

Kemiska metoder för ökad beständighet av betongkonstruktioner

Laboratorieförsök och fältstudier



**Hans Hedlund / Thomas Blanksvärd Skanska Sverige AB
och Katarina Malaga, CBI**

2015-05-31

Förord

Projektet har genomförts av CBI och Skanska Sverige AB med stöd av SBUF. De laborativa studierna har genomförts av CBI och SP, sammanställningen och koordineringen av resultaten har genomförts av Skanska Sverige AB och då speciellt Skanskas teknikresurs Teknik.

Vi i projektgruppen vill tacka alla finansiärer enligt nedan som gjort det möjligt att genomföra detta projekt.

- SBUF - Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond
- Skanska Sverige AB
- CBI/SP
- Sto Scandinavia AB
- Wacker-Kemi AB

Göteborg, Maj 2015

Hans Hedlund, Thomas Blanksvärd och Katarina Malaga

Sammanfattning

Rapporten sammanfattar resultat från ett forskningsprojekt delfinansierat av SBUF. Projektet omfattar dels laboratorieförsök samt fältstudier. All praktiskt arbete i samband med laboratorieförsöken utfördes på CBI i Borås och på C.lab, Thomas Concrete Group.

Ett av delmålen i den laborativa studien var att undersöka om impregneringar och så kallade konsolideringar (djupimpregnering med syfte att förstärka den inre strukturen på betong) kan öka mekanisk beständighet av betong. Skyddsimpregneringar inom byggbranschen används för att förhindra vatten- och saltinträning i betongkonstruktioner. Den så kallade vattenavvisande effekten är bara en av de egenskaperna som en impregnering kan tillföra betong. Konsolidering som ett begrepp och fysik process är flitigt använd inom konservatorsbranschen. Tyvärr inom betong finns det få exempel på tillämpning eller användning av t. ex. silaner utan vattenavvisande effekt men med en konsoliderande egenskaper. Studien visar på en stor potential för utveckling av den här typen av skyddsbehandlingar med konsolideringspreparat, speciellt på en ökning av vidhäftningshållfastheten i betongens yta.

Ett annat delmål med den laborativa studien var att undersöka hur skyddsimpregneringar i form av hydrofoberande produkter och/eller tätskikt kan skydda betong mot nedbrytningseffekter så som inträngning av vatten, klorider samt karbonatisering. Resultaten indikerar tydligt att skyddsimpregneringar och ytskyddsprodukter kan användas för att reducera kloridinträning, karbonatisering och vattenabsorption. Studien har även visat att det är viktigt att rätt typ av produkter används med påvisad inträngningsförmåga och fullgod hydrofoberande funktion. Det finns kommersiellt tillgängliga produkter som inte har någon påvisad uppgraderande förmåga på varken kloridinträning, karbonatisering eller frostpåverkan. Ett enkelt sätt för beställare, förvaltare och entreprenörer att säkerställa att rätt produkter används, med bevisad funktion, är att föreskriva och tillämpa produkter som typgodkänts enligt SS-EN 1504-2 och CE märkts.

Projektets resultat bedöms ha en ekonomisk potential för fastighetsägare, förvaltare, entreprenörer och aktörer inom prefabricerad betongtillverkning. Denna potential ligger inom att förbättra den tekniska livslängden så att framtida drift och underhållkostnader sannolikt kan bli lägre än för en obehandlad konstruktion. Alltså finns det potential att kvalitetssäkra konstruktionens beständighetsfunktion och därmed ges en möjlighet att bedöma ökningen av teknisk livslängd, dvs livslängdsdimensionering.

Innehåll

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE	2
1.3	AVGRÄNSNINGAR	2
1.4	METODIK	2
2	LITTERATURSTUDIE	3
3	LABORATORIEFÖRSÖK	7
3.1	PROVKROPPAR	7
3.2	PROVNINGSPROGRAM	11
3.2.1	<i>Inledning</i>	11
3.2.2	<i>Etapp 1</i>	11
3.2.3	<i>Etapp 2</i>	11
3.3	RESULTAT	12
3.3.1	<i>Tryckhållfasthet</i>	12
3.3.2	<i>Inträngningsdjup</i>	12
3.3.3	<i>Vidhäftningshållfasthet</i>	13
3.3.4	<i>Frostbeständighet</i>	14
3.3.5	<i>Inverkan på betongens uttorkning</i>	14
3.3.6	<i>Inverkan på betongens vattenabsorption och motstånd mot alkali</i>	15
3.3.7	<i>Karbonatiseringsmotstånd</i>	16
3.3.8	<i>Inverkan på betongens kloridupptagningsförmåga</i>	16
3.3.9	<i>Nötningsmotstånd</i>	17
4	FÄLTPROVNING	19
4.1	UTFÖRANDE	19
4.2	RESULTAT	20
4.2.1	<i>Kloridanalyser</i>	20
4.2.2	<i>Vattenabsorption och inträngningsdjup</i>	21
5	SLUTSATS OCH DISKUSSION	23
6	FRAMTIDA FORSKNING	25
7	REFERENSER	27

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I de fall där en konstruktionsdel har en sämre beständighet eller kvalitet än förutsatta kriterier så kommer denna, utan åtgärder, att brytas ner i förtid och/eller kräva mer underhållsåtgärder för att fylla sin funktion. Om konstruktionen är belägen i en omgivande miljö där påfrestningarna är stora blir ofta eventuella åtgärder kostsamma. En snabb och effektiv reparation eller uppgradering av konstruktionens kvalitet skulle avsevärt minska framtida kostnader för underhåll och rehabilitering.

Trafikverket föreskriver att exponerade betongytor kan ytbehandlas, med syfte att reducera inträngningen av klorider och vatten. Detta föreskrivs i TRVK Bro 11, vilken är Trafikverkets regelverk för tekniska krav på broar. I detta regelverk står skyddsimpregnering förskrivet i D1.3.4, det förekommer således inga direkta krav på att utsatta ytor ska skyddsimpregneras. Vidare hänvisningar TRVK Bro 11 till AMA Anläggning LFB.311 ”Skyddsimpregnering av betongytor i bro mot inträngning av klorider och vatten”. Kraven på skyddsimpregnering i AMA Anläggning LFB.311 bygger på SS-EN 1504-2, tabell 4. Kraven på vattenavvisande impregneringsmedel fokuserar på skyddsimpregneringens effekt på vattentransport (in och ut), kloridmigration och frostbeständighet för behandlade provkroppar i relation till icke-behandlade provkroppar. Utförandet av skyddsimpregnering ska ske i enlighet med SS-EN 1504-10. Varken TRVK Bro 11 eller AMA Anläggning, LFB.3 avser skyddsimpregnering som en renoveringsåtgärd eller uppgradering av betongkvalité. Dock så medför en väl utförd skyddsimpregnering mot inträngning av klorider och vatten att korrosionsprocessen kan reduceras och att livslängden i sådana fall ökar relaterat till en konstruktionsdel som inte fått denna typ av ytskydd.

Tidigare utredningar, vissa finansierade av SBUF(SBUF 2110) under 1990-talet, Johansson (1993), har kastat ljus på äldre produkter. Idag finns det flera produkter som har möjlighet att förbättra motståndet mot nedbrytningsmekanismer. Dock är det viktigt att de produkter som tillämpats har bevisad funktion, dvs. genom att uppfylla kraven i SS-EN 1504-2. Produkternas huvudsakliga funktion är att stoppa inträngning av skadliga ämnen och/eller att stärka materialets struktur. Det finns dessvärre inget undermedel som löser alla problem. Som skyddsimpregnering har följande kategorier identifierats:

- Konsolideringspreparat (djupimpregnering) som kan förstärka den inre strukturen av betongen.
- Ytbehandla de utsatta ytorna med hårdplaster (ett sätt att skydda betongytor mot vatten och saltinträngning). Exempel på dessa är polyuretaner och epoxy. De flesta av dessa är icke permeabla. Dock finns det ett antal nya produkter som man blandar med vatten och organiskt lösningsmedel och dessa sägs vara diffusionsöppna t.ex vattenburna epoxiprodukter. I Sverige används polyuretaner som rostskyddsimpregnering på vägbroar, cykel-och gångbroar. I andra typer av konstruktioner, t.ex. parkeringsdäck, används inte polyuretaner på ytor som är direkt exponerade mot nederbörd och solljus i någon större utsträckning.
- Vattenavvisande impregneringsmedel för att förhindra klorid- och vatteninträngning som appliceras på betongytan för att skapa en hydrofob effekt.

Förenklat kan en hydrofobering ses som ett membran där vattendroppar förhindras att tränga in i ytan medan vattenånga tillåts passera. De drivkrafter som ligger bakom armeringskorrosion är främst kloridinträngning och karbonatisering. Kloridjoner, kräver en kontinuerlig vätskefas för att tränga in i betongkonstruktionen. Inträngningen av kloridjonerna reduceras, alternativt förhindras helt, genom en lyckad hydrofobering. I vissa situationer kan hydrofoberingen även ha en permanent fukthaltssänkande funktion när till exempel regn hindras från att tränga in, medan vattenånga kan diffundera ut under varma dagar. Karbonatiseringshastigheten påverkas inte direkt av en hydrofobering utan det är i de situationer där fuktnivån förändras som en förändrad karbonatiseringshastighet kan observeras.

En förutsättning för att kunna utnyttja hydrofoberingens positiva egenskaper är att medlet, och dess aktiva substans, lyckas tränga in i betongkonstruktionen. Om medlet inte får tillräckligt inträngningsdjup och endast täcker ytan kan effekten av hydrofoberingen avta relativt snabbt.

1.2 Syfte

Impregnering, hydrofoberande impregnering eller ytbehandling med kemiska medel innebär att beständigheten hos en betongkonstruktion kan uppgraderas. Därigenom har detta projekt två potentiella områden där projektets resultat är av intresse:

- 1) Uppgradering och reovering av befintliga (gamla) betongkonstruktioner
- 2) Vid mindre kvalitetsavvikelser hos nyproducerade betongkonstruktioner kan eventuell kassering eller andra omfattande åtgärder minskas.

Projektet syftar till att ge underlag och rekommendationer för bedömning av möjliga och lämpliga metoder och ytbehandlingar för att med kemiska medel förbättra beständigheten. I en första studie avses att betrakta några möjliga åtgärder som är lämpliga för nyproduktion såväl som vid reovering och uppgradering av befintliga betongkonstruktioner.

I projektet har det genomförts både laborativa studier och fältförsök på effekten av impregnering och ytbehandling. I detta projekt har fokus varit på ytbehandlingar i form av hydrofoberingar och olika icke permeabla skikt, t.ex. polyuretan, samt konsolideringspreparat. Vidare, inom projektet, så har främst produkternas effekt på konstruktionernas beständighet studerats.

1.3 Avgränsningar

Studien omfattar inte kristaliserande medel. De ytskyddsmedel och metoder som tillämpats är begränsade till kommersiellt tillgängliga produkter.

De resultat som presenteras i rapporten bygger dels på laboratorieundersökningar samt fältstudier, flertalet provkroppar har studerats men i rapporten har ingen hänsyn tagits till statistisk tillförlitlighet.

Vidare, inom projektet, så har främst produkternas effekt på konstruktionernas beständighet studerats. Dock är nedbrytningsmekanismerna begränsade till att omfatta inträngningsdjup, vidhäftning, kloridinträning och frostbeständighet.

I de laborativa studierna så har de utprovade betongkvaliteterna endast omfattats av vct 0.40, 0.55 samt 0.70.

Formmaterialet som används utgörs av brädor för att få en motgjutningsyta som bäst representerar den hos betongliga konstruktioner.

Tryckhållfastheten är taget från 3 kuber för respektive betongsammansättning, kuberna har gjutits i standardformer eftersom att syftet var att prova de mekaniska egenskaperna.

Konsolidering omfattar endast silaner utan vattenavvisande (hydrofob) effekt, i denna rapport har endast en kommersiellt tillgänglig produkt tillämpats och utvärderats.

1.4 Metodik

Projektet har utförts genom att först studera den aktuella situationen för ytskyddsmetoder och vad tidigare studier påvisat. Denna studie omfattar en kortare litteraturstudie om impregnering och ytbehandling. Efter att litteraturstudien genomförts så har olika kommersiellt tillgängliga produkter valts ut till en laborativstudie där både genomförandem funktion och verkanssätt utvärderats. Parallellt med den laborativa studien så har även ett mindre antal impregneringsprodukter tillämpats i fältförsök där exponeringsmiljön varit reell. Under projektets gång så har effekten från produkterna och behandlingsmetoder utvärderats och denna rapport summerar resultat samt slutsats och diskussion.

2 Litteraturstudie

I USA har man studerat ytskydd sedan 1970-talet. I Powell m.fl. (1993) behandlas djupimpregnering med polymerer för att skydda brobanepattan från armeringskorrosion. De berättar om två försök som utfördes i Bethlehem 1975 resp. Boalsburg 1985 på två broar i Pennsylvania. Ett begränsat område av vardera brobanepattan impregnerades med metylmetakrylat. Utifrån mätningar av kloridinnehåll, korrosionspotential, korrosionshastighet och resistivitet från Boalsburg dras slutsatsen att kloridinträngningen sker långsammare i den impregnerade betongen, men att skillnaden varierar kraftigt med såväl tid som djup. Efter nio år är skillnaden störst på djupet 25-38 mm; inträngningen går c:a 40 % långsammare i den impregnerade betongen. Mätningar av korrosionshastigheten gav tydligare besked; i den ickeimpregnerade referensbetongen var farten 2,5 gånger högre än i den impregnerade betongen. I Bethlehem var skillnaderna ännu större; här rostade armeringen i den icke-impregnerade betongen 10 gånger snabbare.

F. Andrews-Phaedonos (1994) rapporterar om användningen av ytskydd på en slakarmerad australiensisk bro utanför Melbourne. Tre typer av skyddsbeläggning (innehållande silan, polymermodifierat cement respektive epoxi) undersöktes. Då artikeln skrevs hade ytskydden bara varit i bruk två år. De befanns samtliga vara i god kondition, men som författaren påpekar i sin artikel krävs uppföljande mätningar innan slutgiltiga slutsatser kan ges.

Lars Johansson, CBI, (1993) har gjort en mycket gedigen genomgång av ytbehandling av betongkonstruktioner. Han behandlar en lång rad olika färger, plaster, oljor, epoxi, silaner m.fl. Han går även igenom materialval, utförande, kvalitetssäkring och miljöaspekter. Det har dock hänt mycket på detta område under de senaste 15 åren, inte minst vad gäller djupimpregnering med silaner och siloxaner.

Storbritannien besitter en stor kompetens inom reparation och underhåll av betongkonstruktioner. Enligt Hurley (2001) har silaner, siloxaner och silikon framgångsrikt använts som "breathable", diffusionsöppna, ytskydd av betong- och murverkskonstruktioner under minst tio-femton år (år 2000). Brittiska TRL har bidragit starkt till utvecklingen av nya provningsmetoder för godkännande av impregneringsmedel (EN 13579 – 13581, 2002).

I Stockholms stad har man goda erfarenheter av att impregnera betong som skydd mot salt och vatten. Folke Karlsson (1997) hävdar att salt och vatten antingen är orsaken till eller en påskyndande faktor för de flesta skademekanismer i betong. Kan betongen hållas fri från salt och vatten kommer risken för skador därmed att minska högst väsentligt. En perfekt betong behöver inte något ytterligare skydd, men sådan är svår att åstadkomma. Särkilt utsatta brodelar bör därför behandlas med ytskydd. För utomhuskonstruktioner måste betongen kunna andas, vilket betyder diffusionsöppna system. Vattenånga skall kunna komma ut ur betongen, men vatten i vätskefas hindras från att tränga in. Folke Karlsson hänvisar till materialprovningen vid dåvarande Stockholm Konsult och dess framgångsrika och omfattande försöksserier som visar att silan- och siloxanpreparaten i kraft av sin diffusionsöppna karaktär och hydrofoba förmåga mycket väl uppfyller dessa krav. För att impregneringen skall fungera väl krävs att impregneringsmedel tränger in i betongen.

Silaner och siloxaner på betongens yta bryts så småningom ned av solens ultravioletta ljus. Siloxan har större molekylstorlek än silan och har därför svårare att tränga in i betongen, varför användningen av siloxaner bör begränsas till betongkonstruktioner med grovporig ytstruktur eller begränsad livslängd. För att få ett gott resultat är det viktigt att betongen är ren och fri från smuts, olja och andra föroreningar vid appliceringen av impregneringspreparaten. Preparatet kan antingen appliceras i vätskefas eller som beståndsdel tillsammans med en förtjockare. Inträngningsdjupet ökar med ökande kapillärsugningstid, minskande fuktinnehåll i betongen och minskande täthet. Med olika dispergeringar som förlänger denna nås väsentligt längre kapillärsugningstid och Karlsson rekommenderar därför denna teknik för konstruktioner i högvärdig betong med högt fuktinnehåll, svåråtkomliga konstruktionsdelar, prefabricerade

betongpelare som flottas ut i saltvatten, betongkonstruktioner som utsätts för både tösaltning och nötning samt betongkonstruktioner som måste klotterskyddas och klottersaneras.

Frågor kring kombination av klotterskydd och impregnering har också studerats av dåvarande Stockholm Konsult i en artikel av Bertil Nyman (1998). Det är bättre att förekomma klotttrarna än att förekommas av dem. Försök visar att klotterskydd som appliceras på en redan utförd impregnering fungerar effektivt mot klotter (klottrats inträngning befanns sjunka från 2-3 mm till 0,4 mm) utan att impregneringens skyddseffekt mot salt och vatten försämras. Måste man däremot först klottersanera, om kemiska bekämpningsmedel finns på ytan får silaner svårt att tränga in i betongen och impregneringens skyddande effekt försämras avsevärt.

Vid en impregnering förändras betongens fuktmekaniska egenskaper från hydrofila till hydrofoba. Denna förändring påverkar transporten av ånga och vätska samt i förlängningen även ämnen lösta i vätskan t.ex. salter. En förutsättning för att förstå vad detta innebär för betongkonstruktionen är att känna till hur ångdiffusionskoefficienten påverkas. I Johansson m.fl (2006) undersöks två betonger med vattencementtalet 0,8 respektive 0,45 med koppmetoden för att bestämma ångdiffusionskoefficienten. Hälften av provkropparna impregnerades med isoocetyltriethoxysilan med kapillär uppsugning och den andra halvan lämnades obehandlad. Silanen är en av de mest använda på svenska marknaden. Fyra olika saltlösningar användes i kopporna med mellan 85 och 97 % relativ fuktighet och omgivande klimat hölls vid 50 % RF. Viktminskningen mättes varje vecka tills ett konstant flöde uppnåts. Bland slutsatserna märks: Ångdiffusionskoefficienten för aktuell silan är nära konstant och inte alls så beroende av relativa fuktigheten som obehandlad betong. Skillnaden är mest markant vid höga RF vilket förklaras med att transporten i vätskefas är nära noll för de impregnerade proverna till skillnad från de obehandlade där denna transport är dominant.

I Sadouki & Wittman (1998) presenteras ett liknade utseende på transportkoefficienten baserat på uttorkningsförsök och en numerisk analys. Detta principiella utseende på transportkoefficienten förklarar den sänkning av RF som under gynnsamma förhållanden kan uppkomma genom en impregnering Johansson m.fl (2008). Skatteskrapan i Stockholm, byggd 1959, är ett bra exempel på detta. Byggnaden 81 m hög, fristående och klädd med förtillverkade betongelement. Dessa hade flera fuktproblem. Ett byte av alla fasadelementen skulle bli mycket dyrt. Man valde istället att försöka sänka fuktigheten. Tre ställen på byggnaden valdes för jämförande provning: på markplanet mot väster, nära taket mot norr och mot söder. De tre fasadelementen behandlades med isoocetyltriethoxysilan två gånger samma dag. Två element vid varje provställe användes som referens. Mätningar som utfördes under 2003 och 2004 visade ingen sänkning av relativa fuktigheten på byggnadens norra sida. På västra och södra sidan erhöles en tydlig sänkning i storleksordning 20 %. Armeringens livslängd bedömdes kunna öka med 20–30 % och expansionen av svällande lera minskar på grund av den sänkta fuktigheten.

Impregneringens kvalitet är avgörande för ytskyddets funktion. Kvaliteten är i sin tur kopplad till inträngningsdjupet. Sycon Stockholm Konsult (numera Grontmeij) har arbetat vidare med denna fråga i ett examensarbete Bofeldt (2001) och Bofeldt & Nyman (2001). I examensarbetet studeras inverkan av relativ luftfuktighet RH, vattencementtal vct och kapillärsugningstid på inträngningsdjupet. Bland resultaten kan nämnas att kvoten i inträngningsdjup mellan studiens mest gynnsamma (vct = 0,70, RH = 65 %) och mest ogynnsamma kombination (vct = 0,40, RH = 90 %) var c:a 30. Johansson m.fl (2007) konstaterar att impregneringsmedlets inträngning i betong beror huvudsakligen på tid, porositet och fuktnivå. En empirisk formel har tagits fram där det framgår hur dessa tre faktorer påverkar det slutliga inträngningsdjupet. Liknade slutsatser dras även i Hankvist & Karlsson (2001), Gerdes & Wittmann (2001), Meier & Wittmann (2001).

Impregneringens inverkan på beständigheten i självkompakterande betong har undersökts i ett annat examensarbete i samarbete med Skanska, Olsson & Sjödin (2002). Laboratorieprov med husbyggnads- och

anläggningsbetong studerades under några månader. En viktig slutsats i projektet var att impregneringen inte kunde påvisas ge någon mätbar effekt på beständigheten hos anläggningsbetongen, däremot hos husbyggnadsbetongen. En fråga är då om det är onödigt att impregnera anläggningsbetong. Alternativt skulle täckskikten kunna minskas i konstruktioner med anläggningsbetong om dessa impregneras. Dessa frågor ventilerades även på ett speciellt seminarium kring ytskydd som arrangerades på CBIs informationsdag den 13 mars 2003. Korta exponeringstider i laboratorieförsök ger emellertid osäkra bedömningar om långtidseffekter.

Impregneringsmedel har använts för att minska vatteninträning i byggnader i många år. Trots detta är det ännu inte möjligt att utvärdera beständigheten utan långtidsförsök. I Buttner & Raupach (2008) analyseras olika möjliga nedbrytningsmekanismer (karbonatisering, UVljus och hög alkalitet) i ett försök att skapa tillförlitliga accelererade försök. Kontaktvinkel, absorption och inträngningsdjup beaktas i försöken. Hur impregneringarna fungerar på längre sikt har även studerats empiriskt av Carl Bro (numera Grontmeij). Mätningar som refereras i Alberto León & Bertil Nyman (2001) visar att impregnering med silan/siloxan kan ha stor effekt på vattenabsorptionen nio år efter behandlingen. I dagsläget används i de flesta fall silanbaserade impregneringar tillsammans med någon form av förtjockare för att förlänga kapillärsugningstiden. Ingenting talar för att de moderna impregneringsmedlen skulle ha en sämre långtidseffekt än de som användes på tidigt 1990-tal. En uppföljning på dessa mätningar genomfördes av Johansson m.fl (2008) där en avtagande effekt kunde noteras men att den låg inom felmarginalen och att den var mycket låg. I slutsatserna konstateras i stället att det mesta talar för att en väl utförd impregnering har en livslängd på åtminstone 15 år och förmodligen betydligt längre än så. I Shuere m.fl (2008) presenteras en uppföljning av en impregnering utförd på en större kajkonstruktion av armerad betong byggd 1993. Impregneringen med silan ger en tydlig positiv inverkan efter 3, 5 och 12 års exponering. Laboratieprovningar visar att inträngning i genomsnitt är 3,5 mm med 8 mm som största värde.

Silaner eller mera korrekt alkylalkoxysilaner som används i impregneringsmedel för betong har funnits sedan 1940-talet för att binda organiska ämnen med oorganiska men det var först när militären i USA började visa intresse för glasfiberkompositer som behovet för starka och beständiga bindningar mellan fiber och matris började växa fram, Plueddemann (1991). I Arkles m.fl. (1977) finns en utförlig beskrivning av polymerisationen från silan, via siloxan till silikonharts.

När vattenavvisande ytbehandlingar började användas på betongkonstruktioner fanns ett stort antal olika silaner och siloxaner på marknaden men via praktiska erfarenheter och försök har antalet begränsats. I t.ex. De Clercq m.fl. (2001) och Gerdes m.fl. (2005), där storleken på alkyl- och alkoxygruppernas inverkan på reaktionsbenägenheten i betong studerats, ses bland annat att metoxygrupper reglerar avsevärt mycket snabbare än etoxygrupper samt att större alkylgrupper fördröjer alkoxygruppens reaktion markant. Gammal betong är ofta karbonatiserad vilket medför att pH-miljön (pH-värdet) drastiskt sänks i ytskiktet. I Osterholtz m.fl. (1991) presenteras en sammanställning av polymerisationshastighetens pH-beroende och även om det finns variationer så antar kurvan en V-form på en log-skala med minimum kring pH-värdet 67. I fallet betong och karbonatisering handlar det om en pH-sänkning från ca 13 till 9. Det skulle enligt Osterholtz i sådana fall innebära att polymerisationshastigheten sänks med en till två tiopotenser. Exakt vilken silan eller siloxan som är optimal varierar självklart med vilka förutsättningar (betong, fuktnivå, pH-värde m.fl.) som gäller vid impregneringen men nästan alla impregneringsmedel som finns på marknaden idag använder alkyltriethoxysilaner med tre till åtta kolatomer i alkylgruppen.

Fukt är grunden till de flesta skador i betongkonstruktioner utomhus. Det gäller för frostsador, alkaliskreaktioner (AKR) och armeringskorrosion. Hur olika skadeförlopp påverkas av fuktförhållanden och hur de kan förebyggas är nödvändig kunskap när nya byggnader skall uppföras eller när reparationer

ska utföras. Genom att välja en tät betong och stora täcksikt till armeringen skapas förutsättningar för en god beständighet. Ett sätt att ytterligare förbättra beständigheten är att impregnera betongytorna med silaner och siloxaner. Erfarenheten från impregnering på betongbroar och resultaten från experimentella studier visar att impregneringen ger ett förbättrat skydd mot fukt och aggressiva ämnen i minst tio år. Brodelar eller andra specificerade ytor ska skyddsimpregneras mot inträngning av klorider och vatten om så byggherren anger, enligt Trafikverket (TRVK Bro 11, 2011). Den här typen av system har varit i bruk i mer än 20 år. Man vet med hjälp av mätningar att skyddet fungerar men inte säkert om det är nödvändigt. En livskostnadsykel Silfwerbrand (2008) visar emellertid att den vattenavvisande behandlingen är kostnadseffektiv.

3 Laborieförsök

3.1 Provkroppar

Tillverkning och preparering av provkroppar är genomförda av Thomas Concrete Group AB, C.lab, i Göteborg. De genomförda försöken är uppdelade i två etapper:

- **Etapp 1.** Tre betongsammansättningar studeras (vct=0,40, 0,55 samt 0,70). 12 kuber ($100 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$) samt 15 plattor varav 12 plattor för provning av ytbehandlingsprodukter och 3 plattor som referensprov ($300 \times 300 \times 100 \text{ mm}^3$). Plattorna gjöts med de tre olika betongsammansättningarna.
- **Etapp 2.** En betongsammansättning skall studeras (vct=0,70) och totalt 66 kuber ($100 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$) har gjutits.

I princip var betongen sammansatt enligt SS-EN 1766, dock med några förändringar:

- Vattencementtal, vct=0,40, 0,55 samt 0,70. Enligt SS-EN 1766 skall vct vara 0,40, 0,45 samt 0,70.
- Cement. Cementa Anläggningscement, CEM I 42.5 N MH/SR/LA. Enligt SS-EN 1766 skall cementet vara CEM I 42.5 R.
- Ballast. Gradering på ballast enligt den siktkurva som finns i SS-EN 1766 (figur A.2)
- Blandningsvatten, enligt SS-EN 1008.
- Tillsatsmedel, enligt SS-EN 934-2.

Provkropparna tillverkades så att de fick så pass representativa formtyper som möjligt. Eftersom det aktuella projektet syftar till att uppgradera beständigheten hos befintliga betongkonstruktioner har brädor valts som formmaterial och motgjutningsyta. Följande utformningar av formar kommer att användas i etapp 1, per betongblandning eftersom att det är fördelaktigt att ha nya formar inför varje gjutning:

- **Kuber.** Balkar ca $600 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$ tillverkades av brädor. Provkropparna/kuberna sågades ut från balkarna, vilket gav totalt 6 stycken kuber per provkropp med måtten $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$. 2 balkformar tillverkades per betongsammansättning.
- **Plattor.** Plattor ca $300 \times 300 \times 100$ tillverkas av brädor. Totalt tillverkas 15 plattformar per betongsammansättning (12 provkroppar för provning av ytbehandlingsprodukter och 3 provkroppar som referenser).

Provkropparna (plattor, $150 \times 150 \times 100 \text{ mm}^3$, för bestämning av vidhäftning och kuber, $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$, för bestämning av inträngningsdjup) har tillverkats av tre olika betongkvaliteter (vct=0,40, 0,55 samt 0,70). I tillägg har dessutom tre kuber av varje betongsammansättning tillverkats för bestämning av tryckhållfasthet efter 7 dygn och 28 dygn. Provkropparna har gjutits i obehandlade brädformar medan kuberna har gjutits i standardformar ($150 \times 150 \times 150 \text{ mm}^3$). Brädformarna har tillverkats speciellt för ändamålet och för att underlätta tillverkningen har inga kubformar tillverkats. Istället har balkformar (ca $600 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$) tillverkats där kuber (ca $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$) kommer att sågas ut. Figur 1 till Figur 4 visar formar innan och efter gjutning.



Figur 1. Balkformar (ca $600 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$) som har använts för att tillverka kuber (ca $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$). Kuberna sågas ut från balkformarna (6 kuber per form). Formarna är fyllda med vatten inför gjutning.



Figur 2. Plattformar (ca $300 \times 300 \times 100 \text{ mm}^3$) som har använts för att tillverka plattor. Formarna är fyllda med vatten inför gjutning.



Figur 3. Balk- och plattformar precis efter gjutning.



Figur 4. Utseende på avformad provkropp tillverkad av betong med $v_{ct}=0,70$. Skador orsakade av betong som har fastnat i träformen syns vid ränderna på formen.

Tabell 1 visar de olika betongsammansättningar som använts. Konsistens för samtliga betonger har valts till S3, där konsistensen har justerats genom att sätta till plasticerande tillsatsmedel.

Tabell 1. Olika betongsammansättningar.

	vct=0,40 [kg/m ³]	vct=0,55 [kg/m ³]	vct=0,70 [kg/m ³]
Cement			
CEM I 42,5 N BV/SR/LA (Cementa Degerhamn Anläggningscement)	425,0	330,0	275,0
Grus			
0/4 Sand I	574,5	499,0	429,6
0/8 Sand II	178,2	366,9	556,0
Sten			
4/8 Sten I	216,2	185,5	150,0
8/16 Sten II	828,9	797,8	731,1
Tillsatsmedel			
Superplasticerare (tillsätts för att justera betongens konsistens till S3)	2,125 (0,50 % av cementvikten)	1,320 (0,40 % av cementvikten)	0,825 (0,30 % av cementvikten)
Vatten	170,0	181,5	192,5

Gjutning av provkroppar och kuber gjordes 2011-03-16 (vct=0,70), 2011-03-21 (vct=0,40) samt 2011-03-23 (vct=0,55). Före gjutning har samtliga träformar fyllts med vatten under minst 1 dygn för att inte suga vatten från betongen. Efter gjutning av har provkropparna lagrats i formarna 6 dagar (vct=0,70), 5 dagar (vct=0,55) samt 2 dagar (vct=0,40). Efter avformning har provkropparna lagrats inplastade i laboratoriehallen ($T \approx +20^\circ\text{C}$). Kubformarna har avformats efter 1 dygn och sedan lagrats i vattenbad ($+20^\circ\text{C}$) fram tills provning (7 dygn och 28 dygn).

Vid avformning av provkroppar med vct=0,70 fastnade en del betong i träformen med följd att ytan på provkropparna, speciellt runt kanterna, blev något skadad, se foto i Figur 4. En förklaring är att cementhalten i denna betong är låg ($C=275 \text{ kg/m}^3$) samt att Anläggningscement, som har en långsam hållfasthetsutveckling, har använts. Detta resultat i en långsam hållfasthetsutveckling och att betongen i provkropparna har haft en relativt låg hållfasthet vid avformning. Vid avformning av provkroppar tillverkade av övriga betongkvaliteter (vct=0,40 och 0,55) fastnade ingen eller endast lite betong i träformarna. Samtliga provkroppar skickades till CBI Borås 2011-03-29.

3.2 Provningsprogram

3.2.1 Inledning

Resultaten och allt praktiskt arbete som beskrivs i denna del av rapporten är utfört på CBI i Borås. Målet var att undersöka om impregneringar och så kallade konsolideringar (djupimpregnering med syfte att förstärka innerstrukturen av betong) kan öka mekanisk beständighet av betong. Impregneringar inom byggbranschen används främst för att förhindra vatten- och saltinträning i betongkonstruktioner. Den så kallade vattenavvisande effekten är bara en av de egenskaperna som en impregnering kan tillföra betong. Konsolidering som ett begrepp och fysisk process är flitigt använd inom konservatorsbranschen. Tyvärr inom betong finns det få exempel på tillämpning eller användning av t. ex. silaner utan vattenavvisande effekt men med konsoliderande egenskaper.

Provningsprogrammet är indelat i två etapper som beskrivits tidigare i kapitel 3.1.

3.2.2 Etapp 1

Inträngningsdjup EN 14630, behandlade 100x100x100							
		vct 0.40		vct 0.55		vct 0.70	
RF, %	Ref	Wacker OH 100	StoCryl HG 200	Wacker OH 100	StoCryl HG 200	Wacker OH 100	StoCryl HG 200
65±5	-	2 ¹⁾	2	2 ¹⁾	2	2 ¹⁾	2
85±5	-	2 ¹⁾	2	2 ¹⁾	2	2 ¹⁾	2
95	-	2 ¹⁾	2	2 ¹⁾	2	2 ¹⁾	2

- 1) Inträngningsdjupet kunde inte uppmätas i brottytan när provkropparna spräcktes i rät vinkel mot den behandlade ytan. Wacker OH är en silan utan hydrofoberingseffekt.

Vidhäftning EN 1542, 300x300x100							
		Vct 0.70					
RF, %	Ref	Wacker OH 100	StoCryl HG 200	Wacker OH 100	StoCryl HG 200	Wacker OH 100	StoCryl HG 200
65±5	1	1	1	1	1	1	1
85±5	1	1	1	1	1	1	1
95	1	1	1	1	1	1	1

3.2.3 Etapp 2

Vct 0,70 RF 60±10 100x100x100	Uttorkning EN 13579	Vattenabs./ alkalires. EN 13580	Frost EN 13581	Klorider TRVAMA Anl 10 rev 2 (100x100x10)	Karbonat- isering EN 13295	Nötnings- motstånd EN 5470-1 (70x70)
<i>Ref</i>	6	från uttorkning	4	3	2	3
<i>OH100+ HP200</i>	3	från uttorkning	4	3	2	3
<i>OH100+ StoPur V600</i>	3	från uttorkning	4	3	2	3
<i>Inerseal+ Topseal Plus</i>	3	från uttorkning	4	3	2	3

3.3 Resultat

3.3.1 Tryckhållfasthet

Resultat från provningar av tryckhållfasthet för betongkuberna beskrivna i kapitel 3.1 redovisas i tabellen nedan från provningar genomförda vid 7 dygns ålder). Medelvärdet för 28 dygns tryckhållfastheten för provkropparna med olika vct är:

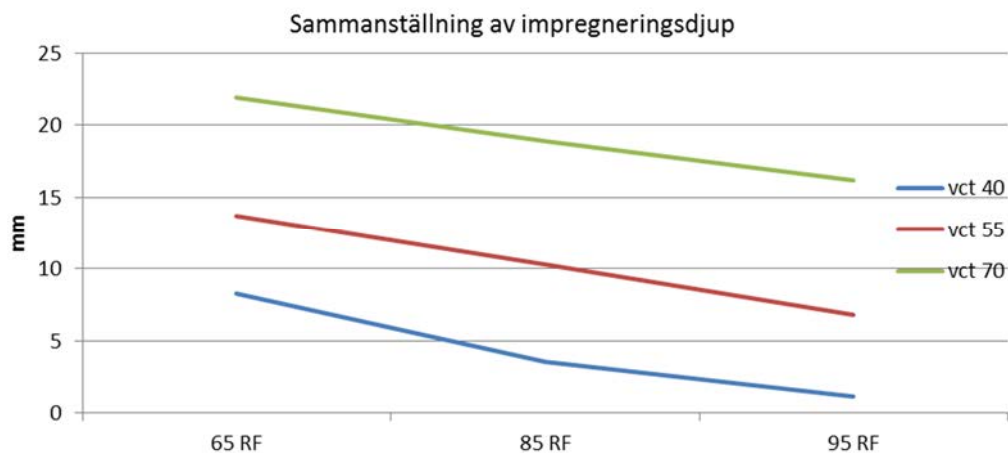
- Vct 0.40 66.25 MPa
- Vct 0.55 44.05 MPa
- Vct 0.70 22.40 MPa

Tabell 2. Densitet och tryckhållfasthet för betongkuber.

Betong	Ålder	Densitet [kg/m ³]	Tryckhållfasthet [MPa]
vct=0,40	7	2342,7	44,1
vct=0,55	7	2297,9	27,1
vct=0,70	7	2254,3	11,7
vct=0,40 #1	28	2343,8	66,3
vct=0,40 #2	28	2340,3	66,2
vct=0,55 #1	28	2327,8	44,3
vct=0,55 #2	28	2330,6	43,8
vct=0,70 #1	28	2287,5	22,7
vct=0,70#2	28	2284,8	22,1

3.3.2 Inträngningsdjup

Inträngningsdjupet har provats enligt anvisningarna i SS-EN 1504-2 tabell 3. Inträngningsdjupet uppmättes i brottytan efter att provkropparna spräcktes i rät vinkel mot den behandlade ytan. Den spräckta ytan sprayades med vatten. Proverna konsoliderade med Wacker OH 100 kunde inte mätas med hjälp av vatten eftersom att denna produkt inte hade någon hydrofoberande funktion. Av den här anledningen så redovisas endast produkten StoCryl HG 200, som hade hydrofoberande funktion, se Figur 5.

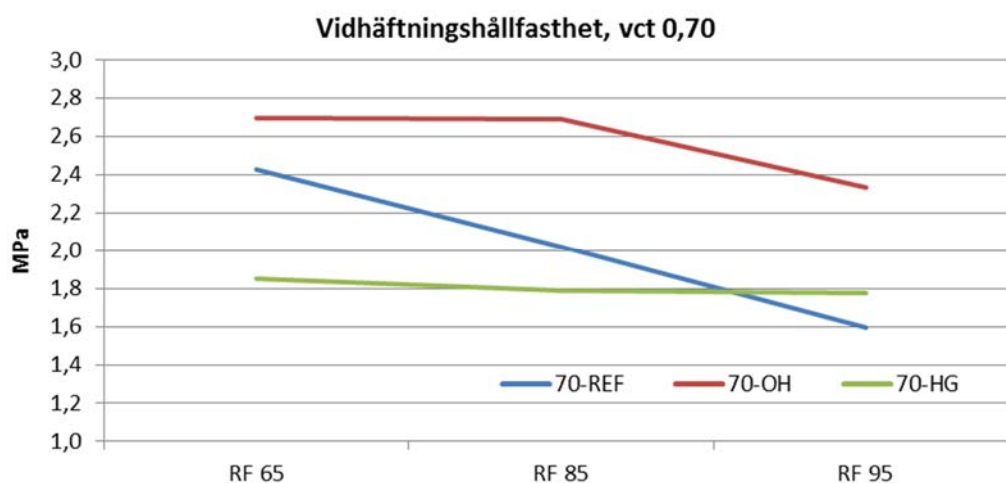


Figur 5. Impregneringsdjup för StoCryl HG 200.

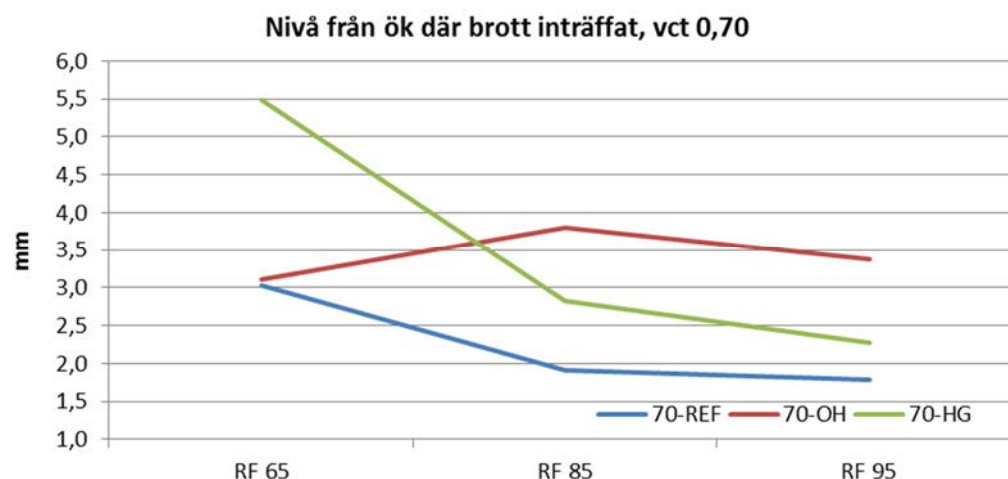
Diagrammet visar en tydlig trend att inträngningsdjupet för StoCryl HG 200 minskar med lägre vct och ökande relativ fuktighet. Bästa inträngningsdjup uppnås för prover med hög vct (0,7) och låg RF (65%). Den viktigaste faktorn för impregneringsdjupet är vct som direkt påverkar porositeten.

3.3.3 Vidhäftningshållfasthet

Vidhäftningshållfasthet har verifierats enligt SS-EN 1542 som jämförelse mellan behandlade och obehandlade provkroppar. Resultaten i diagram nedan redovisas som medelvärde av fem delresultat, individuella testresultat, medelvärden och standardavvikelser är redovisade i appendix A. Resultaten är redovisade i Figur 6 och Figur 7, där 70-REF är referens, 70-OH är provkropp med Wacker OH 100 och 70-HG är provkropp med StoCryl HG 200.



Figur 6. Vidhäftningshållfasthet för provkroppar med vct 0.70



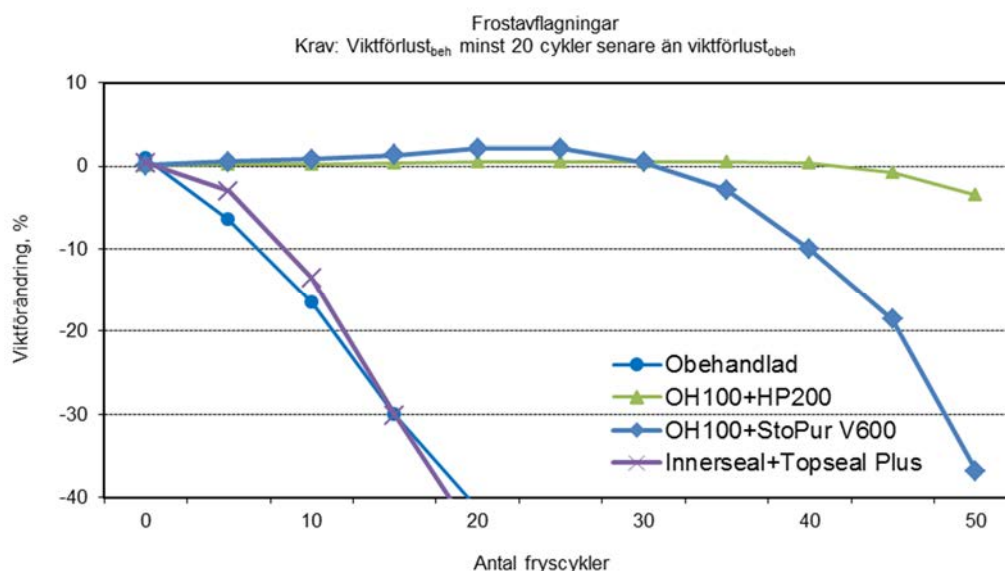
Figur 7. Nivå där vidhäftningsbrott skett i provkroppar med vct 0.7

Resultaten visar att vidhäftningshållfastheten är stabil för impregnerade prover upp till 85% relativ fuktighet. För prover hydrofoberade med Wacker OH 100 minskar vidhäftnings-hållfastheten vid höga nivåer på RF (95%). Prover impregnerade med StoCryl HG 200 behåller samma styrka under alla RF. Oimpregnerade prover (referens) förlorar i hållfastheten vid ökad RF. Det som utmärker den provningen är nivåer på vidhäftningshållfastheten. Diagrammet för vidhäftningshållfastheten

visar att prover impregnerade med StoCryl HG 200 har den lägsta vidhäftningshållfastheten. Även lägre än de oimpregnerade proverna. Detta kan vara orsakad av vidhäftningen mot en vattenavvisande yta. Vad provningen visar är vidhäftningshållfastheten i MPa men inte hur djup ligger brottet. Diagrammet med uppmätta djup för brott visar att impregnerade prover, och framförallt konsoliderade med Wacker OH 100, är starkare än referensprover i RF högre än 85%.

3.3.4 Frostbeständighet

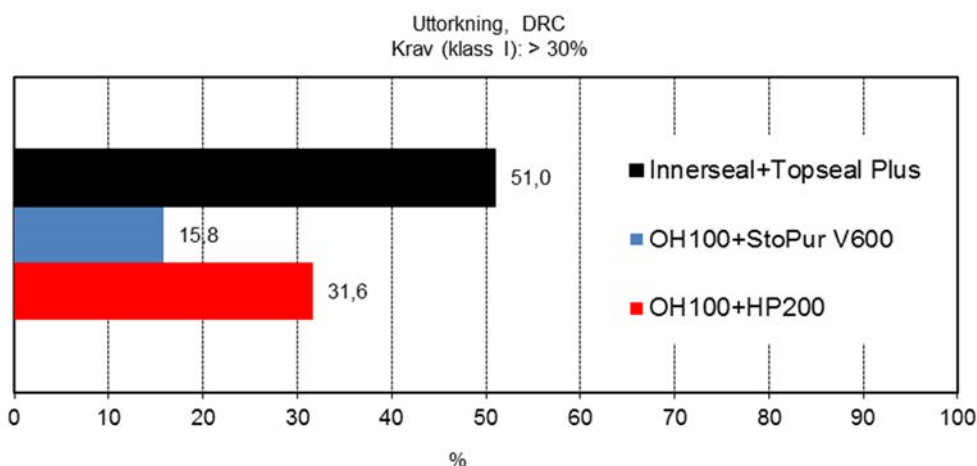
Inverkan på betongens frostbeständighet har verifierats enligt SS-EN 13581 som jämförelse mellan behandlade och obehandlade provkroppar. Resultaten redovisas som medelvärde av fyra delresultat. Provkropparnas viktförändring på grund av frostavflagningar under provningen visas i diagram nedan. Utvärdering enligt EN 1504-2 tabell 3. Det är tydligt att obehandlade prover samt prover behandlade med Innerseal och Topseal Plus flagnar av direkt i början av provningen. Innerseal är en djupimpregneringsprodukt och Topseal Plus är en ythydrofoberingsprodukt. Resultaten påvisar direkt att Innerseal och Topseal Plus från Komsol inte har någon positiv påverkan på betongens frostbeständighet. Wacker OH 100 plus med StoCryl HP 200 och Wacker OH 100 med StoPur V600 skyddar betongen mot frostpåverkan.



Figur 8. Frostbeständighet under upprepade frostcykler.

3.3.5 Inverkan på betongens uttorkning

Inverkan på betongs uttorkning har verifierats enligt SS-EN 13579 som jämförelse mellan behandlade och obehandlade provkroppar. Resultaten visas i Figur 9 nedan. Resultaten redovisas som medelvärde av tre delresultat. Utvärdering har skett enligt EN 1504-2 tabell 3.



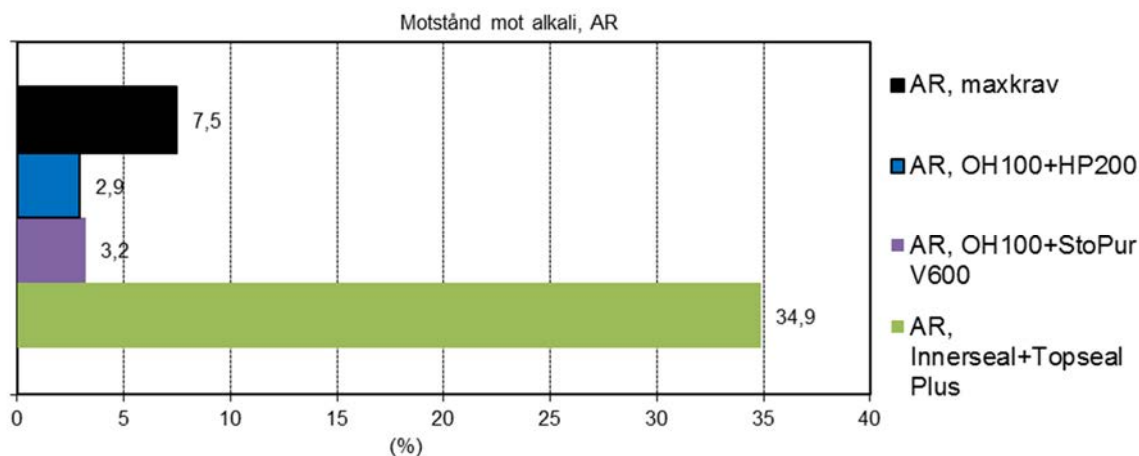
Figur 9. Uttorkning av provkroppar

Diagrammet visar att StoPur V600, som fungerar som ett tätskikt, förhindrar uttorkningen och ligger under det godkända >30% värdet. Det bör noteras att den här typen av tätskikt kan leda till frostsador ifall sådan behandling används utomhus.

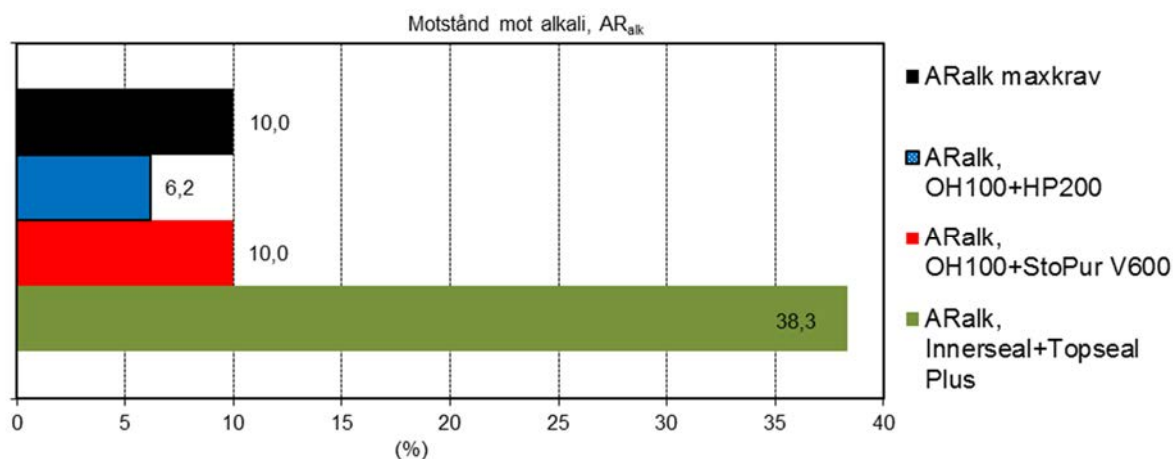
3.3.6 Inverkan på betongens vattenabsorption och motstånd mot alkali

Inverkan på betongens vattenabsorption och motstånd mot alkali hos ytskyddsprodukten har verifierats enligt SS-EN 13580 som jämförelse mellan behandlade och obehandlade provkroppar. Resultaten visas i diagram nedan som medelvärde av tre delresultat. Utvärdering enligt EN 1504-2 tabell 3.

Absorptionskoefficienten (AR), Figur 10, har bestämts efter absorption i avjoniserat vatten i en timme för obehandlade respektive 24 timmar för behandlade provkroppar (steg 1). Absorptionskoefficienten (ARalk), Figur 11, har bestämts i två ytterligare steg. Absorption av behandlade provkroppar i KOH-lösning i 21 dygn (steg 2). Konditionering av provkropparna i $21 \pm 2^\circ\text{C}$ och $60 \pm 10\%$ RF och slutligen absorption i avjoniserat vatten i 24 timmar (steg 3).



Figur 10. Absorptionskoefficient AR.

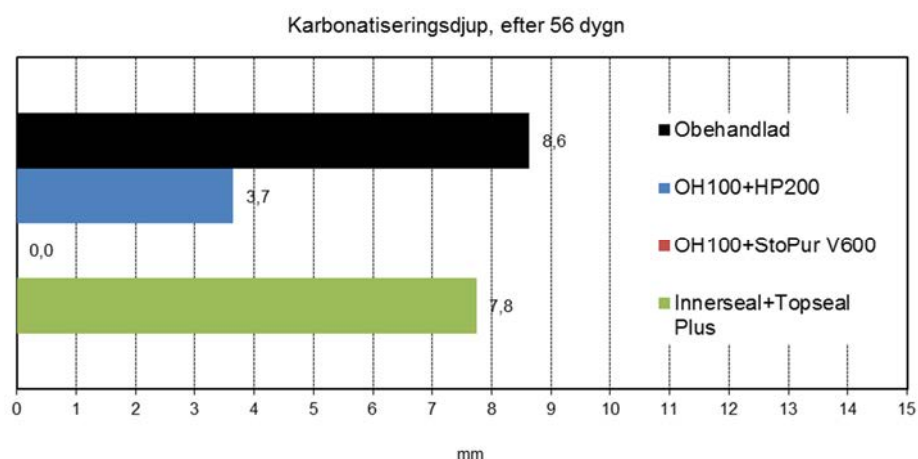


Figur 11. Absorptionskoefficient AR_{alk} .

Alla behandlingar förutom Innerseal med Topseal Plus skyddar betongen väl mot absorptionen av alkalijoner.

3.3.7 Karbonatiseringsmotstånd

Motstånd mot karbonatisering har verifierats enligt SS-EN13295 i tillämpliga delar som jämförelse mellan behandlade och obehandlade provkroppar av samma betongkvalité. Resultaten i Figur 12 nedan redovisas som medelvärde av 12 st delresultat per provkropp (3 st/sida). Alla behandlingar har en positiv påverkan på betong och minskar risken för karbonatisering. Det bör dock noteras att ett tätskikt på ytan, t.ex. StoPur V600, mycket väl kan skydda mot karbonatisering men kan orsaka andra problem som t.ex. frostsador.

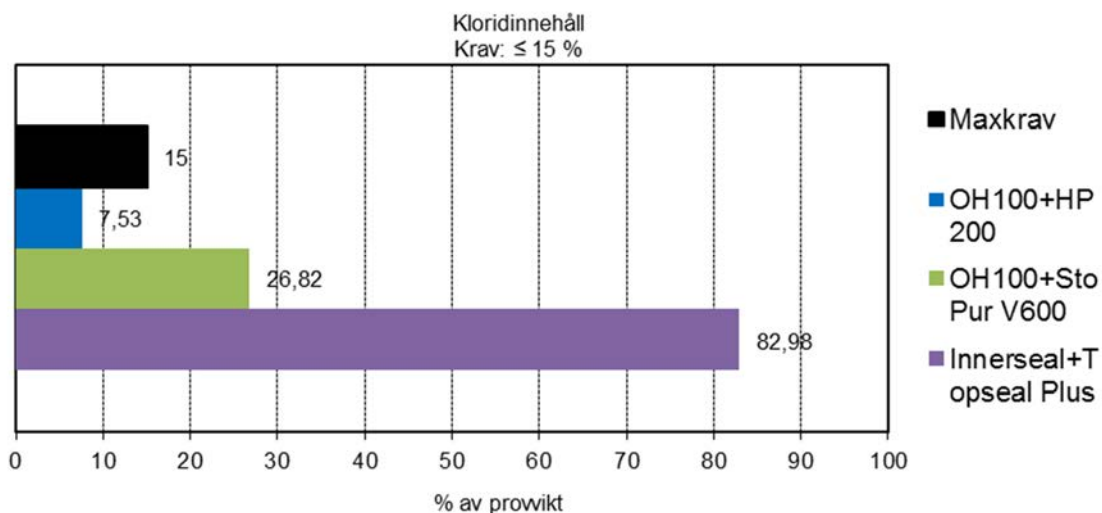


Figur 12. Karbonatiseringsdjup.

3.3.8 Inverkan på betongens kloridupptagningsförmåga

Inverkan på betongens kloridupptagning har verifierats enligt anvisningarna i TRVAMA Anläggning 10 rev 2 som jämförelse mellan behandlade och obehandlade provkroppar. Provkropparna tillverkades och lagrades enligt SS EN 1766. Provkroppar 100 x 100 x 20 mm³ sågades från kubens centrala delar vinkelrätt mot överytan (3 behandlade och 3 obehandlade) och konditionerades i 14 dygn i 21 ± 2 °C med 60 ± 10 % RF.

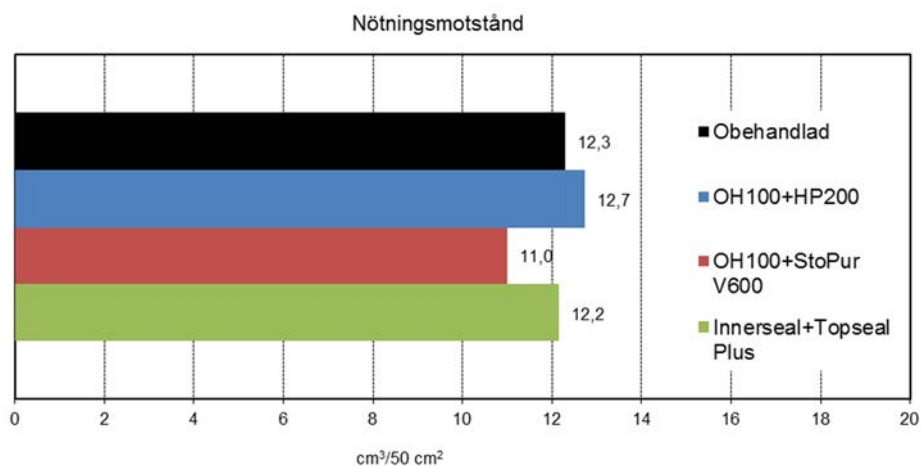
Efter konditionering, ytbehandlades tre provkroppar och lagrades därefter i samma klimat i ytterligare 14 dygn. Behandlade och obehandlade provkroppar lagrades i 15% NaCl-lösning, dock i separata behållare, till en sammanlagd lagringstid av 56 dygn. Efter lagring borrades en cylinder med diametern 50 mm ut ur provkroppen. Från cylinderns ändtytor, som varit i kontakt med NaCl-lösningen, slipades 2,5 mm av ytskiktet bort varefter provkroppens innehåll bestämdes som halten Cl⁻ i procent av cementvikten. Cementmängden i betongen antas utgöra 15 viktprocent. Resultaten från kloridbestämning visas i diagram nedan.



Wacker OH 100 med StoCryl HP 200 skyddar mot kloridinträngning. De andra impregneringarna har inte haft en positiv effekt på betongen enligt den gällande metoden. Det är viktigt att påpeka att metoden och kloridgränsen på 15% är satt för rena silaner och inga andra behandlingar. Proverna behandlade med Wacker OH 100 med StoPur V600 bildade små bubblor mellan OH100 och Sto Pur V600. Vidhäftningen blev dålig och detta orsakade den högre absorptionen av klorider i mellanskiktet.

3.3.9 Nötningsmotstånd

Alla resultat från nötningsmotståndet är redovisade i Figur 13 och påvisar ungefär samma nivå av nötningsmotstånd som referensproverna.



Figur 13. Nötningsmotstånd.

4 Fältprovning

4.1 Utförande

Försöken omfattar 6 års provning av utborrade betongkärnor, där betongen ursprungligen behandlats med hydrofoberingsprodukterna StoCryl HG200 och StoCryl HG300. Betongproverna är tagna från Rosvollbrua längs med E39 i söder om Trondheim, Norge, se Figur 14 (8). Hydrofoberingsmedlena applicerades på betongytan 2005-06-21, arbetsområdet var intäkt av presenning dagen före applicering samt efter påföring. Vädret vid applicering var regn med uppehåll, 17°C och 58% RH.

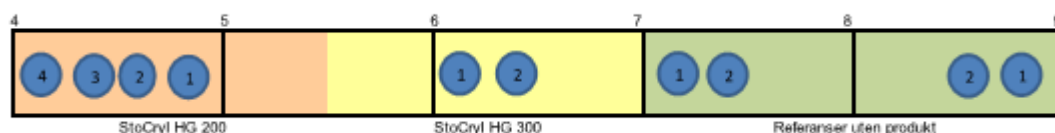


Figur 14. Karta över området över sträckningen E39 mellan Oysand och Borskrysset.

Provtagningen av provkropparna skedde i påkörningsrampens kantbalk, se Figur 15. Provkropparnas märkning är angivet i Figur 16. Provkropparna och deras märkning är redovisade i Tabell 3.



Figur 15. Provtagningsyta.



Figur 16. Översikt av provkroppar och deras märkning vid Rosvollbrua.

Tabell 3. Märkning av provkroppar (betongkärnor).

Referenser	StoCryl HG200	StoCryl HG300
R7.8 – 1	R4.5 – 1	R6.7 – 1
R7.8 – 2	R4.5 – 2	R6.7 – 2
R8.9 – 1	R4.5 – 3	
R8.9 – 2	R4.5 – 4	

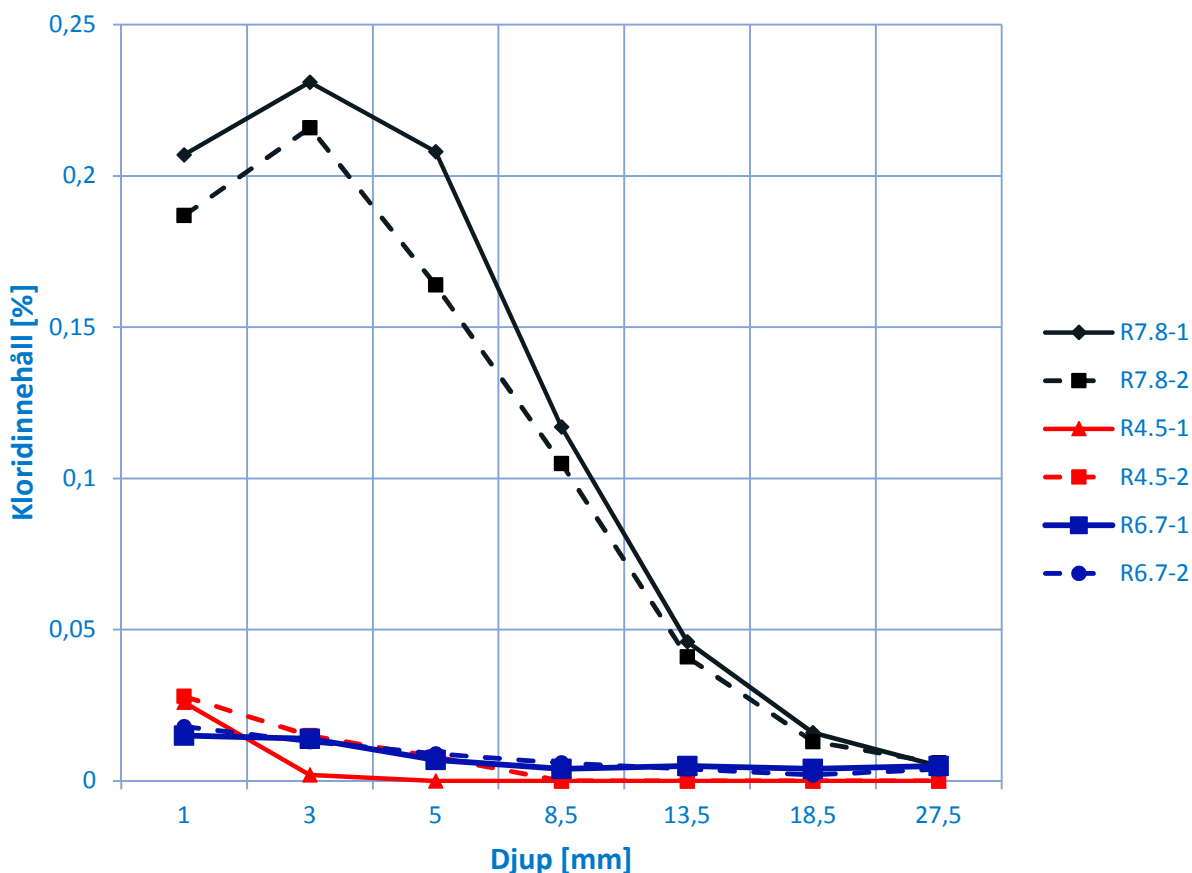
4.2 Resultat

4.2.1 Kloridanalyser

Kloridinnehållet bestämdes med spektrografisk analys som totalt innehåll av Cl- i % av torr betongvikt. Resultaten är redovisade i Tabell 4 och som diagram i Figur 17. Analysen utfördes 2011-06-28 – 2011-07-06. Samtliga resultat är hämtade från Sintef rapport (2011).

Tabell 4. Kloridinnehåll från provkärnor.

Skikt [mm]	Kloridinnehåll, % av betongvikt					
	Referens		StoCryl HG200		StoCryl HG300	
	R7.8-1	R7.8-2	R4.5-1	R4.5-2	R6.7-1	R6.7-2
0-2	0,207	0,187	0,026	0,028	0,015	0,018
2-4	0,231	0,216	0,002	0,015	0,014	0,013
4-6	0,208	0,164	0	0,008	0,007	0,009
6-11	0,117	0,105	0	0	0,004	0,006
11-16	0,046	0,041	0	0	0,005	0,004
16-21	0,016	0,013	0	0	0,004	0,002
25-30	0,005	0,006	0	0	0,005	0,004



Figur 17. Diagram över kloridinträngning/innehåll i provkärnor.

4.2.2 Vattenabsorption och inträngningsdjup

Vattenabsorptionskapaciteten bestämdes genom att proven (diameter 59 mm) sågades till en tjocklek av 30 mm. Epoxi applicerades längs ringen. Exponeringsytan (överytan på applicerad produkt) placerades på vattenytan med uppsugning i 7 dagar efter att proverna torkades i ugn vid 40° C under 7 dagar. Viktökningen beräknades som gram viktökning per prov och kg/m² yta. Vattenuppsugningsförmågan och inträngningsdjupet fastställdes från två fältprover där StoCryl HG200 tillämpats och två prover som referens där ingen impregneringsprodukt tillämpats. Val av produkt bestämdes av materialleverantören. Resultaten presenteras i Tabell 5.

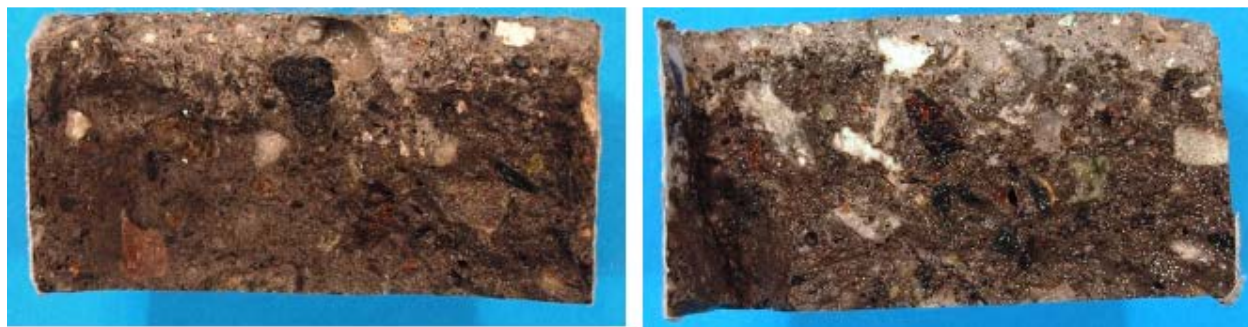
Tabell 5. Vattenabsorption för betongkärnor.

Skikt [mm]	Vattenabsorption			
	Referens		StoCryl HG200	
	R8.9-1	R8.9-2	R4.5-3	R4.5-4
Vägt efter torkning under 7 dygn och 40 C [g]	178,57	189,79	185,87	195,38
Vägt efter 7 dygn vattenuppsugning [g]	180,89	191,16	187,03	196,34
Viktökning [g]	1,32	1,37	1,16	0,96
Viktökning [kg/m ²]	0,48	0,50	0,42	0,35

Inträngningsdjupet för de utborrade provkärnorna som påförts med StoCryl HG200 blev uppmätt enligt Sintefs metodbeskrivning MB 71 127. Resultaten är redovisade i och Figur 18.

Tabell 6. Uppmätt inträngningsdjup för prover som påförts med StoCryl HG200

Prov	Inträngningsdjup för StoCryl HG200 i resp. mätpunkt [mm]									Medel	Medel
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
R4.5-3	5	7	-	-	-	10	9	6	8	8	8
	5	8	10	9	-	-	7	7	-	8	
R4.5-4	-	2	4	-	-	9	10	7	-	6	5
	-	4	3	4	-	8	5	-	5	5	



Figur 18. Överytorna på betongkärnor R4.5-3 och R4.5-4 som påförts med StoCryl HG200.

Bilder från provvytor och uttagning av borrhärnor kan ses i bilaga B.

5 Slutsats och diskussion

Betongens vct förändrar både de fysikaliska och de mekaniska egenskaperna. Med ökad vct så reduceras betongens tryckhållfasthet. För de studerade provkropparna och deras sammansättning (betongkvalitet) så reducerades tryckhållfastheten från 66 MPa för provkroppar med vct motsvarande 0.40 till 22 MPa för provkroppar med vct motsvarande 0.70.

Inträngningsdjupet är viktigt från ett kvalitetssäkrande perspektiv, ett gott inträngningsdjup säkerställer både funktion och livslängd på de klorid- och vattenavvisande produkterna. I den här studien så provades endast en produkt där inträngningsdjupet kunde verifieras, StoCryl HG 200, som är en gel-baserad produkt med lång kontakttid under appliceringen. Denna produkt påvisade mycket goda inträngningsegenskaper på samtliga betongkvaliteterna när omgivande relativ fuktighet var låg (RH 65%). Vid ökande relativ fuktighet så reduceras inträngningsdjupet för samtliga betongkvaliteter. Inträngningsdjupet minskar även med ökande betongkvalitet (vct). Lägst inträngningsdjup nås alltså vid hög relativ fuktighet och hög betongkvalitet (lågt vct). Dock är inträngningsdjupet vid hög relativ fuktighet (RH 95%) relativt stort, 16 mm, för låga betongkvaliteter (vct 0.70). Vilket ligger i linje med att det oftast är betong med lägre kvalitet som är i behov av rehabiliteringsåtgärder.

Vidhäftningshållfastheten (utdragsprover) minskar för obehandlad betong med ökad relativ fuktighet. För provkroppar som är belagda med skyddsimpregnering är vidhäftningshållfastheten (utdragsprover) stabil för appliceringar upp till RH 85%. För prover impregnerade med konsolideringsprodukt (Wacker OH 100) reduceras vidhäftningshållfastheten vid RH 95%. Däremot behåller prover med hydrofoberingsprodukt (StoCryl HG200) sin vidhäftningshållfasthet under samtliga provade RH. Viss indikation finns på att betong som applicerats med konsolideringsprodukt uppvisar att brottytan vid utdragsproverna ligger djupare än för referensprovet. Detta skulle kunna innebära att konsolideringen ökar vidhäftningshållfastheten hos betong. Fler prover behövs för att verifiera detta. Gällande nötningsmotståndet så uppvisade samtliga prover samma nötningsmotstånd som referensproverna.

Samtliga provade skyddsimpregneringar uppvisar positiv påverkan på karbonatiseringsmotståndet och minskar därmed risken för karbonatisering. Försegling av ytan med StoPur V600 tillsammans med Wacker OH100 visar att karbonatiseringsdjupet är obefintligt efter 56 dygn. När det gäller kloridinträningen och tillhörande provning så är resultaten till viss del icke övertygande, de enda provkropparna som klarade av kravet på kloridgränsen om 15% var Wacker OH 100 tillsammans med StoCryl HP200. Inga slutsatser kan dras från den laborativa studien gällande kloridinträning.

De produkter som uppfyller kraven i SS-EN 1504-2 (Wacker OH100 tillsammans med StoCryl HP200 samt Wacker OH100 tillsammans med StoPur V600) klarar även av att skydda betongen mot frostpåverkan. Det fanns även ett antal produkter som tydligt inte klarar av frostbeständigheten, dessa var Innerseal och Topseal Plus från Komsol. Detta visar tydligt på att skyddsimpregneringsprodukter i samtliga fall bör ha bevisat sin funktion under samtliga förhållanden som grundkonstruktionen blir utsatt för. CE märkning i enlighet med SS-EN 1504-2 är ett bra krav där olämpliga produkter som saknar CE märkning direkt kan uteslutas.

Vid fältprovningen applicerades hydrofoberingsprodukter på betongytorna utsatta för en verklig exponering, dvs. vägtrafik i Norge. De hydrofoberingsprodukter som tillämpats är StoCryl HG200 och StoCryl HC300. Båda hydrofoberingsprodukterna uppvisade god förmåga att motverka kloridinträning under de 5 åren som de varit exponerade. De obehandlade ytorna uppvisade avsevärt högre kloridinhåll än de behandlade ytorna. Vidare så uppvisade hydrofoberingsprodukten StoCryl HG200 att vattenabsorptionen minskade jämfört med

obehandlad betongyta. Inträningsdjupet för hydrofoberingsprodukten StoCryl HG200 var i medel ca 8 mm trots att temperatur och omgivande fuktighet vid applicering var ogynnsamma.

Projektets resultat bedöms ha en ekonomisk potential för fastighetsägare, förvaltare, entreprenörer och aktörer inom prefabricerad betongtillverkning vilket kan förbättra den tekniska livslängden så att framtida drift och underhållkostnader sannolikt kan bli lägre än en obehandlad konstruktion. Vidare finns potential att entreprenören kan kvalitetssäkra konstruktionens beständighetsfunktion och ges möjlighet att bedöma ökningen av teknisk livslängd, dvs livslängdsdimensionering.

6 Framtida forskning

Ett intressant område för fortsatt forskning skulle vara att verifiera konsolideringsprodukternas inverkan för ökad vidhäftningshållfasthet och påverkan på frostbeständighet. Vissa betongytor där kraven på betongkvalitet är eller har varit lägre än för hårt exponerade anläggningskonstruktioner skulle kunna dra nytta av att öka ythållfastheten i samband med beläggning och nötning, t.ex. parkeringshus och loftgångar.

Det är normalt sett stor spridning på resultaten i samband med provning av betong, av denna anledning skulle det vara av intresse att göra en statistisk tillförlighetsanalys på provningen samt hur provningsmatriser skulle kunna utformas på mest effektivt sätt.

Ytterligare ett område där det bedöms finnas stor potential för utveckling är beräkningen av den residuala livslängden hos befintliga konstruktioner. Genom att tillämpa livslängdsdimensionering med kända variabler för nedbrytningsmekanismer skulle den teoretiska livslängden kunna ökas för en obehandlad betongkonstruktion genom att tillämpa skyddsimpregnering. För att ett sådant tillvägagångssätt ska vara möjligt måste fler försök genomföras för att påvisa den reella reduktionen av t.ex. vatten- och kloridintränging samt hur dessa kan tillämpas i teoretiska modeller.

7 Referenser

Andrews-Phaedonos, F., (1994) "Rehabilitation and Subsequent Monitoring of Sawtells Inlet Bridge, South Gippsland Highway, Tooradin, Victoria". Proceedings, 17th ARRB Conference, August 14-19, 1994, Gold Coast, Queensland, Australia, Volume 4, pp. 11-27.

Arkles, B. (1977) "Tailoring surfaces with silanes". Chemtech December, Vol. 7, pp. 766778.

Bofeldt, M., (2001) "Inverkan av RH, vct och absorptionstid på inträngningsdjup för impregnerad betong". Examensarbete nr 165, brobyggnad, institutionen för byggkonstruktion, KTH, Stockholm.

Bofeldt, M., & Nyman, B., (2001) "Inträngningsdjup för impregneringsmedel på betong". Tidskriften Bygg & teknik, nr 7/01, s. 29-31.

BRO 94. "Allmän teknisk beskrivning för broar. Del 7, Brounderhåll". Publikation nr 1994:7, Vägverket, Borlänge, 1994, 47 s.

Buttner T. and Raupach M. (2008) "Durability of Hydrophobic Treatments on Concrete – Results from Laboratory Tests, Proceedings", 5th International Conference on Water Repellent materials, Aedificatio Publishers, Freiburg, sid 329-340.

De Clercq, H., De Witte, E., (2001) "Reactivity of silicon based water repellent agents at different application conditions" Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege, 7. Jahrgang, Heft 1, pp. 63-78

EN 13579 "Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures – Test Methods – Drying Test for Hydrophobic Impregnation". (2002).

EN 13580 "Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures – Test Methods – Water Absorption and Resistance to Alkali for Hydrophobic Impregnations". (2002).

EN 13581 "Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures – Test Methods – Determination of Loss of Mass of Hydrophobic Impregnated Concrete after Freeze-Thaw Salt Stress". (2002).

Gerdes, A., (2005) "Preventive Surface Protection of Concrete Structures". Proceedings of the International Workshop on Service Life of Concrete Structures. Sapporo, Japan, Feb. pp. 31-40.

Gerdes, A. H., (2001) "Transport und chemische Reaktion siliciumorganischer Verbindungen in der Betonrandzone". PhD-Thesis, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz, 220 p.

Gerdes A. and Wittmann F. H. (2001), Decisive Factors for the Penetration of Silicon-organic Compounds into Surface near Zones of Concrete, , Proceedings, 3rd international Conference on Surface Technology with Water Repellent Agents, Aedificatio Publishers, Freiburg, sid. 111-122.

Hankvist K. and Karlsson F. (2001), Gel Impregnation of Concrete – Theoretical Results and practical Experiences, , Proceedings, 3rd international Conference on Surface Technology with Water Repellent Agents, Aedificatio Publishers, Freiburg, sid. 93-110.

Hurley, S.A., (2001) "The British Experience of Impregnation and Surface Treatment of Concrete". Sammanfattningar, Betongreparationsdagen 2001, Rebet, CBI, Stockholm, 30 s.

Johansson, A., Janz, M., Silfwerbrand, J., & Trägårdh, J., (2005) "Impregnation of Concrete Structures – Introduction to a Ph.D. Project". Proceedings, Hydrophobe IV - the 4th International Conference on Water Repellent Treatment of Building Materials. Stockholm, Sweden, April 12-13, pp. 59-68.

Johansson, A., Janz, M., Silfwerbrand, J., & Trägårdh, J., (2006) "Moisture Transport in Impregnated Concrete – Moisture Diffusion Coefficient, Modelling, Measurements and Verification", International Journal on Restoration of Buildings and Monuments, Vol. 12, No. 1, pp. 13-24.

Johansson, A., Janz, M., Silfwerbrand, J., & Trägårdh, J., (2007) "Penetration Depth for Water repellent Agents in Concrete as a Function of Humidity, Porosity and Time", Int. J. Restoration of Buildings and Monuments, Vol. 13, No. 1, pp. 3-16.

Johansson, A., Janz, M., Silfwerbrand, J., & Trägårdh, J., (2008) "Long Term Performance of Water Repellent Treatment-Water Absorption Tests of Field Objects in Stockholm", Int. J. Restoration of Buildings and Monuments, Vol. 14, No. 1, pp. 39-47.

Johansson A., Nyman B. and Silfwerbrand J. (2008), Decreasing Humidity in Concrete Facades after Water Repellent Treatments, Proceedings, 5th International Conference on Water Repellent materials, Aedificatio Publishers, Freiburg, sid 379-386.

Johansson, L., (1993) ”Ytbehandling av betongkonstruktioner utomhus”. CBI rapport nr 4:93, Cement och Betong Institutet, Stockholm, 197 s.

Karlsson, F., (1997) ”Skyddsbehandling av betong mot salt och vatten”. Tidskriften Betong, nr 3/97, s. 10-13.

León, A., & Nyman, B., (2001) ”Effektiviteten hos utförda impregneringar”. Tidskriften Bygg & teknik, nr 7/01, s. 34-36.

Meier S.J. and Wittmann F.H. (2001), Influence of Concrete Quality, its Age and Moisture Content, on the penetration Depth of Water Repellent Agents, Proceedings, 3rd International Conference on Surface Technology with Water Repellent Agents, Aedificatio Publishers, Freiburg, sid. 123-132.

Nyman, B., (1998) ”Klotter på betongytor”. Tidskriften Betong, nr 1/98, s. 8-11.

Olsson, M., & Sjödin, J., (2002) ”Impregneringens inverkan på fuktprofilen, kloridinträngningen och frostbeständigheten i självkompakterande betong”. Examensarbete nr 182, brobyggnad, institutionen för byggvetenskap, KTH, Stockholm.

Osterholtz, F. D., Pohl, E. R., (1992) ”Kinetics of the hydrolysis and condensation of organofunctional alkoxy silanes: a review” Journal of Adhesion Science. Vol. 6, No. 1, pp. 127-149.

Plueddemann, E. P., (1991) “Silane Coupling Agents-Second Edition” Plenum Press, New York, ISBN 0-306-43473-3

Powell, B.D., Weyers, R.E., Cady, P.D., & Al-Qadi, I.L., (1993) “Field Service Life Performance of Deep Polymer Impregnation as a Method for Protecting Bridge Decks from Corrosion”. Transportation Research Record, No. 1392, pp. 117-125.

Sadouki H. and Wittman F. H. (1998) Influence of Water Repellent Treatment on Drying of Concrete, Proceedings, Hydrophobe II- Second International Conference on Water Repellent Treatment of Building, F. H. Wittman pp.177-188, Aedificatio Publishers, Freiburg

Shuere L., Van Gemert D., Friedel M. and Giessler-Blank S. (2008), Durability of Water Repellents in a Marine Environment, Proceedings, 5th International Conference on Water Repellent materials, Aedificatio Publishers, Freiburg, sid 357-366.

Silfwerbrand, J., (2002) "Aktivt brounderhåll – en förstudie". Rapport nr 65, brobyggnad, byggkonstruktion, institutionen för byggvetenskap, KTH, 65 s.

Silfwerbrand, J., (2006) "Impregnation – An Efficient Method of Active Bridge Maintenance", International Journal on Restoration of Buildings and Monuments, Vol. 12, No. 1, pp. 3-12.

Silfwerbrand, J., (2008), "Impregnation of Concrete Bridge Elements Exposed to Severe Environment-Is it cost effective", Proceedings, 5th International Conference on Water Repellent materials, Aedificatio Publishers, Freiburg, sid 341-353.

Sintef (2011), "OPS E39 Klett-Bårdshaug", Provningsrapport 70302 A, Sintef Byggforsk, 2011:10:18.

TRVK Bro 11, (2011), "Trafikverkets tekniska krav Bro", TRV publ nr 2011:085, ISBN: 978-91-7467-153-7.

Appendix A

Resultat från laborieförsök

Vct 0,40

Impregneringsdjup, [mm]													HG 200			
RF85%	Sida a			b			c			d			d _{min}	d _{max}	Medel	Stdav
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂				
ID40-65-HG1	6,5	6,0	8,5	9,2	10,5	8,5	10,0	11,3	10,0	10,0	11,0	8,0	6,0	11,3	9,1	1,7
ID40-65-HG2	4,5	5,0	7,5	6,5	5,5	6,5	10,0	9,5	7,8	8,5	7,7	10,0	4,5	10,0	7,4	1,9
<i>svårt att avläsa, otydlig fräntlinje</i>															8,3	1,8
ö f s																
RF85%	Sida a			b			c			d			d _{min}	d _{max}	Medel	Stdav
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂				
ID40-85-HG1	5,3	3,5	5,5	3,5	3,5	4,3	5,5	5,5	2,5	3,0	1,5	2,0	1,5	5,5	3,8	1,4
ID40-85-HG2	1,0	3,0	2,5	3,0	9,0	6,0	3,0	2,5	2,0	2,0	3,0	3,0	1,0	9,0	3,3	2,1
															3,6	1,8
RF95%	Sida a			b			c			d			d _{min}	d _{max}	Medel	Stdav
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂				
ID40-95-HG1	0,5	0,5	0,5	3,0	2,0	1,0	0,5	2,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	3,0	1,1	0,9
ID40-95-HG2	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,0	2,5	0,5	1,0	1,0	0,5	2,5	1,2	0,7
															1,1	0,8

Vct 0,55

Impregneringsdjup, [mm]													HG 200			
RF65%	Sida a			b			c			d			d _{min}	d _{max}	Medel	Stdav
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂				
ID55-65-HG1	14,5	10,5	13,0	13,0	14,0	13,5	14,5	16,0	15,0	14,0	12,0	13,0	10,5	16,0	13,6	1,4
ID55-65-HG2	12,7	12,5	13,5	15,0	13,0	15,7	14,5	14,2	14,0	13,4	13,5	13,9	12,5	15,7	13,8	0,9
															13,7	1,2
ö f s																
RF85%	Sida a			b			c			d			d _{min}	d _{max}	Medel	Stdav
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂				
ID55-85-HG1	12,0	12,0	10,9	10,7	11,5	10,7	11,3	10,3	9,3	8,3	8,4	9,4	8,3	12,0	10,4	1,3
ID55-85-HG2	7,8	9,3	10,5	15,0	9,1	8,4	10,4	8,1	11,0	10,5	8,8	12,7	7,8	15,0	10,1	2,1
															10,3	1,7
RF95%	Sida a			b			c			d			d _{min}	d _{max}	Medel	Stdav
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂				
ID55-95-HG1	5,9	4,0	2,5	7,6	7,8	9,0	7,7	7,8	10,9	4,8	7,5	5,6	2,5	10,9	6,8	2,3
ID55-95-HG2	8,7	6,1	7,0	8,5	10,3	8,0	5,2	6,9	8,0	2,6	4,4	5,9	2,6	10,3	6,8	2,1
															6,8	2,2

Vct 0,70

Impregneringsdjup, [mm]													HG 200			
RF65%	Sida a			b			c			d			d _{min}	d _{max}	Medel	Stdav
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂				
ID70-65-HG1	22,5	21,5	21,5	22,0	25,0	23,5	22,5	19,0	20,0	20,0	21,0	22,0	19,0	25,0	21,7	1,6
ID70-65-HG2	21,0	19,0	19,5	25,0	26,0	24,0	21,0	18,5	21,5	24,5	23,5	22,0	18,5	26,0	22,1	2,5
	21,9														2,0	
ö f s																
RF65%	Sida a			b			c			d			d _{min}	d _{max}	Medel	Stdav
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂				
ID70-85-HG1	20,0	18,0	17,0	21,0	18,0	18,5	19,5	17,5	18,5	18,0	17,5	17,5	17,0	21,0	18,4	1,2
ID70-85-HG2	16,0	16,5	16,0	24,0	22,0	23,0	19,0	19,0	22,0	19,0	18,0	18,0	16,0	24,0	19,4	2,8
	18,9														2,0	
RF95%	Sida a			b			c			d			d _{min}	d _{max}	Medel	Stdav
	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂				
ID70-95-HG1	7,5	7,7	7,0	22,0	24,0	21,5	23,5	22,5	22,7	22,5	17,5	5,5	5,5	24,0	17,0	7,6
ID70-95-HG2	9,5	11,0	10,0	15,5	19,0	17,5	11,5	14,5	20,0	22,0	21,0	14,0	9,5	22,0	15,5	4,4
	16,2														6,0	

Pull-off, EN 1542							
300x300x100							
	Datum	C(0,70) Referens	C(0,70) OH 100	C(0,70) HG 200			
Tillverkning	2011-03-16	3	UI01999	01806-004			
Vattenlagring 21±2C	2011-03-17	V70-65-R	V70-65-OH	V70-65-HG			
		V70-85-R	V70-85-OH	V70-85-HG			
		V70-95-R	V70-95-OH	V70-95-HG			
Konditionering 21±2C, 65±5 RF	2011-04-13	V70-65-R	V70-65-OH	V70-65-HG			
Konditionering 21±2C, 85±5 RF	2011-04-13	V70-85-R	V70-85-OH	V70-85-HG			
Konditionering 21±2C, 95±2 RF	2011-04-13	V70-95-R	V70-95-OH	V70-95-HG			
Applicering/kond 21±2C, 65±5 RF	2011-05-11	V70-65-R	V70-65-OH vat i vat ok	V70-65-HG ca 2000 g ok			
	2011-04-27	V70-85-R	V70-85-OH ok	V70-85-HG ok			
	2011-04-27	V70-95-R	V70-95-OH ok	V70-95-HG ok			
Konditionering 70 C	2011-06-08		V70-65-OH	V70-65-HG			
	2011-05-25		V70-85-OH	V70-85-HG			
	2011-05-25		V70-95-OH	V70-95-HG			
Vidhäftninghållfasthet EN 1542 <i>Brott i betong</i>	2011-11-02	V70-65-R1	2,11	V70-65-OH1	2,74	V70-65-HG1	1,92
		V70-65-R2	2,58	V70-65-OH2	2,66	V70-65-HG2	2,14
		V70-65-R3	2,06	V70-65-OH3	2,09	V70-65-HG3	1,53
		V70-65-R4	2,62	V70-65-OH7	3,03	V70-65-HG7	2,09
		V70-65-R5	2,76	V70-65-OH5	2,95	V70-65-HG5	1,56
			2,43		2,69		1,85
			0,32		0,37		0,29
	2011-10-31	V70-85-R1	1,92	V70-85-OH1	1,80	V70-85-HG1	1,90
		V70-85-R2	2,12	V70-85-OH2	2,93	V70-85-HG2	2,39
		V70-85-R3	1,72	V70-85-OH3	3,25	V70-85-HG3	1,56
		V70-85-R4	1,84	V70-85-OH7	2,49	V70-85-HG7	1,73
		V70-85-R5	2,49	V70-85-OH5	2,98	V70-85-HG5	1,35
			2,02		2,69		1,79
			0,30		0,57		0,39
	2011-11-02	V70-95-R1	1,54	V70-95-OH1	2,10	V70-95-HG1	2,24
		V70-95-R2	1,36	V70-95-OH2	2,25	V70-95-HG2	2,01
		V70-95-R3	1,86	V70-95-OH3	2,57	V70-95-HG3	1,31
		V70-95-R7	1,74	V70-95-OH7	2,34	V70-95-HG7	1,57
		V70-95-R5	1,48	V70-95-OH5	2,41	V70-95-HG5	1,76
			33 1,60		2,33		1,78
			0,20		0,18		0,36

Frostbeständighet EN 13581

		REF	OH100+HP200		OH100+StoPur V600		Innerseal+Topseal Plus		
Datum		REF 1-4	OHP 1-4	OHP 1-4	OHP 1-4	IT 1-4	IT 1-4		
Tillverkning/vattenlagring		4 st 70	4 st 70	4 st 70	4 st 70	4 st 70	4 st 70		
Konditionering		2012-08-30							
21±2C, 60±10 RF									
Applicering I		2012-10-30 C _n							
21±2C, 60±10 RF									
ca 15 min i vätska									
våt i våt därefter									
OH 100 batchnr:U02101									
INNERSEAL:120209									
			OH 100		OH 100		Innerseal		
		F70-OHP1	2320,0	F70-OHSP1	2329,8	F70-IT1	2324,4		
			2336,4		2345,1		2333,7		
			16,4		15,3		9,3		
		F70-OHP2	2305,6	F70-OHSP2	2317,7	F70-IT2	2301,3		
			2321,9		2333,0		2312,0		
			16,3		15,3		10,7		
		F70-OHP3	2335,8	F70-OHSP3	2321,1	F70-IT3	2308,1		
			2350,7		2336,2		2318,6		
			14,9		15,1		10,5		
		F70-OHP4	2305,4	F70-OHSP4	2318,8	F70-IT4	2307,6		
			2320,0		2335,0		2319,2		
			14,6		16,2		11,6		
Applicering II		2012-10-31 C _n							
21±2C, 60±10 RF									
HP 200 batchnr: 07249-001									
Murfinish:100419									
StoPur V600: 3150120501									
			HP 200		StoPur		Topseal Plus		
		F70-OHP1	2326,9	F70-OHSP1	2335,9	F70-IT1	2326,9		
			2337,0		2360,8		2329,1		
			10,1		24,9		2,2		
		F70-OHP2	2312,5	F70-OHSP2	2323,8	F70-IT2	2304,3		
			2322,2		2346,5		2306,5		
			9,7		22,7		2,2		
		F70-OHP3	2342,3	F70-OHSP3	2327,1	F70-IT3	2311,0		
			2351,4		2353,0		2312,8		
			9,1		25,9		1,8		
		F70-OHP4	2312,0	F70-OHSP4	2325,3	F70-IT4	2310,5		
			2321,9		2351,2		2312,2		
			9,9		25,9		1,7		
Vägning kl:		2012-11-12 W ₀							
placeras i 3% NaCl		KI 12:00							
		F70-R1	2296,7	F70-OHP1	2328,1	F70-OHSP1	2349,2	F70-IT1	2324,2
		F70-R2	2317,5	F70-OHP2	2313,7	F70-OHSP2	2336,3	F70-IT2	2301,7
		F70-R3	2309,9	F70-OHP3	2343,3	F70-OHSP3	2340,4	F70-IT3	2308,1
		F70-R4	2298,5	F70-OHP4	2313,2	F70-OHSP4	2339,3	F70-IT4	2307,8
			2305,7		2324,6		2341,3		
Vägning, kl:		2012-11-13 W ₆							
efter 24 h									
Start frost									
		F70-R1	2316,6	F70-OHP1	2329,9	F70-OHSP1	2352,3	F70-IT1	2335,5
		F70-R2	2339,9	F70-OHP2	2315,4	F70-OHSP2	2339,3	F70-IT2	2310,9
		F70-R3	2331,8	F70-OHP3	2345,0	F70-OHSP3	2343,3	F70-IT3	2316,7
		F70-R4	2320,2	F70-OHP4	2315,0	F70-OHSP4	2342,4	F70-IT4	2317,6
			2327,1		2326,3		2344,3		
			0,9		0,1		0,1		
Vägning, 5 c		2012-11-18 W ₅							
		F70-R1	2158,7	F70-OHP1	2332,9	F70-OHSP1	2361,7	F70-IT1	2274,7
		F70-R2	2142,5	F70-OHP2	2318,2	F70-OHSP2	2348,5	F70-IT2	2194,2
		F70-R3	2175,0	F70-OHP3	2348,3	F70-OHSP3	2352,0	F70-IT3	2278,9
		F70-R4	2155,3	F70-OHP4	2317,6	F70-OHSP4	2352,0	F70-IT4	2218,1
			2157,9		2329,3		2353,6		
			-6,4		0,2		0,5		
								-3,0	
Vägning, 10 c		2012-11-23 W ₁₀							
		F70-R1	1990,1	F70-OHP1	2334,2	F70-OHSP1	2367,2	F70-IT1	2060,7
		F70-R2	1831,7	F70-OHP2	2319,8	F70-OHSP2	2355,3	F70-IT2	1960,7
		F70-R3	1970,8	F70-OHP3	2349,7	F70-OHSP3	2358,5	F70-IT3	2050,2
		F70-R4	1904,6	F70-OHP4	2318,9	F70-OHSP4	2359,2	F70-IT4	1923,0
			1824,3		2330,7		2360,1		
			-16,5		0,3		0,8		
								-13,5	
Vägning, 15 c		2012-11-28 W ₁₅							
		F70-R1	1725,4	F70-OHP1	2336,2	F70-OHSP1	2378,9	F70-IT1	1748,4
		F70-R2	1464,4	F70-OHP2	2321,8	F70-OHSP2	2368,8	F70-IT2	1478,7
		F70-R3	1722,8	F70-OHP3	2351,9	F70-OHSP3	2369,1	F70-IT3	1760,6
		F70-R4	1537,1	F70-OHP4	2321,5	F70-OHSP4	2374,1	F70-IT4	1469,9
			1612,4		2332,9		2372,7		
			-30,1		0,4		1,3		
								-30,1	
Vägning, 20 c		2012-12-03 W ₂₀							
		F70-R1	1516,9	F70-OHP1	2337,2	F70-OHSP1	2394,9	F70-IT1	1492,1
		F70-R2	1227,7	F70-OHP2	2323,9	F70-OHSP2	2391,0	F70-IT2	1064,3
		F70-R3	1436,6	F70-OHP3	2354,1	F70-OHSP3	2385,6	F70-IT3	1485,3
		F70-R4	1220,1	F70-OHP4	2324,2	F70-OHSP4	2393,4	F70-IT4	1029,9
			1350,3		2334,9		2391,2		
			-41,4		0,4		2,1		
								-45,1	
Vägning, 25 c		2012-12-08 W ₂₅							
		F70-R1		F70-OHP1	2337,9	F70-OHSP1	2397,7	F70-IT1	
		F70-R2		F70-OHP2	2325,7	F70-OHSP2	2387,5	F70-IT2	
		F70-R3		F70-OHP3	2355,7	F70-OHSP3	2387,8	F70-IT3	
		F70-R4		F70-OHP4	2326,4	F70-OHSP4	2387,3	F70-IT4	
			#DIVISION/0!		2336,4		2390,1	#DIVISION/0!	
			#DIVISION/0!		0,5		2,1	#DIVISION/0!	
Vägning, 30 c		2012-12-13 W ₃₀							
		F70-R1		F70-OHP1	2338,3	F70-OHSP1	2399,1	F70-IT1	
		F70-R2		F70-OHP2	2326,2	F70-OHSP2	2322,9	F70-IT2	
		F70-R3		F70-OHP3	2356,9	F70-OHSP3	2346,3	F70-IT3	
		F70-R4		F70-OHP4	2328,4	F70-OHSP4	2340,5	F70-IT4	
			#DIVISION/0!		2337,5		2352,2	#DIVISION/0!	
			#DIVISION/0!		0,6		0,5	#DIVISION/0!	
Vägning, 35 c		2012-12-18 W ₃₅							
		F70-R1		F70-OHP1	2337,2	F70-OHSP1	2325,8	F70-IT1	
		F70-R2		F70-OHP2	2327,0	F70-OHSP2	2205,6	F70-IT2	
		F70-R3		F70-OHP3	2351,2	F70-OHSP3	2288,8	F70-IT3	
		F70-R4		F70-OHP4	2329,0	F70-OHSP4	2277,4	F70-IT4	
			#DIVISION/0!		2336,1		2274,4	#DIVISION/0!	
			#DIVISION/0!		0,5		-2,9	#DIVISION/0!	
Vägning, 40 c		2012-12-23 W ₄₀							
		F70-R1		F70-OHP1	2337,4	F70-OHSP1	2200,9	F70-IT1	
		F70-R2		F70-OHP2	2328,3	F70-OHSP2	2012,5	F70-IT2	
		F70-R3		F70-OHP3	2336,2	F70-OHSP3	2150,7	F70-IT3	
		F70-R4		F70-OHP4	2329,6	F70-OHSP4	2062,6	F70-IT4	
			#DIVISION/0!		2332,9		2106,7	#DIVISION/0!	
			#DIVISION/0!		0,4		-10,0	#DIVISION/0!	
Vägning, 45 c		2012-12-28 W ₄₅							
		F70-R1		F70-OHP1	2336,8	F70-OHSP1	2065,4	F70-IT1	
		F70-R2		F70-OHP2	2325,9	F70-OHSP2	1655,3	F70-IT2	
		F70-R3		F70-OHP3	2293,5	F70-OHSP3	2002,4	F70-IT3	
		F70-R4		F70-OHP4	2274,3	F70-OHSP4	1903,3	F70-IT4	
			#DIVISION/0!		2307,6		1906,6	#DIVISION/0!	
			#DIVISION/0!		-0,7		-18,6	#DIVISION/0!	
Vägning, 50 c		2013-01-02 W ₅₀							
Avslut									
		F70-R1		F70-OHP1	2334,3	F70-OHSP1	1618,2	F70-IT1	
		F70-R2		F70-OHP2	2270,9	F70-OHSP2	1191,7	F70-IT2	
		F70-R3		F70-OHP3	2148,4	F70-OHSP3	1718,8	F70-IT3	
		F70-R4		F70-OHP4	2225,9	F70-OHSP4	1393,1	F70-IT4	
			#DIVISION/0!		2244,9		1480,5	#DIVISION/0!	
			#DIVISION/0!		-3,4		-36,8	#DIVISION/0!	

Uttorkning, SS-EN 13 579

Tillverkning/vattenlagring		Datum	REF	OH100+HP200	OH100+StoPur V600	Innerseal+Topseal Plus	REF i 105±5 C					
		2012-08-02	3 st 70	3 st 70	3 st 70	3 st 70	3 st 70					
Vägning/kond	2012-09-06	W _{ssd}	D70-R1	2361,6	D70-OHHP1	2362,2	D70-OHSP1	2369,7	D70-IT1	2379,7	D70-RT1	2427,0
Placering i 21±2C, 60±10 RF	10:00		D70-R2	2397,1	D70-OHHP2	2372,4	D70-OHSP2	2365,1	D70-IT2	2343,9	D70-RT2	2378,1
Placering i 105±5 C			D70-R3	2389,2	D70-OHHP3	2375,9	D70-OHSP3	2371,4	D70-IT3	2369,6	D70-RT3	2377,8
				2382,6		2370,2		2368,7		2364,4		2394,3
Vägning efter torkning i 105±5 C	2012-09-13	W _{od}									D70-RT1	2275,5
											D70-RT2	2234,5
											D70-RT3	2228,6
												6,6
Vägning	2012-09-11	W ₃	D70-R1	2327,6	D70-OHHP1	2330,4	D70-OHSP1	2338,2	D70-IT1	2348,4		
21±2C, 60±10 RF			D70-R2	2367,3	D70-OHHP2	2340,1	D70-OHSP2	2334,7	D70-IT2	2311,6		
			D70-R3	2358,8	D70-OHHP3	2344,7	D70-OHSP3	2341,8	D70-IT3	2339,5		
				2351,2		2338,4		2338,2		2333,2		
Vägning	2012-09-12	W ₄	D70-R1	2325,1	D70-OHHP1	2328,1	D70-OHSP1	2336,0	D70-IT1	2346,3		
21±2C, 60±10 RF			D70-R2	2364,4	D70-OHHP2	2337,9	D70-OHSP2	2332,6	D70-IT2	2309,1		
			D70-R3	2356,0	D70-OHHP3	2342,6	D70-OHSP3	2339,5	D70-IT3	2337,0		
				2348,5		2336,2		2336,0		2330,8		
Vägning	2012-09-13	W ₇	D70-R1	2323,5	D70-OHHP1	2326,6	D70-OHSP1	2334,7	D70-IT1	2344,9		
21±2C, 60±10 RF			D70-R2	2362,9	D70-OHHP2	2336,5	D70-OHSP2	2331,3	D70-IT2	2307,7		
			D70-R3	2354,5	D70-OHHP3	2341,2	D70-OHSP3	2338,2	D70-IT3	2335,5		
				2347,0		2334,8		2334,7		2329,4		
Fuktkvot (5,0±0,5)		M	%	4,5	3,9	3,9	3,7					
Uttorkning - obehandlade												
Vägning	2012-09-13	d ₀	D70-R1	2323,5								
placering i 30±2C, 40±5 RF	Kl: 08:20		D70-R2	2362,9								
			D70-R3	2354,5								
				2347,0								
Vägning	2012-09-13	d ₁	D70-R1	2319,9								
efter 6±0,1 h	Kl: 14:20		D70-R2	2359,1								
			D70-R3	2351,0								
				2343,3								
Vägning	2012-09-14	d ₂	D70-R1	2315,1								
efter 24±0,1 h	Kl: 08:10		D70-R2	2354,0								
			D70-R3	2346,2								
				2338,4								
Drying rate		D _a	(g/m ² h)	4,54								
Applicering I												
ca 15 min i vätska	2012-09-13	W ₁₁			OH 100	OH 100	Innerseal					
vät i vät därefter	Kl: 10:40	W ₁₂	D70-OHHP1	2326,6	D70-OHSP1	2334,7	D70-IT1	2344,9				
				2335,1		2343,6		2352,6				
				8,5		8,9		7,7				
OH 100 batchnr: U02101			D70-OHHP2	2336,5	D70-OHSP2	2331,3	D70-IT2	2307,7				
INNERSEAL: 120209				2345,2		2339,6		2314,3				
				8,7		8,3		6,6				
			D70-OHHP3	2341,2	D70-OHSP3	2338,2	D70-IT3	2335,5				
				2349,8		2346,2		2341,8				
				8,6		8,0		6,3				
Applicering II												
HP 200 batchnr: 07249-001	2012-09-14	W ₁₁			HP 200	StoPur	Topseal Plus					
Murfinish: 100419	Kl: 12:40	W ₁₂	D70-OHHP1	2331,8	D70-OHSP1	2340,1	D70-IT1	2346,2				
StoPur V600: 3150120501				2336,2		2364,9		2351,8				
				4,4		24,8		5,6				
			D70-OHHP2	2341,9	D70-OHSP2	2336,3	D70-IT2	2309,0				
				2346,3		2362,3		2314,5				
				4,4		26,0		5,5				
			D70-OHHP3	2346,4	D70-OHSP3	2343,0	D70-IT3	2336,5				
				2350,6		2369,2		2343,2				
				4,2		26,2		6,7				
Uttorkning - behandlade												
Vägning	2012-09-15	d ₀	D70-OHHP1	2332,1	D70-OHSP1	2358,6	D70-IT1	2346,4				
placering i 30±2C, 40±5 RF	Kl: 10:15		D70-OHHP2	2342,4	D70-OHSP2	2351,4	D70-IT2	2309,1				
			D70-OHHP3	2347,2	D70-OHSP3	2357,0	D70-IT3	2336,7				
				2340,6		2355,7		2330,7				
Vägning	2012-09-16	d ₁	D70-OHHP1	2328,7	D70-OHSP1	2357,0	D70-IT1	2331,2				
efter 24±0,1 h	d ₁ < W ₇		D70-OHHP2	2339,0	D70-OHSP2	2350,0	D70-IT2	2303,5				
	Kl: 10:05		D70-OHHP3	2343,7	D70-OHSP3	2355,6	D70-IT3	2341,0				
				2337,1		2354,2		2325,2				
Vägning	2012-09-17	d ₂	D70-OHHP1	2326,6	D70-OHSP1	2356,0	D70-IT1	2337,7				
efter 48±0,1 h,	Kl: 10:15		D70-OHHP2	2336,9	D70-OHSP2	2348,9	D70-IT2	2300,2				
			D70-OHHP3	2341,7	D70-OHSP3	2354,6	D70-IT3	2327,8				
				2335,1		2353,2		2321,9				
Drying rate		D ₁	(g/m ² h)	1,44	0,72	2,31						
(Class I: > 30 %)		DRC	%	31,6	15,8	51,0						

Alkaliresistens, SS-EN 13 580

Förvaring, obehandlade/beh

2012-09-14
Referenser placeras över kaliumulfatlösning i en sluten behållare

2012-09-17
Behandlade placeras över kaliumulfatlösning i en sluten behållare

Absorption I, i avj vatten

Behandlade/obehandlade provkroppar placeras i avjoniserat vatten i separata bägare

Vägning	Dato	Kl	i_1	D70-R1	D70-OHHP1	D70-OHSP1	D70-OHSP2	D70-OHSP3	D70-TT1	D70-TT2	D70-TT3
Vägning	2012-09-27	Kl 10:40	i_1	D70-R1	2324,2	2328,6	2357,8	2342,6	2342,6		
				D70-R2	2363,1	2338,5	2350,2	2303,7			
				D70-R3	2356,0	2343,4	2355,8	2332,0			
				2347,8	2336,8	2354,6		2326,1			
Vägning efter 1±0,02 h	2012-09-27	Kl 11:40	i_2	D70-R1	2337,9						
				D70-R2	2374,7						
				D70-R3	2367,5						
				2360,0							
Vägning efter 24±0,1h	2012-09-28	Kl 10:35	i_2		D70-OHHP1	2330,4	2359,8	2363,2			
					D70-OHHP2	2340,2	2352,1	2325,9			
					D70-OHHP3	2345,2	2357,7	2352,1			
				2338,6	2356,5	2347,1					
				I_m [g/m ² h ^{0,5}]							
				I_{um} [g/m ² h ^{0,5}]	204,44	6,01	6,58	71,33			
(Krav: < 7,5 %)			AR	%		2,94	3,22	34,89			

Absorption II, i KOH

2012-09-28

Kl: 12:40

Behandlade provkroppar placeras i separata bägare med KOH (5,6 g/l) i 21±0,1 dygn. Därefter torkas och vägs tills villkoret (±2 g) uppfyllts

Vägning	Dato	Kl	i_1	D70-OHHP1	D70-OHHP2	D70-OHHP3	D70-OHSP1	D70-OHSP2	D70-OHSP3	D70-TT1	D70-TT2	D70-TT3
Vägning efter 21±0,1d	2012-10-19	Kl: 09:30	i_1	D70-OHHP1	2344,3	2383,4	2372,9					
				D70-OHHP2	2353,4	2374,4	2337,0					
				D70-OHHP3	2358,2	2380,9	2363,0					
				2352,0	1)	2379,6	2357,6					
(±2 g av ₁)			ej ok	15,1	25,0	31,5						
Vägning	2012-10-22	Kl: 08:30	i_1	D70-OHHP1	2333,4	2369,2	2346,6					
				D70-OHHP2	2342,8	2361,9	2310,1					
				D70-OHHP3	2347,4	2367,8	2337,6					
				2341,2	2366,3	2331,4						
(±2 g av ₁)			ej ok	4,4	11,7	5,3						
Vägning	2012-10-25	Kl: 11:30	i_1	D70-OHHP1	2329,1	2364,6	2341,2					
				D70-OHHP2	2338,8	2357,5	2304,0					
				D70-OHHP3	2343,6	2363,5	2331,6					
				2337,2	2361,9	2325,6						
(±2 g av ₁)			ok	0,3	7,3	-0,5						
Vägning	2012-10-31	Kl: 12:30	i_1		D70-OHSP1	2359,2						
					D70-OHSP2	2352,1						
					D70-OHSP3	2358,1						
				2356,5	1,9							
(±2 g av ₁)				ok	1,9							

Absorption III, i avj vatten

Behandlade provkroppar placeras i avjoniserat vatten

Vägning	Dato	Kl	i_1	D70-OHHP1	D70-OHHP2	D70-OHHP3	D70-TT1	D70-TT2	D70-TT3
Vägning	2012-10-25	Kl: 11:30	i_1	D70-OHHP1	2329,1	2341,2			
				D70-OHHP2	2338,8	2304,0			
				D70-OHHP3	2343,6	2331,6			
				2337,2	2325,6				
Vägning efter 24±0,1h	2012-10-26	Kl: 11:30	i_2	D70-OHHP1	2332,9	2364,3			
				D70-OHHP2	2342,4	2327,7			
				D70-OHHP3	2347,3	2353,9			
				2340,9	2348,6				
Vägning	2012-10-31	Kl: 12:30	i_1		D70-OHSP1	2359,2			
					D70-OHSP2	2352,1			
					D70-OHSP3	2358,1			
				2356,5					
Vägning efter 24±0,1h	2012-11-01	kl 12:30	i_2		D70-OHSP1	2365,1			
					D70-OHSP2	2357,7			
					D70-OHSP3	2364,6			
				1)	2362,5				
				$I_{m(alk)}$ [g/m ² h ^{0,5}]	12,588	20,412	78,361		
(Krav: < 10 %)			ARalk	%	6,2	10,0	38,3		

1) Blåsor/vattenansamling mellan btg/yttskikt.
Ytskiktet flagnar av

Karbonatisering EN 13295, 1 % CO₂

		Referens	OH100+HP200	OH100+StoPur V600	Innerseal+Topseal PI	
Tillverkning	Datum 2012-08-02	4 st 70	4 st 70	4 st 70	4 st 70	
Vattenlagring 21±2C	2012-08-03	K70-R1 K70-R2 K70-R3 K70-R4	K70-OHHP-1 K70-OHHP-2 K70-OHHP-3 K70-OHHP-4	K70-OHSP-1 K70-OHSP-2 K70-OHSP-3 K70-OHSP-4	K70-IT-1 K70-IT-2 K70-IT-3 K70-IT-4	
Konditionering/vågning 21±2C, 60±10 RF	2012-08-30	(g)	(g)	(g)	(g)	
		K70-R1 K70-R2 K70-R3 K70-R4	K70-OHHP-1 K70-OHHP-2 K70-OHHP-3 K70-OHHP-4	K-R40-1 K-R40-2 K-R40-3 K-R40-4	K-R40-1 K-R40-2 K-R40-3 K-R40-4	
	2012-09-11	K70-R1 2342,7 K70-R2 2319,1 K70-R3 2320,3 K70-R4 2316,3 2324,6	K70-OHHP-1 2332,5 K70-OHHP-2 2341,8 K70-OHHP-3 2348,0 K70-OHHP-4 2334,8 2339,3	K70-OHSP-1 2347,0 K70-OHSP-2 2339,0 K70-OHSP-3 2394,2 K70-OHSP-4 2331,4 2352,9	K70-IT-1 2321,8 K70-IT-2 2380,1 K70-IT-3 2336,8 K70-IT-4 2359,0 2349,4	
	2012-09-12	K70-R1 2341,5 K70-R2 2317,9 K70-R3 2319 K70-R4 2315 2323,4	K70-OHHP-1 2331,1 K70-OHHP-2 2340,6 K70-OHHP-3 2346,7 K70-OHHP-4 2333,6 2338,0	K70-OHSP-1 2346,0 K70-OHSP-2 2337,8 K70-OHSP-3 2392,9 K70-OHSP-4 2330,2 2351,7	K70-IT-1 2320,5 K70-IT-2 2378,8 K70-IT-3 2335,4 K70-IT-4 2357,8 2348,1	
	2012-09-13	ok 0,05 K70-R1 2341 K70-R2 2317 K70-R3 2318 K70-R4 2314 2322,7	ok 0,05 K70-OHHP-1 2330,3 K70-OHHP-2 2339,9 K70-OHHP-3 2345,9 K70-OHHP-4 2332,9 2337,3	ok 0,05 K70-OHSP-1 2345,2 K70-OHSP-2 2337,2 K70-OHSP-3 2392,1 K70-OHSP-4 2329,5 2351,0	ok 0,06 K70-IT-1 2319,8 K70-IT-2 2378,1 K70-IT-3 2334,7 K70-IT-4 2357,1 2347,4	
	<0,2%	ok 0,03	ok 0,03	ok 0,03	ok 0,03	
Applicering I 21±2C, 60±10 RF ca 15 min i vätska våt i våt därefter OH 100 batchnr: UI02101 INNERSEAL: 120209	2012-09-13		OH 100 F70-OHHP1 2330,3 2341,0 10,7 F70-OHHP2 2339,9 2350,3 10,4 F70-OHHP3 2345,9 2356,6 10,7 F70-OHHP4 2332,9 2343,7 10,8	OH 100 F70-OHSP1 2345,2 2355,9 10,7 F70-OHSP2 2337,2 2347,8 10,6 F70-OHSP3 2392,1 2402,7 10,6 F70-OHSP4 2329,5 2340,0 10,5	Innerseal F70-IT1 2319,8 2327,5 7,7 F70-IT2 2378,1 2385,6 7,5 F70-IT3 2334,7 2342,8 8,1 F70-IT4 2357,1 2364,5 7,4	
Applicering II 21±2C, 60±10 RF HP 200 batchnr: 07249-001 Murfinish: 100419 StoPur V600: 3150120501	2012-09-20		HP 200 F70-OHHP1 2334,1 2340,5 6,4 F70-OHHP2 2343,7 2349,7 6,0 F70-OHHP3 2349,6 2355,1 5,5 F70-OHHP4 2336,9 2343,2 6,3	StoPur F70-OHSP1 2347,6 2373,5 25,9 F70-OHSP2 2339,5 2362,5 23,0 F70-OHSP3 2394,1 2419,0 24,9 F70-OHSP4 2331,6 2360,1 28,5	Topseal Plus F70-IT1 2318,4 2323,7 5,3 F70-IT2 2376,5 2383,9 7,4 F70-IT3 2333,2 2340,2 7,0 F70-IT4 2355,6 2362,3 6,7	
Karbonatiseringsdjup, I 21±2C, 60±10 RF 1% CO ₂	2012-10-04	d _{k1} d _{k2} d _{k3} d _{k4} medel d _{k1-4} medel d _{k1-4}	(mm) K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K-R45-1-P1-5 0,0 K-R45-2-P1-5 0,0 0,00	(mm) K70-OHHP-1-P1-5 0,0 K70-OHHP-2-P1-5 0,0 K70-OHHP-1-P1-5 0,0 K70-OHHP-2-P1-5 0,0 K70-OHHP-1-P1-5 0,0 K70-OHHP-2-P1-5 0,0 K70-OHHP-1-P1-5 0,0 K70-OHHP-2-P1-5 0,0 K-R45-1-P1-5 0,0 K-R45-2-P1-5 0,0 0,00	(mm) K-R40-1-P1-5 0,0 K-R40-2-P1-5 0,0 K-R40-1-P1-5 0,0 K-R40-2-P1-5 0,0 K-R40-1-P1-5 0,0 K-R40-2-P1-5 0,0 K-R40-1-P1-5 0,0 K-R40-2-P1-5 0,0 K-R45-1-P1-5 0,0 K-R45-2-P1-5 0,0 0,00	(mm) K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K70-R1-P1-5 0,0 K70-R2-P1-5 0,0 K-R45-1-P1-5 0,0 K-R45-2-P1-5 0,0 0,00
Start karbonatisering 21±2C, 60±10 RF 1% CO ₂	2012-10-04	K70-R3 K70-R4	K70-OHHP-3 K70-OHHP-4	K70-OHSP-3 K70-OHSP-4	K70-IT-3 K70-IT-4	
Karbonatiseringsdjup, II 21±2C, 60±10 RF	2012-11-29	d _{k1} d _{k2} d _{k3} d _{k4} medel d _{k1-4} medel d _{k1-4}	(mm) K70-R3 9,90 K70-R4 8,20 K70-R3 9,80 K70-R4 9,00 K70-R3 7,40 K70-R4 6,70 K70-R3 9,80 K70-R4 8,30 K70-R1-P1-5 9,23 K70-R2-P1-5 8,05 8,64	(mm) K70-OHHP-3 3,50 K70-OHHP-4 4,30 K70-OHHP-3 3,80 K70-OHHP-4 4,10 K70-OHHP-3 3,00 K70-OHHP-4 3,20 K70-OHHP-3 4,70 K70-OHHP-4 2,60 K-R45-1-P1-5 3,75 K-R45-2-P1-5 3,55 3,65	(mm) K70-OHSP-3 0,00 K70-OHSP-4 0,00 K70-OHSP-3 0,00 K70-OHSP-4 0,00 K70-OHSP-3 0,00 K70-OHSP-4 0,00 K70-OHSP-3 0,00 K70-OHSP-4 0,00 K-R45-1-P1-5 0,00 K-R45-2-P1-5 0,00 0,00	(mm) K70-IT-3 7,60 K70-IT-2 6,90 K70-IT-3 8,70 K70-IT-2 8,30 K70-IT-3 6,50 K70-IT-2 7,10 K70-IT-3 8,50 K70-IT-2 8,40 K-R45-1-P1-5 7,83 K-R45-2-P1-5 7,68 7,75

Kloridbestämning								
	Datum	REF	OH100+HP200	OH100+StoPur V600	Innerseal+Topseal Plus			
Tillverkning/vattenlagring	2012-08-02	2 st 70	2 st 70	2 st 70	2 st 70			
Sågning 100x100x20	2012-09-06	3	3	3	3			
			OH 100	OH 100	Innerseal			
Applicering I 21±2C, 60±10 RF ca 15 min i vätska vät i vät därefter	2012-09-20	C70-R1	C70-OHHP1	493,5 498,0 4,5	C70-OHSP1	478,2 483,0 4,8	C70-IT1	490,3 494,3 4,0
		C70-R2	C70-OHHP2	493,0 497,6 4,6	C70-OHSP2	487,0 491,7 4,7	C70-IT2	470,5 474,7 4,2
		C70-R3	C70-OHHP3	478,4 482,7 4,3	C70-OHSP3	474,2 478,9 4,7	C70-IT3	481,1 485,6 4,5
				HP 200	StoPur	Topseal Plus		
		C70-R1	C70-OHHP1	495,7 498,5 2,8	C70-OHSP1	480,5 492,0 11,5	C70-IT1	491,3 493,6 2,3
		C70-R2	C70-OHHP2	495,1 498,0 2,9	C70-OHSP2	489,5 500,7 11,2	C70-IT2	471,6 474,4 2,8
		C70-R3	C70-OHHP3	480,5 483,4 2,9	C70-OHSP3	476,4 486,7 10,3	C70-IT3	482,0 484,7 2,7
		Placering i NaCl 56 d	2012-10-04					

Appendix B

Bilder från fältförsök



Rosvollbrua: Sprekk ved stolpe 4



Rosvollbrua: Prøveuttak oppmerking mellom armeringsjern på kantdrager



Rosvollbrua: Prøver tatt mellom armeringsjern ca 90 mm fra topp og ca 40 mm fra veidekket



Rosvollbrua: Utboring av betongkjerner



Rosvollbrua: Utborede betongkjerne mellom stolpe 4 – 5.



Rosvollbrua: Påført vann på overflate på prøvelfelt mellom stolpe 6 og 7 (StoCryl HG300) som viser at overflaten er litt vannavstøtende.