin numero</b> VTT-R-01254-14	
<b>Tiivistelmä</b> Tämä koeohjelma on päivitetty versio, joka korvaa koeohjelman, jonka raporttinumero on VTT-R-03533-11. Vedenpidätyskyvyn hyväksymiskriteerit on muutettu.  Näitä koeohjeita käytetään tutkittaessa soveltuuko betonin nestemäinen kalvonmuodostava jälkihoitoaine Liikenneviraston käyttöön. Ohjeet koskevat varhaisvaiheen ja varsinaisia jälkihoitoaineita.  Koeohjelma on laadittu vastaamaan mahdollisimman hyvin Suomen silloilla vallitsevia olosuhteita käyttäen koemenetelminä mahdollisimman paljon eurooppalaisia standardeja. Koe tulosten perusteella Liikennevirasto päättää aineiden hyväksynnästä käyttöönsä. Hyväksytyt tuotteet julkaistaan SILKO-ohjeistossa. SILKO-ohjeet ovat vapaasti saatavissa Liikenneviraston internet-sivuilta.  Osa SILKO-kokeista on pakollisia ja osa vapaaehtoisia. Pakolliset kokeet Liikennevirasto edellyttää tehtäväksi kaikilla aineilla, joille haetaan hyväksyntää Liikenneviraston käyttöön. Vapaaehtoisin kokein jälkihoitoaineella voidaan osoittaa olevan jokin erityiskohteeseen soveltuva ominaisuus. Luvussa 3 esitetään ominaisuudet, jotka kuhunkin aineryhmään kuuluvasta aineesta on määritettävä sekä viittaus koemenetelmään, jolla ominaisuus tutkitaan.  Muut kuin eurooppalaisen standardoinnin mukaiset koemenetelmät kuvataan tässä ohjeessa.		
<b>Luottamuksellisuus</b>	Julkinen	
<b>Espoo 6.3.2014</b> <b>Laatija</b>  Liisa Salparanta Erikoistutkija	<b>Tarkastaja</b>  Hannele Kuosa Tutkija	<b>Hyväksyjä</b>  Eila Lehmus Tutkimusalueen päällikkö
<b>VTT:n yhteystiedot</b> Teknologian tutkimuskeskus VTT, PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111 (vaihe), fax 020 722 7007		
<b>Jakelu (asiakkaat ja VTT)</b> Tilaaaja VTT kirjaamo		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

## Sisällysluettelo

---

Sisällysluettelo .....	2
1. Varhaisvaiheen ja varsinaisten nestemäisten kalvonmuodostavien betonin jälkihoitoaineiden koeohjelma .....	3
2. Varhaisvaiheen jälkihoitoaineet.....	7
2.1 Testausmenetelmät ja kriteerit.....	7
2.1.1 Vedenpidätyskyky .....	7
2.1.2 Levitettävyys .....	7
2.1.3 Yhteensopivuus betonin kanssa.....	7
2.1.4 Vesiliukoisen kloridin pitoisuus.....	8
2.1.5 Kuivumisaika.....	8
3. Varsinaiset jälkihoitoaineet.....	8
3.1 Koemenetelmät ja kriteerit .....	9
3.1.1 Vedenpidätyskyky .....	9
3.1.2 Levitettävyys .....	9
3.1.3 Yhteensopivuus betonin kanssa.....	9
3.1.4 Vesiliukoisen kloridin pitoisuus.....	10
3.1.5 Kuivumisaika.....	10
3.1.6 Soveltuvuus pystypinnoille .....	10
3.1.7 Vahapohjaisen aineen poistettavuus.....	11
3.1.8 Toimivuus suoralle auringonvalolle altistuvalla pinnalla (Vapaaehtoinen)....	11
3.1.9 Vaikutus pakkas-suolakestävyyteen (Vapaaehtoinen) .....	12
3.1.10 Vaikutus likaantumiseen (Vapaaehtoinen) .....	12
3.1.11 Puhdistettavuus (Vapaaehtoinen) .....	12
Lähdeviitteet.....	13

## **1. Varhaisvaiheen ja varsinaisten nestemäisten kalvonmuodostavien betonin jälkihoitoaineiden koeohjelma**

---

Varhaisvaiheen ja varsinaisten jälkihoitoaineiden koeohjelmat ja hyväksymiskriteerit esitetään taulukoissa 1 ja 2.

Taulukossa 1 esitetään kokeet, joiden tulosten perusteella Liikennevirasto päättää aineiden hyväksynnästä käyttöönsä eli ns. pakolliset kokeet.

Taulukossa 2 esitetään ns. vapaaehtoiset kokeet, joiden tulosten perusteella aineella voidaan osoittaa olevan Liikenneviraston käytön kannalta edullisia lisäominaisuuksia.

Kaikissa muissa kokeissa, joissa käytetään betonia, betoni on CEN/TC 14754-1:n mukaista, paitsi kokeessa, jossa tutkitaan jälkihoitoaineen vaikutusta pakkas-suolakestävyyteen. Pakkas-suolakestävyyskokeessa betonikoekappaleet valmistetaan standardin EN 1766 mukaisesti huokostetusta MC(0,40) betonista.

Taulukko 1. Varhaisvaiheen ja varsinaisten jälkihoitovaiheiden koeohjelmat ja hyväksymiskriteerit. Pakolliset kokeet.

Ominaisuus	Varhaisvaiheen jälkihoitovaiheet		Varsinaiset jälkihoitovaiheet	
	Koe	Kriteeri	Koe	Kriteeri
Tuotetunnistus	EN 1767	-	EN 1767	-
Levitettävyyden Ruiskutus	SILKO-koe Ruiskutus. Testauslämpötilat +5 °C ja +30 °C. Ruiskutus tehdään valmistajan ilmoittamalla menetelmällä. Jos valmistaja ei ilmoita menetelmää, suuttimen $\varnothing \leq 2$ mm ja ruiskutuspainetta on 1 MPa.	- Oltava ruiskutettavaa - Ruisku ei saa tukkeutua	SILKO-koe Ruiskutus. Testauslämpötilat +5 °C ja +30 °C. Ruiskutus tehdään valmistajan ilmoittamalla menetelmällä. Jos valmistaja ei ilmoita menetelmää, suuttimen $\varnothing \leq 2$ mm ja ruiskutuspainetta on 1 MPa.	- Oltava ruiskutettavaa - Ruisku ei saa tukkeutua
Levitettävyyden Telattavuuden harjattavuuden			SILKO-koe Harjatus tai telaus. Testauslämpötilat +5 °C ja +30 °C. Valetaan betonikappaleet. Pintaa teräshierretään. 1 vrk muoteissa muovilla peitettyinä. 1 vrk:n ikäisinä kappaleille levitetään jälkihoitovaihe valmistajan ohjeen mukaisesti telalla tai harjalla.	- Oltava harjattava tai telattava
Yhteensopivuuden betonin kanssa	SILKO-koe Menetelmä 1 CEN/TC 14754-1:n mukaisen vedenpidätysoikeuskappaleen tai kuivumisaikakokeen kappaleen pinnan raaputus veitsellä $\geq 72$ h:n kuluttua valusta. (Menetelmä perustuu ASTM Designation C 309-3:en ja ASTM Designation C 1315-03:en) Menetelmä 2. SILKO-koe Erilliset kappaleet. +21 °C, RH 50 % Pinnan raaputus veitsellä aikaisintaan 10 vrk:n kuluttua valusta.	Pinta ei saa olla pehmeämpi kuin vesijälkihoitettu pinta.	SILKO-koe Menetelmä 1 CEN/TC 14754-1:n mukaisen vedenpidätysoikeuskappaleen tai kuivumisaikakokeen kappaleen pinnan raaputus veitsellä $\geq 72$ h:n kuluttua valusta. (Menetelmä perustuu ASTM Designation C 309-3:en ja ASTM Designation C 1315-03:en) Menetelmä 2. SILKO-koe Erilliset kappaleet. +21 °C, RH 50 % Pinnan raaputus veitsellä aikaisintaan 10 vrk:n kuluttua valusta.	Pinta ei saa olla pehmeämpi kuin vesijälkihoitettu pinta.
Vesiliukoisen kloridin pitoisuus	EN 1744-1, kohta 9	$\leq 0,2$ paino-%	EN 1744-1, kohta 9	$\leq 0,2$ paino-%

Taulukko 1. jatkoa

Ominaisuus	Varhaisvaiheen jälkihoitoaineet		Varsinaiset jälkihoitoaineet	
	Koe	Kriteeri	Koe	Kriteeri
Kuivumisaika	<p>SILKO-koe</p> <p>Valetaan betonikappaleet. Kappaleille levitetään jälkihoitoaine valmistaja ohjeen mukaisesti. Koeolosuhteet +21 °C, RH 50 %, pinnan suuntaisen ilmavirtauksen nopeus n. 3 m/s (Menetelmä perustuu ASTM Designation C 309-3:en ja ASTM Designation C 1315-03:en) Pintaa kokeillaan sormella.</p>	<p>Kosketuskuiva ≤ 4 h</p>	<p>SILKO-koe</p> <p>Valetaan betonikappaleet. Pinta teräshierretään. 1 vrk muoteissa muovilla peitettynä. 1 vrk:n ikäisinä kappaleille levitetään jälkihoitoaine valmistaja ohjeen mukaisesti. Koeolosuhteet +21 °C, RH 50 %, pinnan suuntaisen ilmavirtauksen nopeus n. 3 m/s (Menetelmä perustuu ASTM Designation C 309-3:en ja ASTM Designation C 1315-03:en) Pintaa kokeillaan sormella.</p>	<p>Kosketuskuiva ≤ 4 h</p>
Vedenpidätyskyky	<p>CEN/TC 14754-1</p>	<p>Jälkihoitoaineen on vähennettävä veden haihtumista</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 % 3 h:n kuluessa jälkihoitoaineen levityksestä</li> <li>- 70 % 24 h:n kuluessa jälkihoitoaineen levityksestä</li> </ul>	<p>CEN/TC 14754-1</p>	<p>Jälkihoitoaineen on vähennettävä veden haihtumista</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 75 % 24 h:n kuluessa jälkihoitoaineen levityksestä</li> <li>- 70 % 72 h:n kuluessa jälkihoitoaineen levityksestä</li> </ul>
Vahapohjaisen jälkihoitoaineen poistettavuus			<p>VTT TEST 375-93</p> <p>Valetaan betonikappaleet Pinta teräshierretään. 1 vrk muoteissa muovilla peitettynä. 1 vrk:n ikäisinä kappaleille levitetään jälkihoitoaine valmistaja ohjeen mukaisesti. Aikaisintaan 7 vrk:n kuluttua valusta jälkihoitoaine poistetaan jälkihoitoainevalmistajan suosittelemalla menetelmällä. Jos valmistajalla ei ole suositusta, jälkihoitoaine poistetaan suihkupuhdistamalla. Vesivärin sively pintaan, pyyhkiminen kankaalla. Silmä- ja ihosuojat suojat suurennauslasin avulla.</p>	<p>Ei saa näkyä värjäytymättömiä alueita.</p>
Soveltuvuus pystypinnoille			<p>SILKO-koe</p> <p>Valetaan betonikappaleet. 1 vrk muoteissa muovilla peitettynä. 1 vrk:n ikäisinä kappaleiden pystypinnoille levitetään jälkihoitoaine valmistaja ohjeen mukaisesti. Testausolosuhteet +21 °C, RH 50 %. Aikaisintaan 1 vrk:n kuluttua jälkihoitoaineen levityksestä silmä- ja ihosuojat tarkastus.</p>	<p>Ei saa näkyä valumia</p>

Taulukko 2. (Varhaisvaiheen ja )varsinaisten jälkihoitovaiheiden koeohjelmat ja hyväksymiskriteerit. Vapaaehtoiset kokeet.

Ominaisuus	Varhaisvaiheen jälkihoitovaiheet		Varsinaiset jälkihoitovaiheet	
	Koe	Kriteeri	Koe	Kriteeri
Vaikutus likaantumiseen			<b>SILKO-koe</b> Valetaan betonikappaleet. Pinta teräshierretään. 1 vrk muoteissa muovilla peitettynä. 1 vrk:n ikäisinä kappaleille levitetään jälkihoitovaihe valmistajan ohjeen mukaisesti. Aikaisintaan 10 vrk:n kuluttua valusta: Pintojen väri mitataan. Pinnolle sumutetaan vettä ja nokijauhetta. Pinnat huuhdellaan vedellä. Pintojen väri mitataan.	Vertailu vesijälkihoitettuun pintaan Ei kriteeriä
Puhdistettavuus			<b>SILKO-koe</b> Valetaan betonikappaleet. Pinta teräshierretään. 1 vrk muoteissa muovilla peitettynä. 1 vrk:n ikäisinä kappaleille levitetään jälkihoitovaihe valmistajan ohjeen mukaisesti. Aikaisintaan 10 vrk:n kuluttua valusta: Koekappaleet töhertetään ja puhdistetaan Silmämääräistarkastus	Vertailu vesijälkihoitettuun pintaan Ei kriteeriä
Toimivuus suoralle auringonpaisteelle altistuvalla pinnalla			<b>SILKO-koe</b> Valetaan betonikappaleet. Pinta teräshierretään. 1 vrk muoteissa muovilla peitettynä. 1 vrk:n ikäisinä kappaleille levitetään jälkihoitovaihe valmistajan ohjeen mukaisesti. EN ISO 11507: 170 h UV Aikaisintaan 10 vrk:n kuluttua valusta: Silmämääräistarkastus ja pinnan raaputus veitsellä.	- Ei saa näkyä UV-rasituksen aiheuttamia muutoksia. - Pinta ei saa olla pehmeämpi kuin vesijälkihoitettu vertailupinta
Vaikutus pakas-suolakesätyvyyteen			<b>SILKO-koe</b> Valetaan betonikappaleet. Sideaine CEM I 42,5 R. Pinta teräshierretään. 1 vrk muoteissa muovilla peitettynä. 1 vrk:n ikäisinä kappaleille levitetään jälkihoitovaihe valmistajan ohjeen mukaisesti. CEN/TC 12390-9 laattakoe, 3 % NaCl-liuos.	Rapautuma ei saa olla suurempi kuin vesijälkihoitettujen vertailukappaleiden rapautuma.

## 2. Varhaisvaiheen jälkihoitoaineet

---

Varhaisvaiheen jälkihoitoaineelta silloilla tarvittavat ominaisuudet eivät riipu käyttökohteesta. Tarvittavat ominaisuudet ovat:

- vedenpidätyskyky,
- levitettävyyys,
- yhteensopivuus betonin kanssa,
- vesiliukoisien kloridien pitoisuus ja
- kuivumisaika.

### 2.1 Testausmenetelmät ja kriteerit

#### 2.1.1 Vedenpidätyskyky

##### *Koemenetelmä*

Vedenpidätyskyky testataan CEN/TC 14754-1:n mukaisesti.

##### *Kriteeri*

Jälkihoitoaineen on vähennettävä veden haihtumista 50 % ajanhetkeen 3 h jälkihoitoaineen levityksestä ja 70 % ajanhetkeen 24 h jälkihoitoaineen levityksestä.

#### 2.1.2 Levitettävyyys

##### *Koemenetelmä*

Koe tehdään  $+5 \pm 2$  °C:n ja  $+30 \pm 2$  °C:n lämpötilassa. Aineen lämpötilan tulee olla  $+5 \pm 2$  °C ja  $+30 \pm 2$  °C vastaavasti. Ainetta ruiskutetaan valmistajan ohjeen mukaan 1 000 ml 60 min:n kuluessa. Ruiskutuksen ei tarvitse olla yhtäjaksoista.

Jos valmistaja ei ilmoita menetelmää ruiskutusaineena käytetään  $1 \pm 0,1$  MPa ja suuttimen halkaisija on korkeintaan 2 mm.

##### *Kriteeri*

Aineen on oltava ruiskutettavaa ja ruisku ei saa tukkeutua.

#### 2.1.3 Yhteensopivuus betonin kanssa

Yhteensopivuus voidaan testata kahdella vaihtoehtoisella menetelmällä.

##### *Koemenetelmä 1*

Yhteensopivuus testataan raaputtamalla veitsellä eurooppalaisen standardin CEN/TS 14754-1 mukaisen vedenpidätyskykykokeen tai jäljempänä kuvatun kuivumisaikakokeen koekappaleiden pintaa aikaisintaan 72 h:n kuluttua valusta.

##### *Koemenetelmä 2*

Koe tehdään olosuhteissa  $+21 \pm 2$  °C, RH  $50 \pm 10$  %

Valmistetaan 4 betonikappaletta, joiden jälkihoidettavan pinnan mitat ovat  $\geq 150 \cdot 150$  mm<sup>2</sup> ja paksuus 50 mm. Kaksi kappaletta jälkihoidetaan jälkihoitoaineella valmistajan ohjeen mukaisesti ja ne siirretään RH  $50 \pm 10$  %:iin. Kaksi vertailukappaletta peitetään valun jälkeen muovilla veden haihtumisen estämiseksi. Vuorokauden kuluttua koekappaleiden valmistamisesta



vertailukappaleiden pinnalle laitetaan vesikerros, jota ylläpidetään kunnes kappaleet ovat 7 vrk:n ikäisiä. 7 vrk:n ikäiset kappaleet siirretään RH 50 ± 10 %:iin. aikaisintaan 3 vrk:n kuluttua vesikerroksen poistamisen jälkeen kaikkien koekappaleiden yläpintaa raaputetaan veitsellä.

#### *Kriteeri*

Jälkihoitoaineella jälkihoidettujen kappaleiden pinta ei saa olla pehmeämpi kuin vesijälkihoidettujen vertailukappaleiden pinta.

#### 2.1.4 Vesiliukaisen kloridin pitoisuus

##### *Koemenetelmä*

Vesiliukaisen kloridin pitoisuus mitataan EN 1744-1:n kohta 9:n mukaisesti.

#### *Kriteeri*

Vesiliukaisen kloridin pitoisuus ei saa ylittää arvoa 0,2 paino-%.

#### 2.1.5 Kuivumisaika

##### *Koemenetelmä*

Koe tehdään olosuhteissa +21 ± 2 °C, RH 50 ± 10 % ja pinnan suuntaisen ilmavirtauksen nopeus n. 3 m/s.

Valmistetaan 2 betonikappaletta, joiden jälkihoidettavan pinnan mitat ovat ≥ 150 · 150 mm<sup>2</sup> ja paksuus 50 mm. Jälkihoitoaine levitetään betonin pinnalle valmistajan ohjeen mukaisesti. Pintaa painetaan ajoittain kevyesti sormella. Pinta on kosketuskuiva, kun ainetta ei tartu sormiin ja sen muodostama kalvo tuntuu kiinteältä. Kuivumisaika on aika aineen levityksestä kosketuskuivuuden saavuttamiseen kulunut aika.

#### *Kriteeri*

Kuivumisaika saa olla korkeintaan 4 h.

### **3. Varsinaiset jälkihoitoaineet**

---

Varsinaiselta jälkihoitoaineelta tarvittavat ominaisuudet riippuvat käyttökohteesta. Eri käyttökohteissa silloilla tarvittavat ominaisuudet ovat:

- vedenpidätyskyky
- levitettävyyys: ruiskutettavuus, harjattavuus tai telattavuus,
- yhteensopivuus betonin kanssa
- vesiliukaisen kloridin pitoisuus
- kuivumisaika
- soveltuvuus pystypinnoille, jos ainetta käytetään pystypinnalla
- vahapohjaisen aineen poistettavuus
- toimivuus suoralle auringonvalolle altistuvalla pinnalla, jos ainetta käytetään kovettumisen aikana suoralle auringonvalolle altistuvalla pinnalla
- vaikutus pakkas-suolakestävyyteen, jos ainetta käytetään pakkas-suolarasitukselle altistuvalla pinnalla eikä sitä poisteta
- vaikutus likaantumiseen, jos ainetta käytetään näkyviin jäävillä pinnoilla eikä sitä poisteta
- puhdistettavuus, jos ainetta käytetään näkyviin jäävillä pinnoilla eikä sitä poisteta.

### 3.1 Koemenetelmät ja kriteerit

#### 3.1.1 Vedenpidätyskyky

##### *Koemenetelmä*

Vedenpidätyskyky testataan CEN/TC 14754-1:n mukaisesti.

##### *Kriteeri*

Jälkihoitoaineen on vähennettävä veden haihtumista 75 % ajanhetkeen 24 h jälkihoitoaineen levityksestä. ja 70 % ajanhetkeen 72 h jälkihoitoaineen levityksestä.

#### 3.1.2 Levitettävyyys

##### 3.1.2.1 Ruiskutettavuus

##### *Koemenetelmä*

Koe tehdään  $+5 \pm 2$  °C:n ja  $+30 \pm 2$  °C:n lämpötilassa. Aineen lämpötilan tulee olla  $+5 \pm 2$  °C:n ja  $+30 \pm 2$  °C vastaavasti. Ainetta ruiskutetaan valmistajan ohjeen mukaan 1 000 ml 60 min:n kuluessa. Ruiskutuksen ei tarvitse olla yhtäjaksoista.

Jos valmistaja ei ilmoita menetelmää ruiskutusaineena käytetään n. 1 MPa ja suuttimen halkaisija on korkeintaan 2 mm.

##### *Kriteeri*

Aineen on oltava ruiskutettavaa ja ruisku ei saa tukkeutua.

##### 3.1.2.2 Harjattavuus/telattavuus

##### *Koemenetelmä*

Koe tehdään  $+5 \pm 2$  °C:n ja  $+30 \pm 2$  °C:n lämpötilassa. Aineen lämpötilan tulee olla  $+5 \pm 2$  °C:n ja  $+30 \pm 2$  °C vastaavasti.

Valmistetaan 4 betonista koekappaletta/levitystapa. Kappaleiden mitat ovat  $150 \cdot 150 \cdot 50$  mm<sup>3</sup>. Kappaleiden yläpinta teräshierretään. Valmistuksen jälkeen koekappaleita säilytetään muoteissa muovilla peitettynä. Kun kappaleet ovat 1 vrk:n ikäiset, 2 kappaletta/levitystapa siirretään  $+5 \pm 2$  °C:n ja kaksi  $+30 \pm 2$  °C:n lämpötilaan. 2 tunnin säilytyksen jälkeen muovit poistetaan kappaleiden pinnalta. Kun kappaleiden pinta on mattakuiva, jälkihoitoaine levitetään valmistajan ohjeen mukaan harjaamalla/telaamalla kaikille 4 kappaleelle.

##### *Kriteeri*

Aineen on oltava harjattavaa/telattavaa siten, että ainetta saadaan helposti levitetyksi pinnalle valmistajan ohjeen mukainen kerros.

#### 3.1.3 Yhteensopivuus betonin kanssa

Yhteensopivuus voidaan testata kahdella vaihtoehtoisella menetelmällä.

##### *Koemenetelmä 1*

Yhteensopivuus testataan raaputtamalla veitsellä eurooppalaisen standardin CEN/TS 14754-1 mukaisen vedenpidätyskykykokeen tai jäljempänä kuvatun kuivumisaikakokeen koekappaleiden pintaa aikaisintaan 72 h:n kuluttua valusta.

## *Koemenetelmä 2*

Koe tehdään olosuhteissa  $+21 \pm 2$  °C, RH  $50 \pm 10$  %

Valmistetaan 4 betonikoekappaletta. Kappaleiden jälkihoidettavan pinnan mitat ovat  $\geq 150 \cdot 150$  mm<sup>2</sup> ja paksuus 50 mm. Kappaleiden yläpinta teräshierretään. Valmistuksen jälkeen koekappaleita säilytetään muoteissa muovilla peitettynä. Muovit poistetaan, kun kappaleet ovat yhden vuorokauden ikäiset. Muovien poistamisen jälkeen, kahden koekappaleen pinnalle levitetään vesikerros. Kahdelle koekappaleelle levitetään jälkihoitoaine valmistajan ohjeen mukaisesti, kun pinta on mattakuiva, ja kappaleet siirretään RH  $50 \pm 10$  %:iin. Vesikerrosta ylläpidetään vertailukappaleiden pinnalla, kunnes kappaleet ovat 7 vrk:n ikäisiä. 7 vrk:n ikäiset kappaleet siirretään RH  $50 \pm 10$  %:iin. Aikaisintaan 3 vrk:n kuluttua vesikerroksen poistamisen jälkeen jälkihoitoaineella käsiteltyjen ja vertailukappaleiden jälkihoidettua pintaa raaputetaan veitsellä.

### *Kriteeri*

Jälkihoitoaineella jälkihoidettujen kappaleiden pinta ei saa olla pehmeämpi kuin vesijälkihoidettujen vertailukappaleiden pinta.

#### 3.1.4 Vesiliukoisen kloridin pitoisuus

### *Koemenetelmä*

Vesiliukoisen kloridin pitoisuus mitataan EN 1744-1, kohta 9:n mukaisesti.

### *Kriteeri*

Vesiliukoisen kloridin pitoisuus ei saa ylittää arvoa 0,2 paino-%.

#### 3.1.5 Kuivumisaika

### *Koemenetelmä*

Koe tehdään olosuhteissa  $+21 \pm 2$  °C, RH  $50 \pm 10$  % ja pinnan suuntaisen ilmavirtauksen nopeus n. 3 m/s.

Valmistetaan 2 betonikappaletta, joiden jälkihoidettavan pinnan mitat ovat  $\geq 150 \cdot 150$  mm<sup>2</sup> ja paksuus 50 mm. Kappaleiden yläpinta teräshierretään. Valmistuksen jälkeen kappaleita säilytetään muoteissa muovilla peitettynä. Muovit poistetaan, kun kappaleet ovat yhden vuorokauden ikäiset. Jälkihoitoaine levitetään mattakuivalle betonin pinnalle valmistajan ohjeen mukaisesti. Pintaa painetaan ajoittain kevyesti sormella. Pinta on kosketuskuiva, kun ainetta ei tartu sormiin ja sen muodostama kalvo tuntuu kiinteältä. Kuivumisaika on aika aineen levityksestä kosketuskuivuuden saavuttamiseen kulunut aika.

### *Kriteeri*

Kuivumisaika saa olla korkeintaan 4 h.

#### 3.1.6 Soveltuvuus pystypinnoille

### *Koemenetelmä*

Koe tehdään olosuhteissa  $+21 \pm 2$  °C, RH  $50 \pm 10$  %.

Valmistetaan betonikappale, jonka jälkihoidettavan pystypinnan mitat ovat  $\geq 150 \cdot 150$  mm<sup>2</sup>. Valmistuksen jälkeen kappaletta säilytetään muotissa muovilla peitettynä. Muovi poistetaan, kun kappale on yhden vuorokauden ikäinen. Jälkihoitoaine levitetään mattakuivalle betonin

pystypinnalle valmistajan ohjeen mukaisesti. Aikaisintaan 24 h:n kuluttua aineen levityksestä käsitellyn pinnan ulkonäkö tarkastellaan silmämääräisesti.

#### *Kriteeri*

Jälkihoitoainekäsitellyllä pinnalla ei saa näkyä valumia.

### 3.1.7 Vahapohjaisen aineen poistettavuus

#### *Koemenetelmä*

Koe tehdään olosuhteissa  $+21 \pm 2$  °C, RH  $50 \pm 10$  %.

Betonista valmistetaan koekappale, jonka jälkihoidettavan pinnan mitat ovat  $\geq 150 \cdot 150$  mm<sup>2</sup> ja paksuus 50 mm. Kappaleen yläpinta teräshierretään. Valmistuksen jälkeen koekappaletta säilytetään muotissa muovilla peitettynä. Muovi poistetaan, kun kappale on yhden vuorokauden ikäinen. Muovin poistamisen jälkeen koekappaleelle levitetään jälkihoitoaine valmistajan ohjeen mukaisesti, kun pinta on mattakuiva. Aikaisintaan 7 vrk:n kuluttua valusta jälkihoitoaine poistetaan jälkihoitoainevalmistajan suosittelemalla menetelmällä. Jos valmistajalla ei ole suositusta, jälkihoitoaine poistetaan suihkupuhdistamalla.

Jälkihoitainejäämät tutkitaan menetelmäkuvaksen VTT TEST 375-93 mukaisesti. Peiteväristä valmistetaan vesiväriliuos. Sivellin kastellaan vesiväriliuokseen. Sivellin jätetään märäksi siten, ettei siitä kuitenkaan valu liuosta. Vesiväriliuosta sivellään tutkittavalle alueelle. Alue, jolle liuosta on levitetty pyyhitään välittömästi kuivalla kankaalla ennen kuin vesiväriliuos ehtii kuivua.

Vesiväri värjätty alue tutkitaan silmämääräisesti ja suurennuslasin avulla. Alueissa, jotka ovat värjäytyneet vesivärin väriseksi, ei ole jälkihoitoainetta. Värjäytymättömien alueiden pinnassa on jälkihoitoainetta.

#### *Kriteeri*

Jälkihoitoaineella jälkihoidetussa pinnassa ei saa näkyä värjäntymättömiä alueita.

### 3.1.8 Toimivuus suoralle auringonvalolle altistuvalla pinnalla (Vapaaehtoinen)

#### *Koemenetelmä*

Betonista valmistetaan kaksi koekappaletta, joiden jälkihoidettavan pinnan mitat ovat  $\geq 150 \cdot 150$  mm<sup>2</sup> ja paksuus 50 mm. Kappaleiden yläpinta teräshierretään. Valmistuksen jälkeen koekappaleita säilytetään muoteissa muovilla peitettynä. Muovit poistetaan, kun kappaleet ovat yhden vuorokauden ikäiset. Muovien poistamisen jälkeen, toisen koekappaleen pinnalle levitetään vesikerros. Toiselle koekappaleelle levitetään jälkihoitoaine valmistajan ohjeen mukaisesti, kun pinta on mattakuiva. Vesikerrosta ylläpidetään vertailukappaleen pinnalla, kunnes kappaleet ovat 7 vrk:n ikäisiä. 7 vrk:n iässä koekappale siirretään RH  $50 \pm 10$  %:iin. Välittömästi jälkihoitoaineen levityksen jälkeen jälkihoitoaineella käsiteltyä pintaa rasitetaan standardin EN ISO 11507 mukaisella UV-rasituksella 170 h:n ajan, jonka jälkeen kappale siirretään RH  $50 \pm 10$  %:iin.

Aikaisintaan 3 vrk:n kuluttua UV-rasituksen päättymisen jälkeen kappaleiden koepinta tarkastellaan silmämääräisesti ja pintaa raaputetaan veitsellä.

#### *Kriteeri*

Jälkihoitoaineella käsitelty pinta ei saa olla pehmeämpi kuin vertailupinta eikä siinä saa näkyä UV-rasituksen aiheuttamia muutoksia.

### 3.1.9 Vaikutus pakkas-suolakestävyyteen (Vapaaehtoinen)

#### *Koemenetelmä*

Betonista valmistetaan neljä koekappaletta, joiden mitat ovat 150 · 150 · 50 mm<sup>3</sup>. Betonin on standardin EN 1766 mukaista huokostettua betonia MC(0,40). Kappaleiden yläpinta teräshierretään. Valmistuksen jälkeen koekappaleita säilytetään muoteissa muovilla peitettyinä. Muovit poistetaan, kun kappaleet ovat yhden vuorokauden ikäiset. Muovien poistamisen jälkeen, kahden koekappaleen pinnalle levitetään vesikerros. Kahdelle koekappaleelle levitetään jälkihoitoaine valmistajan ohjeen mukaisesti, kun pinta on mattakuiva. Vesikerrosta ylläpidetään vertailukappaleiden pinnalla, kunnes kappaleet ovat 7 vrk:n ikäisiä. 7 vrk:n ikäiset kappaleet siirretään olosuhteisiin +21 ± 2 °C:n lämpötila ja RH 65 ± 10 %. 25 ± 1 vrk:n ikäisten koekappaleiden muille kuin testipinnoille liimataan kumimatto standardin CEN/TS 12390-9:n mukaisesti ja tästä eteenpäin noudatetaan standardia CEN/TS 12390-9 käyttäen jäädytys-sulatuskokeessa 3-prosenttista NaCl-liuosta.

#### *Kriteeri*

Jälkihoitoaineella käsiteltyjen pintojen rapautuma ei saa olla suurempi kuin vesijälkihoidettujen vertailupintojen.

### 3.1.10 Vaikutus likaantumiseen (Vapaaehtoinen)

#### *Koemenetelmä*

Koe tehdään olosuhteissa +21 ± 2 °C ja RH 50 ± 10 %.

Betonista valmistetaan neljä koekappaletta, joiden jälkihoidettavan pinnan mitat ovat ≥ 150 · 150 mm<sup>2</sup>. Kappaleiden yläpinta teräshierretään. Valmistuksen jälkeen koekappaleita säilytetään muoteissa muovilla peitettyinä. Muovit poistetaan, kun kappaleet ovat yhden vuorokauden ikäiset. Muovien poistamisen jälkeen, kahden koekappaleen pinnalle levitetään vesikerros. Kahdelle koekappaleelle levitetään jälkihoitoaine valmistajan ohjeen mukaisesti, kun pinta on mattakuiva, ja kappaleet siirretään RH 50 ± 10 %:iin. Vesikerrosta ylläpidetään vertailukappaleen pinnalla, kunnes kappaleet ovat 7 vrk:n ikäisiä. 7 vrk:n ikäiset kappaleet siirretään RH 50 ± 10 %:iin.

Aikaisintaan 3 vrk:n kuluttua vesikerroksen poistamisen jälkeen koekappaleiden tutkimuspinnat tarkastellaan silmämääräisesti ja jokaisen tutkimuspinnan väri mitataan spektrofotometrillä vähintään kolmesta kohdasta. Tutkimuspinnat asetetaan pystysuoraan asentoon ja niiden pinnalle sumutetaan kevyesti vesi ja Degussan Printex 300 furnace black -jauheen tai vastaavan seosta. Kun tutkimuspinnat ovat kuivuneet, ne tarkastellaan silmämääräisesti ja niiden väri mitataan. Jälkihoitoainekäsiteltyjen pintojen värin muutoksen alkuperäiseen puhtaaseen pintaan verrattuna ( $\Delta E_{CUR-1}$ ) ja vertailupintojen vastaavan arvon ( $\Delta E_{REF-1}$ ) erotuksen itseisarvo,  $|\Delta E_{CUR-1} - \Delta E_{REF-1}|$ , saa olla korkeintaan 1,0. Tutkimuspinnat huuhdellaan juoksevalla vedellä. Pintojen kuivuttua ne tarkastellaan silmämääräisesti ja niiden väri mitataan.

Värimittaustuloksista lasketaan koepintojen värin muutoksen keskiarvo kokeen lopussa alkuperäiseen puhtaaseen pintaan verrattuna,  $\Delta E_{CUR-2}$  ja  $\Delta E_{REF-2}$ .

#### *Kriteeri*

Jälkihoitoaineen vaikutukselle likaantumiseen ei ole kriteeriä.

### 3.1.11 Puhdistettavuus (Vapaaehtoinen)

#### *Koemenetelmä*

Koe tehdään olosuhteissa +21 ± 2 °C ja RH 50 ± 10 %.

Betonista valmistetaan 6 koekappaletta, joiden jälkihoidettavan pinnan mitat ovat  $\geq 150 \cdot 150$  mm<sup>2</sup>. Kappaleiden yläpinta teräshierretään. Valmistuksen jälkeen koekappaleita säilytetään muoteissa muovilla peitettynä. Muovit poistetaan, kun kappaleet ovat yhden vuorokauden ikäiset. Muovien poistamisen jälkeen, kolmen koekappaleen pinnalle levitetään vesikerros. Kolmelle koekappaleelle levitetään jälkihoitoaine valmistajan ohjeen mukaisesti, kun pinta on mattakuiva, ja kappaleet siirretään RH 50 ± 10 %:iin. Vesikerrosta ylläpidetään vertailukappaleen pinnalla, kunnes kappaleet ovat 7 vrk:n ikäisiä. 7 vrk:n ikäiset kappaleet siirretään RH 50 ± 10 %:iin.

Aikaisintaan 3 vrk:n kuluttua vesikerroksen poistamisen jälkeen koekappaleiden tutkimuspinnat tarkastellaan silmämääräisesti. Kahden jälkihoitoaineella ja kahden vedellä jälkihoidetun kappaleen tutkimuspinnalle tehdään töherryks spraymaalilla, siveltävällä alkydimaalilla ja vedenkestävällä huopakynällä. 35 vrk:n iässä yksi jälkihoitoaineella käsitelty ja yksi vertailupinta puhdistetaan kuumapainepesulla ja yksi soveltuvimmalla puhdistusaineella ja menetelmällä. Kun tutkimuspinnat ovat kuivuneet, ne tarkastellaan silmämääräisesti ja niiden ulkonäköä verrataan töhertämättömään jälkihoitoaineella ja vedellä jälkihoidettuun kappaleeseen.

Töherryksien puhdistuminen arvioidaan numeerisesti asteikolla 0 ... 5. Arvo 0 tarkoittaa, että töherryks ei poistu lainkaan ja arvo 5, että töherryks poistuu täysin. Puhdistumista verrataan vesijälkihoidettujen vertailupintojen puhdistettavuuteen.

#### *Kriteeri*

Tulosta verrataan vesijälkihoidetun pinnan tulokseen. Jälkihoitoaineen vaikutukselle pinnan puhdistettavuuteen ei ole kriteeriä.

## **Lähdeviitteet**

---

1. CEN/TS 14754-1. Curing compounds – Test methods – Part 1: Determination of water retention efficiency of common curing compounds. CEN European Committee for Standardization. 2007. 9 s.
2. CEN/TS 12390-9. Testing hardened concrete – Part 9: Freeze-thaw resistance – scaling. 2006. 24 s.
3. EN 1744-1. Kiviainesten kemiallisten ominaisuuksien testaus. Osa1: Kemiallinen analyysi. March 1998. 43 s.
4. EN ISO 2813. Maalit ja lakat. Peilikiillon määrittäminen ei-metallisille maalikalvoille kulmilla 20°, 60° ja 85°. 1999. 26 s.
5. EN ISO 11507. Paints and varnishes. Exposure of coatings to artificial weathering. Exposure to fluorescent UV and water. 2007. 13 s.
6. Technischen Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel – TL NBM-StB 09. Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen. Köln. 2009. 32 s.