

# Tidlig overflatebehandling av lavvarmebetong

Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012-2015

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 421



**Tittel**

Tidlig overflatebehandling av lavvarmebetong

**Undertittel**

Prøveprosjekt i tilknytning til Tresfjordbrua

**Forfatter**

Eva Rodum

**Avdeling**

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

**Seksjon**

Tunnel og betong

**Prosjektnummer**

603246

**Rapportnummer**

Nr. 421

**Prosjektleder**

Synnøve A. Myren / Sølvi Austnes

**Godkjent av**

Synnøve A. Myren

**Emneord**

Varige konstruksjoner, betong, flygeaske, kloridinntrenging, tidlig overflatebehandling felteksporing, laboratorieundersøkelser

**Sammendrag**

Ulike prøveelementer støpt med lavvarmebetong (39 % flygeaske av klinker- og flygeaskemengden) er avformet 3 døgn etter utstøping og påført hydrofobere impregnering (StoCryl HG 200) umiddelbart etterpå. Elementene er eksponert i sjøvann hhv 3, 7 og 14 døgn etter påføring av impregneringen. Ubehandlete elementer er eksponert på tilsvarende måte og på samme tidspunkt som de impregnerte elementene. Kloridinntrengingen i impregnert og ubehandlet betong er undersøkt etter 6 og 13 mnd eksponering i sjøvann. Resultatene viser at tidlig overflatebehandling av betong med StoCryl HG 200 gir en meget god kloridbremsende effekt i tidlig alder (undersøkt opp til 1 år). Filtreringseffekten øker med økende polymeriserings-/herdetid før eksponering og avtar med økende eksponeringstid. Det er planlagt avsluttende prøving av de små elementene etter 2 års eksponering, mens stort element vil bli gjenstand for langtidsprøving over flere år.

**Title**

Early surface treatment of low heat concrete

**Subtitle**

Test project related to Tresfjord bridge

**Author**

Eva Rodum

**Department**

Traffic Safety, Environment and Technology Department

**Section**

Tunnel and concrete

**Project number**

603246

**Report number**

No. 421

**Project manager**

Synnøve A. Myren / Sølvi Austnes

**Approved by**

Synnøve A. Myren

**Key words**

Durable structures, concrete, fly ash, chloride ingress, surface treatment, early age, field exposure, laboratory examinations

**Summary**

Different test elements cast with low heat concrete (39 % fly ash of clinker and fly ash weight) are demoulded after 3 days and impregnated with StoCryl HG 200 immediately thereafter. The elements were exposed in seawater 3, 7 and 14 days after impregnation, respectively. Untreated elements were exposed correspondingly. The chloride ingress into both impregnated and untreated concrete is determined after 6 months and 13 months exposure respectively. The results show a very good filtering effect of the impregnation in early age (up to 1 year). The filtering effect increases with increasing time of polymerisation/curing before exposure and decreases with increasing exposure time. Testing of small elements is planned finalized after 2 years of exposure, while the large element will undergo long term testing.

## Forord

Denne rapporten inngår i en serie rapporter fra **etatsprogrammet Varige konstruksjoner**. Programmet hører til under Trafikksikkerhet-, miljø- og teknologiavdelingen i Statens vegvesen, Vegdirektoratet, og foregår i perioden 2012-2015. Hensikten med programmet er å legge til rette for at riktige materialer og produkter brukes på riktig måte i Statens vegvesen sine konstruksjoner, med hovedvekt på bruer og tunneler.

Formålet med programmet er å bidra til mer forutsigbarhet i drift- og vedlikeholdsfasen for konstruksjonene. Dette vil igjen føre til lavere kostnader. Programmet vil også bidra til å øke bevisstheten og kunnskapen om materialer og løsninger, både i Statens vegvesen og i bransjen for øvrig.

For å realisere dette formålet skal programmet bidra til at aktuelle håndbøker i Statens vegvesen oppdateres med tanke på riktig bruk av materialer, sørge for økt kunnskap om miljøpåkjenninger og nedbrytningsmekanismer for bruer og tunneler, og gi konkrete forslag til valg av materialer og løsninger for bruer og tunneler.

Varige konstruksjoner består, i tillegg til et overordnet implementeringsprosjekt, av fire prosjekter:

- Prosjekt 1: Tilstandsutvikling bruer
- Prosjekt 2: Tilstandsutvikling tunneler
- Prosjekt 3: Fremtidens bruer
- Prosjekt 4: Fremtidens tunneler

Varige konstruksjoner ledes av Synnøve A. Myren. Mer informasjon om prosjektet finnes på [vegvesen.no/varigekonstruksjoner](http://vegvesen.no/varigekonstruksjoner)

Denne rapporten tilhører **Prosjekt 3: Fremtidens bruer** som ledes av Sølvi Austnes. Prosjektet skal bidra til at fremtidige bruer bygges med materialer bedre tilpasset det miljøet konstruksjonene skal stå i. Prosjektet skal bygge på etablert kunnskap om skadeutvikling og de sårbare punktene som identifiseres i Prosjekt 1: Tilstandsutvikling bruer, og skal omhandle både materialer, utførelse og kontroll. Prosjektet skal resultere i at fremtidige bruer oppnår forutsatt levetid med reduserte og mer forutsigbare drift- og vedlikeholdskostnader.

Rapporten er utarbeidet av *Eva Rodum*, Statens vegvesen

## INNHOOLDSLISTE:

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MÅL</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>BAKGRUNN - RESULTATER FRA TIDLIGERE UNDERSØKELSER</b> .....	<b>3</b>
3.1	KLORIDMOTSTAND LAVVARMEBETONGER .....	3
3.1.1	<i>Samarbeidsprosjektet Anl FA</i> .....	4
3.1.2	<i>Møllenbergtunnelen i Trondheim</i> .....	6
3.1.3	<i>Senketunnelen i Bjørvika</i> .....	7
3.2	EFFEKT AV TIDLIG OVERFLATEBEHANDLING .....	8
<b>4</b>	<b>TRESFJORDBRUA - MATERIALER</b> .....	<b>12</b>
4.1	PROSJEKTBEKRIVELSE – KRAV TIL BETONG OG HYDROFOBERENDE IMPREGNERING .....	12
4.2	BETONGRESEPT .....	12
4.3	HYDROFOBERENDE IMPREGNERING.....	13
<b>5</b>	<b>BESKRIVELSE AV PRØVEPROGRAM</b> .....	<b>13</b>
5.1	ORGANISERING.....	13
5.2	TYPE PRØVING.....	14
5.3	PRØVEELEMENTER .....	14
5.4	EKSPONERINGSFORHOLD.....	14
5.5	TIDSPLAN .....	17
<b>6</b>	<b>UTSTØPING AV PRØVEELEMENTER</b> .....	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>AVFORMING OG PÅFØRING AV STOCRYL HG 200</b> .....	<b>20</b>
7.1	GENERELT .....	20
7.2	STORT ELEMENT .....	21
7.3	SMÅ ELEMENTER .....	23
<b>8</b>	<b>VÆRFORHOLD I PERIODEN FRA STØPING TIL EKSPONERING</b> .....	<b>26</b>
<b>9</b>	<b>EKSPONERING</b> .....	<b>26</b>
9.1	SMÅ ELEMENTER .....	26
9.2	STORT ELEMENT .....	27
<b>10</b>	<b>PRØVING</b> .....	<b>29</b>
10.1	OMFANG OG UTTAK AV PRØVEMATERIALE.....	29
10.2	TRYKKFASTHET.....	31
10.3	INNTRENGINGSDYBDE AV HYDROFOBERENDE IMPREGNERING – FØR EKSPONERING.....	32
10.4	KLORIDPROFILER OG INNTRENGINGSDYBDE AV IMPREGNERING ETTER 6 OG 13 MND EKSPONERING....	34
10.4.1	<i>Generelt</i> .....	34
10.4.2	<i>Kloridinntrenging etter 6 mnd eksponering</i> .....	36
10.4.3	<i>Kloridinntrenging etter 13 mnd eksponering</i> .....	38
10.4.4	<i>Inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering etter 6 og 13 mnd eksponering</i> .....	41
<b>11</b>	<b>BEHANDLING OG VURDERING AV RESULTATER</b> .....	<b>42</b>
11.1	KLORIDPROFILER – UTVIKLING FRA 6 TIL 13 MND OG INNTRENGINGSDYBDE AV KLORIDER .....	42
11.2	KLORIDINNTRENGING I STORT ELEMENT KONTRA SMÅ ELEMENTER .....	44
11.3	INNTRENGT MENGDE KLORIDER OG FILTRERINGSEFFEKT AV HYDROFOBERENDE IMPREGNERING .....	45
11.4	DIFFUSJONSKOEFFISIENTER.....	47
11.5	VURDERING AV TRESFJORD-BETONGENS GENERELLE KLORIDBESTANDIGHET .....	49
<b>12</b>	<b>OPPSUMMERING</b> .....	<b>50</b>
<b>13</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>52</b>



- VEDLEGG 1: Produktdatablad StoCryl HG 200
- VEDLEGG 2: Armeringstegning stort element
- VEDLEGG 3: Kart som viser feltstasjon for langtidseksponering av stort element
- VEDLEGG 4: Sammenstilling foto – inntrengingsdybde etter 0, 6 og 13 mnd eksponering
- VEDLEGG 5: NBTL prøvingsrapport – 6 mnd
- VEDLEGG 6: NBTL prøvingsrapport – 13 mnd

**Foto:**

I flere figurer er fotograf angitt i figurtekst. Alle øvrige foto er tatt av Eva Rodum.

# 1 Innledning

I prosjektbeskrivelsen for Tresfjordbrua i Møre og Romsdal er det spesifisert bruk av lavvarmebetong (flygeaskeinnhold 50-65 % av Portlandsementen) og tidlig overflatebehandling med hydrofobere impregnering på landkar, fundamenter og søyler.

Formålet med overflatebehandlingen er å gi betongen ekstra beskyttelse i en tidlig fase hvor lavvarmebetonger erfaringsmessig har dårligere motstand mot kloridinntrenging enn betonger med ren Portlandsement. I moden alder (> 3-12 måneder) har betonger med høye flygeaskeinnhold vist gode bestandighetsegenskaper, og det er foreløpig usikkert om de reduserte bestandighetsegenskapene i tidlig alder har betydning for betongens bestandighet på lang sikt.

Tresfjordbrua er et pilotprosjekt med lavvarmebetong og tidlig overflatebehandling, og brua er valgt som objekt i prosjekt Fremtidens bruer i etatsprogrammet Varige konstruksjoner. Det ble etablert et prøveprogram for dokumentasjon av overflatebehandlingens kloridbremsende effekt på kort og lang sikt. Rapporten beskriver prøvingsprogrammet, herunder prosedyre for produksjon av prøveelementer, innledende prøvetaking, utplassering/eksponering av prøveelementene og resultater fra prøving etter seks måneder og ett års eksponering i sjøvann.

Det bemerkes at fram til 2015 er begrepet «lavvarmebetong» i Statens vegvesen benyttet om betonger med høyt flygeaskeinnhold (typisk > 50 % av klinskermengden). Fra 2015 er imidlertid lavvarmebetong, i Håndbok N400 Bruprosjektering, definert som en egen Statens vegvesen betongtype «SV Lavvarme». Krav til denne betongens egenskaper er gitt i Håndbok R762 Prosesskode-2 (forventet utgitt 2015), både i form av funksjonskrav knyttet til herdetemperatur og krav til betongsammensetning.

## 2 Mål

Prosjektet er gjennomført med følgende formål:

- Dokumentere kloridinntrenging i tidlig eksponert lavvarmebetong, med og uten hydrofobere impregnering
- Dokumentere betydning av betongens herdetid og silanens polymeriseringstid på betongens kloridmotstand

Undersøkelsene er utført på prøveelementer utstøpt med betong levert til Tresfjordbrua, og med samme hydrofobere impregnering som brukt på bru-prosjektet.

## 3 Bakgrunn - resultater fra tidligere undersøkelser

### 3.1 Kloridmotstand lavvarmebetonger

Statens vegvesen har siden planleggingsfasen for senketunnelen i Bjørvika (Operatunnelen), fra tidlig på 2000-tallet, utført flere omfattende dokumentasjonsprogrammer med egenskapstesting av lavvarmebetonger (her: betonger med varierende innhold av flygeaske). Det er gjennomført testing av både varmeutvikling, mekaniske egenskaper og bestandighetsegenskaper, fra tidlig alder til flere års betongalder. Det opprinnelige formålet med høye flygeaskedoseringer var å få kontroll med herdevarmen og redusere opprissingen i betongens herdefase. Erfaringer gjennom årene har vist at høye flygeaskedoseringer også er fordelaktig med hensyn på støpelighetsegenskaper. I tillegg oppnås store miljøgevinst ved å erstatte sementklinker med flygeaske /1/.

Når det gjelder lavvarmebetongers kloridmotstand er de viktigste resultatene fremkommet gjennom følgende prosjekter:

- Senketunnelen i Bjørvika, forundersøkelser /2/ og dokumentasjon under produksjon (samarbeid med Skanska) /3/. I tillegg langtidsdokumentasjon utført av Skanska /4/.
- Samarbeidsprosjektet Anlegg FA (samarbeid med Norcem AS), laboratorieprogram for undersøkelse av bindemiddelkombinasjoner /5/
- Møllenbergtunnelen i Trondheim, dokumentasjon under bygging (samarbeid med NCC) /6/

Samarbeidsprosjektet Anlegg FA er et dokumentasjonsprogram som i sin helhet er basert på laboratoriestøpt betong, i Bjørvika-prosjektet er det gjort dokumentasjon av både laboratorie- og feltprodusert betong, mens det for Møllenberg-prosjektet er utført laboratorieprøving av både utboret feltstøpt betong og laboratoriestøpt fabrikkprodusert betong.

Generelt gjelder at betongens primæregenskaper, trykkfasthet og porøsitet, utvikles ved hydratisering av sementen og gjennom kjemiske reaksjoner mellom kalsiumhydroksid og silikastøv og flygeaske (der dette er tilsatt). I herdefasen skjer det store endringer i betongens faststoffvolum og dermed store endringer i porøsiteten. Silikastøv reagerer tidlig og med en virkningsfaktor på 2-3 i forhold til sement, mens flygeaske reagerer langt saktere og med en lavere virkningsfaktor enn silikastøv (godt under 1 ved 28 døgns alder, markant stigende på lang sikt) /7/. Kapillærporøsiteten i pastaen avtar med økende hydratiserings-/reaksjonsgrad, hvilket tilsier at betongens kloridmotstand vil øke med betongens alder (diffusjonskoeffisienten reduseres). For betong med Portlandsement og eventuelt silikastøv forventes en raskere økning i kloridmotstanden enn for betong med flygeasketilsetning.

Fram til 2015 har det i flere prosjekter vært benyttet ulike virkningsfaktorer for flygeaske (k-verdier på 0,7 eller 1), både for flygeaske tilsatt sementen og flygeaske tilsatt separat. Fra 2015 følger Statens vegvesen NS-EN 206+NA og benytter k-verdi på 2 for silika og k-verdi på 0,7 for flygeaske tilsatt separat. Der hvor flygeaske er en del av sementen regnes en k-verdi på 1. Dette gjelder for bestandighetsklassene MF45 og MF40.

I det etterfølgende er presentert en oppsummering av resultatene fra de ovennevnte prosjektene. For å lette sammenligningen av de ulike betongene er det gjort en omregning av opprinnelig proporsjonert masseforhold (med prosjektspesifikk k-faktor for flygeaske) til et masseforhold beregnet i henhold til dagens regelverk, dvs:

$$m = \frac{v}{c+2 \cdot s+0,7 \cdot f}$$

hvor v= fritt vann  
c = sement (eventuelt inklusive sammalt flygeaske) (alle delmaterialer gitt i kg/m<sup>3</sup>)  
s = silikastøv  
f = flygeaske tilsatt separat

### 3.1.1 Samarbeidsprosjektet Anl FA

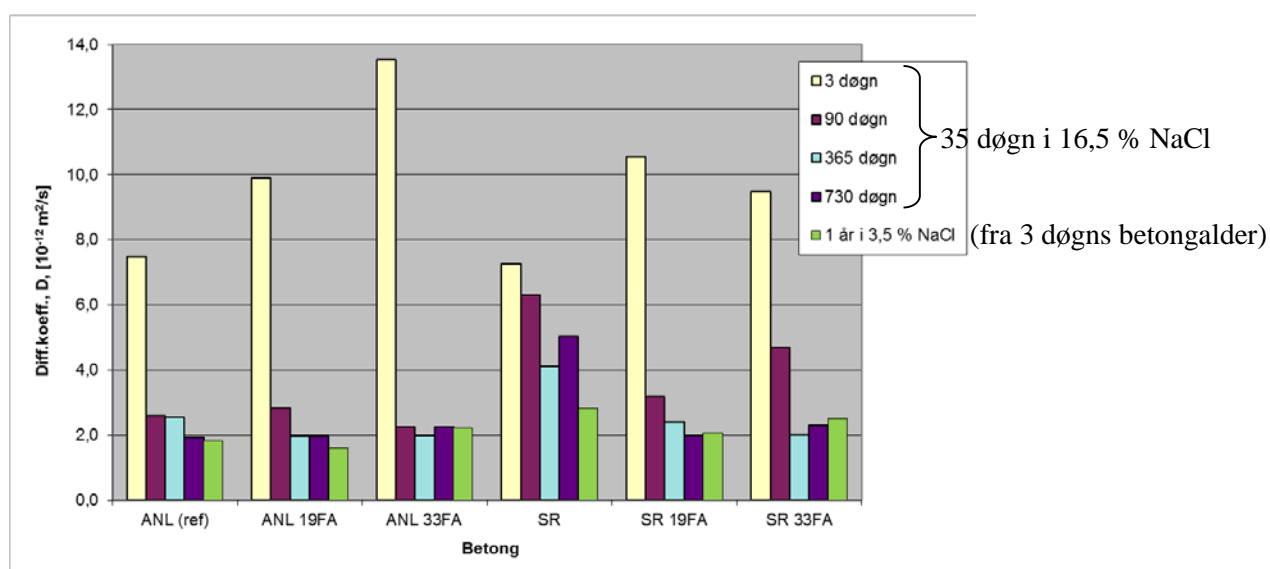
I dette prosjektet er det utført testing av kloridmotstand av laboratoriestøpte betonger med bindemiddelsammensetning og masseforhold som vist i Tabell 1.

Tabell 1 Betongsammensetning og masseforhold – samarbeidsprosjektet Anl FA /5/

Betong benevnt	Sement	Flygeaskeinnhold % av (c+f)		Proporsjonert masseforhold $v/(c+2\cdot s+1\cdot f)$	Masseforhold iht dagens beregning $v/(c+2\cdot s+0,7\cdot f)$
		Tilsatt separat	Totalt		
ANL (ref)	Norcem Anleggsement	0	0	0,40	0,40
ANL-19FA	Norcem Anleggsement	19	19	0,40	0,42
ANL-33FA	Norcem Anleggsement	33	33	0,40	0,44
SR	Norcem Sulfatresistent sement	0	0	0,40	0,40
SR-19FA	Norcem Sulfatresistent sement	19	19	0,40	0,42
SR-33FA	Norcem Sulfatresistent sement	33	33	0,40	0,44

Alle betonger har silikainnhold på 5 % av sement- og flygeaskeinnholdet.

Kloridmotstanden er undersøkt ved akselerert prøving (NT Build 443; 35 døgns eksponering i 16,5 % NaCl-løsning) ved 3 døgns, 90 døgns, 1 års og 2 års betongalder. I tillegg er kloridmotstanden undersøkt ved langtids eksponering i 3 % NaCl-løsning fra 3 døgns alder. Prøvingen er utført på støpte 100 mm terninger som er saget i to halvdeler, hvorav sagflaten er eksponert. Betongterningene er lagret i vann ved ca. 20 °C fra utstøping til klorideksponering. Beregnede diffusjonskoeffisienter fra disse undersøkelsene er sammenstilt i Figur 1.



Figur 1 Beregnede diffusjonskoeffisienter - samarbeidsprosjektet Anl FA /5/

Resultatene viser at de to klinkertypene ANL og SR i utgangspunktet har ulik kloridmotstand (ANL betydelig bedre enn SR) og at de responderer noe ulikt på flygeasketilsetning.

For Anleggsementen avtar kloridmotstanden med økende flygeasketilsetning ved eksponering i tidlig alder (3 døgns), men allerede etter 3 mnd herding i vann av 20 °C er det ingen signifikante forskjeller mellom de tre ANL-betongene med fra 0 til 33 % flygeaske.

For den sulfatresistente sementen ser man en redusert kloridmotstand ved flygeasketilsetning, prøvd ved 3 døgns betongalder, men allerede etter 3 mnd herding i vann av 20 °C ses en bedring i kloridmotstand ved tilsetning av flygeaske. Etter 1 og 2 års herding er det ingen signifikante forskjeller mellom 19 og 33 % FA-innhold, men begge disse betongene har bedre kloridmotstand enn betongen med ren SR-klinker.



Ser man på diffusjonskoeffisientene beregnet etter 1 års eksponering i 3,5 % NaCl-løsning, fra 3 døgns betongalder, er det små forskjeller mellom alle betongene. Det er imidlertid indikasjoner på at betongen med ren SR-sement har noe dårligere kloridmotstand enn de øvrige, også ved dette eksponeringsregime.

### 3.1.2 Møllenbergtunnelen i Trondheim

I Møllenbergprosjektet er det utført akselerert prøving av kloridmotstand for fabrikkproduisert/feltstøpte betonger med bindemiddelsammensetning og masseforhold som vist i Tabell 2.

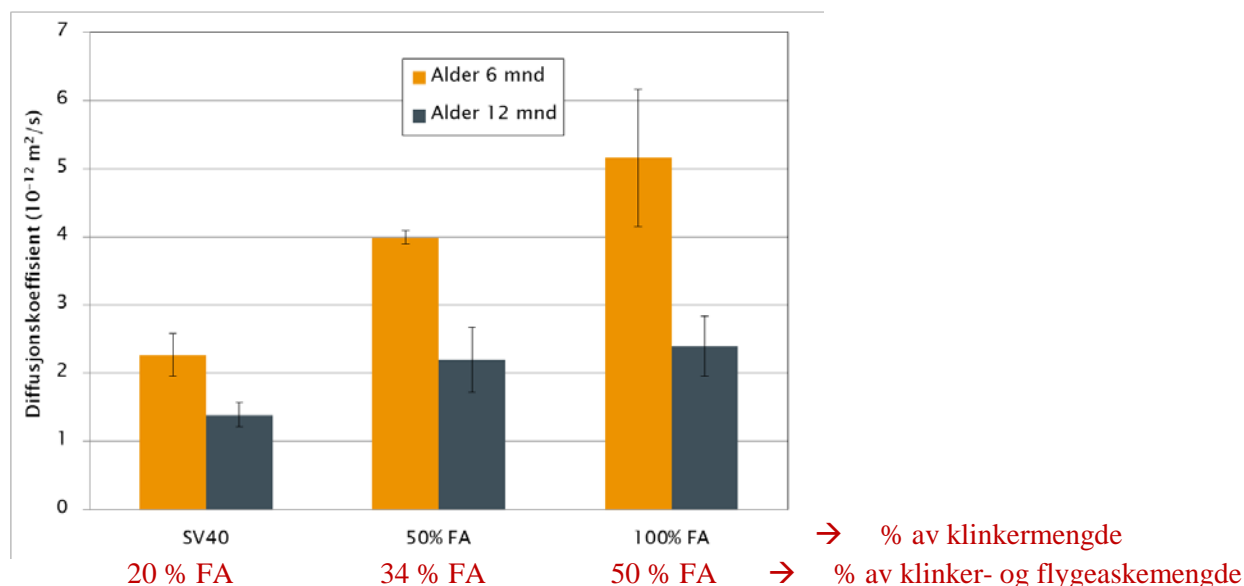
Tabell 2 Betongsammensetning og masseforhold – Møllenberg /6/

Betong benevnt*)	Sement	Flygeaskeinnhold % av (c+f)		Proporsjonert masseforhold $v/(c+2\cdot s+1\cdot f)$	Masseforhold iht dagens beregning $v/(c+2\cdot s+0,7\cdot f)$
		Tilsatt separat	Totalt		
SV-40	Norcem Anleggsement FA	0	20	0,39	0,39
50 % FA	Norcem Anleggsement FA	17	34	0,41	0,43
100 % FA	Norcem Anleggsement FA	38	50	0,41	0,45

\*) Benevnelsene referer til flygeaskeinnholdet gitt i % av klinkermengde.

Alle betongene har et silikainnhold på ca 4,5 % av sement- og flygeaskeinnholdet.

Kloridmotstanden er undersøkt ved akselerert prøving (NT Build 443; 35 døgns eksponering i 16,5 % NaCl-løsning) av utboret konstruksjonsbetong (boret ut hhv 6 mnd og 12 mnd etter utstøping på byggeplass). Betongene ble støpt ut i perioden september 2010-januar 2011 og hadde deretter herdeforhold preget av en svært kald vinter. Basert på værdata over en 12 måneders periode etter støping er det i /6/ anslått en modenhet av de ulike betongene. Anslagene viser at betongene ved 6 og 12 mnd alder har en modenhet (herdetid tilsvarende herding ved 20 °C) på ca 2,5 og 6 mnd. Beregnede diffusjonskoeffisienter fra disse undersøkelsene er sammenstilt i Figur 2.



Figur 2 Beregnede diffusjonskoeffisienter – Møllenberg /6/

Resultatene viser samme trend som i Figur 1: Redusert kloridmotstand med økende flygeaskeinnhold i tidlig alder. Her ser man at effekten er tydelig ved prøving ved 6 mnd alder (modenhet 2,5 mnd), mens det etter 1 år (modenhet 6 mnd) er små forskjeller (usikkert om forskjellene er signifikante). Diffusjonskoeffisienter rundt  $2 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ , prøvd etter NT Build 443, er i samsvar med resultatene fra Samarbeidsprosjektet Anl FA (se Figur 1) og regnes som god kloridmotstand.

### 3.1.3 Senketunnelen i Bjørvika

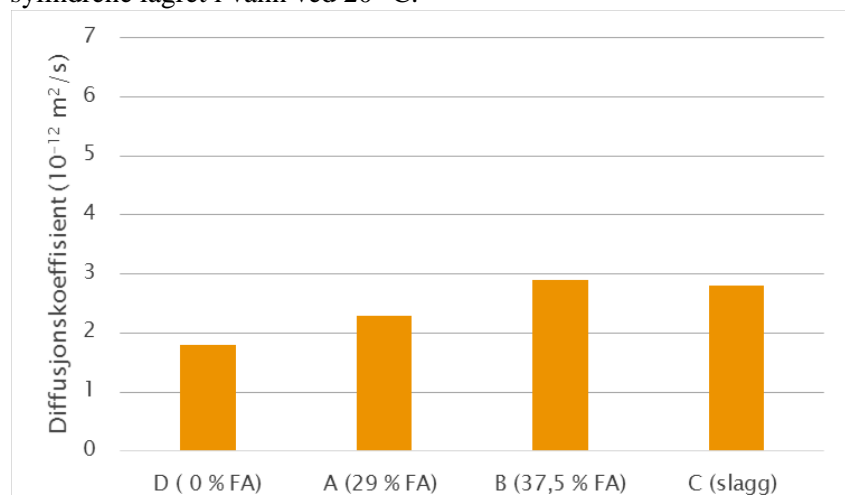
I Bjørvikaprojektets forprosjekt /2/ er det utført testing av kloridmotstand av laboratoriestøpte betonger med bindemiddelsammensetning og masseforhold som vist i Tabell 3.

Tabell 3 Betongsammensetning og masseforhold – forprosjekt Bjørvika /2/

Betong benevnt	Sement	Flygeaskeinnhold % av (c+f)		Proporsjonert masseforhold $v/(c+2\cdot s+1\cdot f)$	Masseforhold iht dagens beregning $v/(c+2\cdot s+0,7\cdot f)$
		Tilsatt separat	Totalt		
A	Norcem Anleggsement	29	29	0,45	0,49
B	Norcem Anleggsement	38	38	0,45	0,50
C	Nederlandsk slaggsement	0	0	0,45	0,45
D	Norcem Anleggsement	0	0	0,40	0,40

Betong A, B og D har et silikainnhold på 5 % av sementmengden, mens betong C (slag) har et silikainnhold på 2 % av sementmengden.

Kloridmotstanden er undersøkt ved akselerert prøving (NT Build 443; 35 døgns eksponering i 16,5 % NaCl-løsning) av laboratoriestøpte sylindrer. Beregnede diffusjonskoeffisienter fra disse undersøkelsene er sammenstilt i Figur 3. Betongens alder ved prøving var ca 110 døgn. Fra avforming til prøving var sylindrene lagret i vann ved 20 °C.



Figur 3 Beregnede diffusjonskoeffisienter – forprosjekt Bjørvika /2/

Resultatene viser en svak tendens til økende diffusjonskoeffisient med økende flygeaskeinnhold, men det er usikkert om resultatene er signifikante. Betongen med høyest flygeaskeinnhold har en diffusjonskoeffisient på nivå med slaggbetongen.

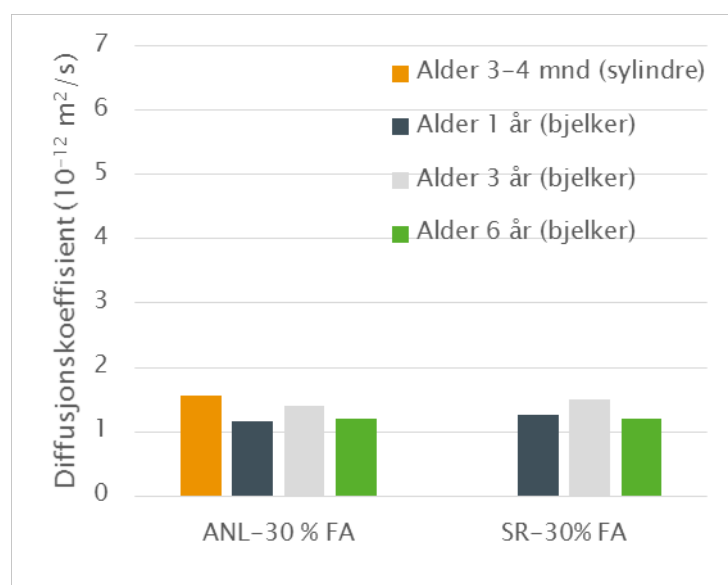
Under produksjon av elementer for senketunnelen på Hanøytangen ble det utviklet en egen prosjektsement basert på Norcem Anleggsklinker. Prosjektsementen var en sammalt sement med flygeaskeinnhold 30 % av flygeaske og klinkermengde. I anleggsperioden ble det gjennomført en fullskala prøveproduksjon av en betong med alternativ klinker (Norcem sulfatresistent sement). Det ble i den forbindelse støpt ut to uarmerte bjelker med hhv prosjektbetong (ANL-30 % FA) og betong med alternativ sementtype (SR-30 % FA), for dokumentasjon av blant annet kloridmotstand. De to undersøkte betongene hadde en bindemiddelsammensetning og som vist i Tabell 4.

Tabell 4 Betongsammensetning og masseforhold – Bjørvika – produksjonsfasen (basisresept for bunnplater og takplater) /3/

Betong benevnt	Sement	Flygeaskeinnhold % av (c+f)		Masseforhold iht dagens beregning $v/(c+2\cdot s+0,7\cdot f)$
		Tilsatt separat	Totalt	
ANL-30 % FA	Norcem Anlegg prosjektsement	0	30	0,39
SR-30 % FA	Norcem Sulfatresistent prosjektsement	0	30	0,39

Silikainnholdet er 4 % av klinkermengden (70 % av sementmengden).

Kloridmotstanden er undersøkt ved akselerert prøving (NT Build 443; 35 døgns eksponering i 16,5 % NaCl-løsning) av støpte sylindre ved 3-4 mnd alder (kun ANL-30% FA) og utborede kjerner fra de støpte bjelkene. Kjernene ble boret ut 12 mnd etter utstøping på byggeplass og deretter vannlagret i laboratorium ved 20 °C fram til prøving ved 1, 3 og 6 års alder. Bjelkene ble støpt ut i mars 2007. Beregnede diffusjonskoeffisienter fra disse undersøkelsene er sammenstilt i Figur 4.



Figur 4 Beregnede diffusjonskoeffisienter – Bjørvika - produksjonsfasen /3/ og /4/

Resultatene viser at god kloridmotstand er oppnådd allerede etter 3-4 mnd herding i laboratorium, og at feltstøpt betong har oppnådd tilsvarende motstand etter 1 års feltherding. Det ses ingen signifikant endring i diffusjonskoeffisientene ved økt alder fra 1 til 3 og 6 år

### 3.2 Effekt av tidlig overflatebehandling

I tilknytning til Samarbeidsprosjektet Anl-FA, våren 2008, initierte Statens vegvesen en Bachelor-oppgave ved Høgskolen i Oslo (HiO) på temaet tidlig overflatebehandling av betong med flygeaske. Oppgaven ble gjennomført av studentene Silvia Krogh, Trine Steenstrup Overgård og Hilde Strømfjord /8/. Resultatene fra oppgaven er også rapportert i /5/.

All utstøping av betong og gjennomføring av forsøk ble utført ved Statens vegvesen Sentrallaboratorium. Forsøkene ble gjennomført med de tre ANL-variantene fra Samarbeidsprosjektet Anl-FA (se Tabell 1):

- Norcem Anleggsement (uten flygeasketilsetning) – betong benevnt «ANL (ref)»
- Norcem Anleggsement med 19 % flygeasketilsetning – betong benevnt «ANL-19FA»
- Norcem Anleggsement med 33 % flygeasketilsetning – betong benevnt «ANL-33FA»

Det ble støpt ut hele terninger for prøving av trykkfasthet og spesifikk elektrisk motstand, og halve terninger (halve høyden) for bestemmelse av kloridmotstand og inntrengingsdybde av de hydrofoberende impregneringene. De halve terningene ble støpt både med og uten forskalingsolje.

Det ble valgt å inkludere tre ulike overflateprodukter i kategorien hydrofoberende impregnering. Produktene ble påført i mengder som angitt av leverandørene:

- StoCryl HG 200, silan i gelform, påført i ett strøk – total mengde 480 g/m<sup>2</sup>
- Sikagard 700 S, siloksan i væskeform, påført i to strøk – total mengde 400 g/m<sup>2</sup>
- Mapeis Stenimpregnering C1, silan i væskeform, påført i to strøk, total mengde 300 g/m<sup>2</sup>

Produktene ble påført støpehud (bunnflaten av de halve terningene), støpt hhv med og uten forskalingsolje, ved ulike betongaldre – hhv 1 døgn, 2 døgn og 7 døgn. Umiddelbart etter påføring (av både 1. og evt. 2. strøk) ble prøvestykkene stilt med behandlet flate i vertikal posisjon, slik at eventuell overskytende impregnering fikk renne av. De produktene som ble påført i to strøk ble påført med 30 minutters ventetid mellom strøkene.

Kloridmotstanden ble undersøkt ved akselerert prøving i kloridpåsprøytingskammer (syklisk påsprøyting av 3 % NaCl-løsning i 4 timer og tørking i 4 timer over totalt 42 døgn). Prøvestykker som ble benyttet til kloridtesting ble påført hydrofoberende impregnering 1 døgn etter utstøping, deretter satt 2 døgn i klimaskap (20°C og 50 % RF), før eksponering i kloridpåsprøytingskammeret. Ubehandlede prøvestykker ble eksponert parallelt med de impregnerte prøvestykkene ved 3 døgns betongalder. Etter 6 ukers eksponering i kammeret ble det frest betongstøv for kloridanalyser i følgende sjikt:

- Impregnerte prøvestykker: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 mm
- Ubehandlede referanser: 0-10, 10-15, 15-20, 20-25 mm

Alle sjiktene ble analysert med hensyn på kloridinnhold (i % av tørr betongvekt) ved potensiometrisk titrering, og total mengde inntrengte klorider (i g/m<sup>2</sup>) beregnet. Ved omregning er det antatt en tørrdensitet på 2200 kg/m<sup>3</sup> og en bakgrunnsverdi på 0,02 %. Basert på inntrengt mengde klorider i hhv impregnerte og ubehandlede prøvestykker er det beregnet en filtreringseffekt som følger:

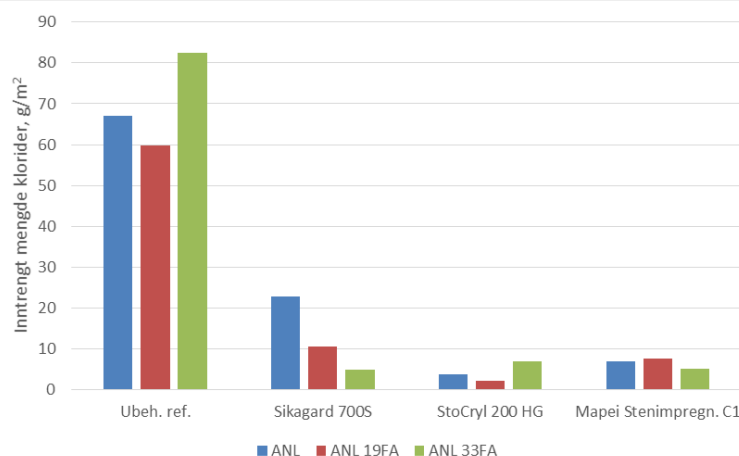
$$\text{Filtreringseffekt [\%]} = \left( 1 - \frac{m_{Cl \text{ tot impregnerert}}}{m_{Cl \text{ tot referanse}}} \right) \cdot 100 \%$$

hvor:

$m_{Cl \text{ tot impregnerert}}$  = total inntrengt mengde klorider i impregnerte prøver (middel av tre prøvestykker)

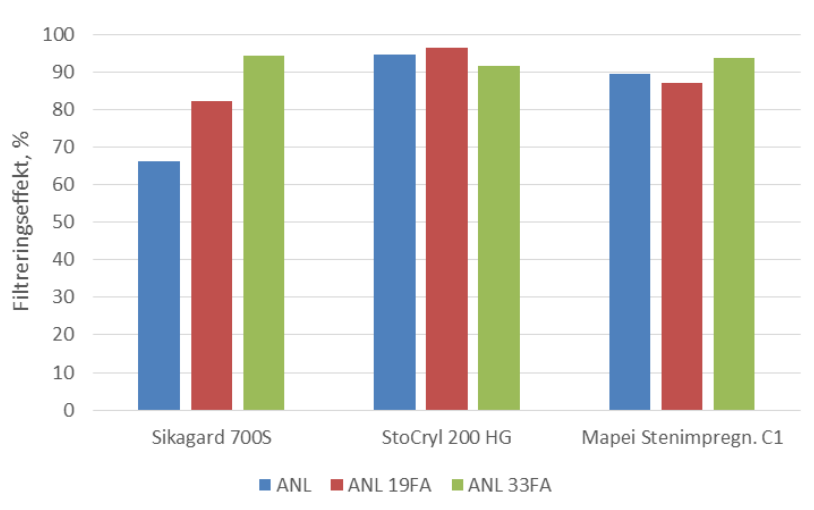
$m_{Cl \text{ tot referanse}}$  = total inntrengt mengde klorider i ubehandlede referanser (middel av tre prøvestykker)

Total mengde inntrengte klorider er vist i Figur 5 og filtreringseffekten i Figur 6.



Figur 5 Total mengde inntrengte klorider i betonger med ulikt flyeaskeinnhold (0 %, 19 % og 33 %), med og uten ulike hydrofoberende impregneringer /8/



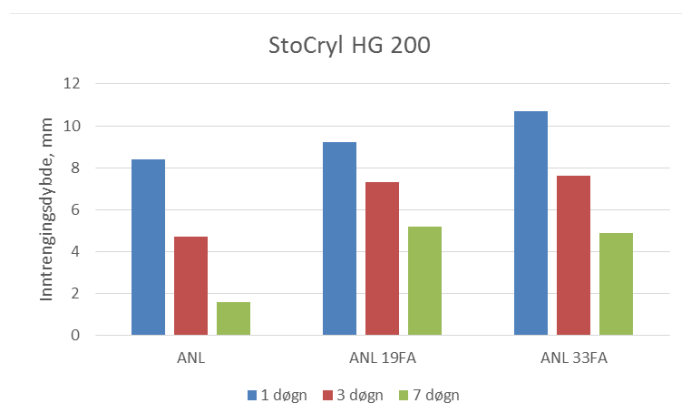


Figur 6 Filtreringseffekten av ulike hydrofobierende impregneringer i betonger med ulikt flygeaskeinnhold (0 %, 19 % og 33 %) /8/

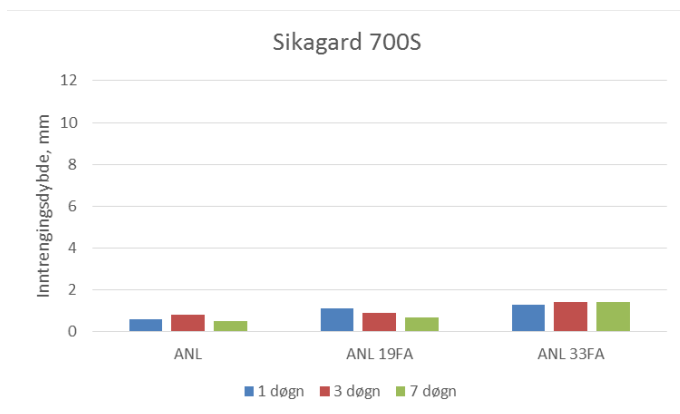
For «ubehandlede referanser» i Figur 5 ser vi ingen systematisk effekt av FA-dosering på inntrengt mengde klorider. For NT Build 443- forsøkene (kloriddiffusjon) fra kapittel 3.1, var trenden systematisk økt inntrengning med FA-dosering ved eksponering etter 3 døgn. Studentenes resultater for fasthet og spesifikk elektrisk motstand /8, 5/ viser tilsvarende avvik fra Anl-FA-prosjektet, hvilket indikerer at blandingen «ANL (ref)» av en eller annen grunn har fått avvikende sammensetning i ugunstig retning.

Alle impregneringsmidlene gir vesentlig redusert kloridinntrengning og høye filtreringseffekter, med unntak av Sikas produkt påført ANL-betong hvor filtreringseffekten ligger under 70 %.

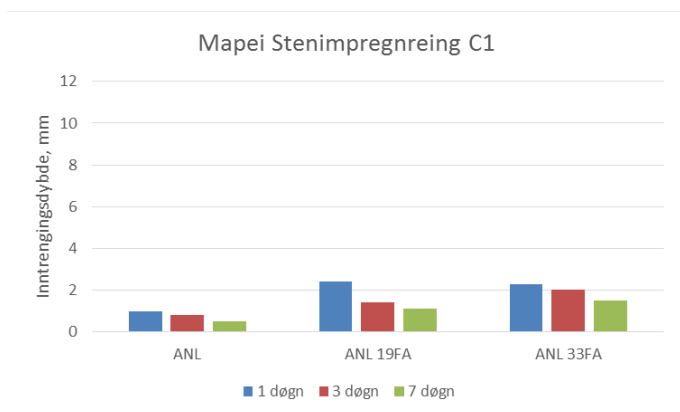
Forskalingsoljens, flygeaskeinnholdets og betongalderens effekt på inntrengingsdybden av impregneringene ble også undersøkt. Det ble ikke funnet noen signifikant effekt av forskalingsoljen. Det er en tendens til at inntrengingsdybden øker med økende flygeaskeinnhold og reduseres med økende betongalder, se Figur 7-9. Effektene er tydeligst for StoCryl HG 200, som er det eneste produktet som generelt har god inntrenging (i hovedsak > 4 mm).



Figur 7 Inntrengingsdybden av StoCryl HG 200, i betonger med ulikt flygeaskeinnhold (0 %, 19 % og 33 %) og ulik alder ved påføring (1, 3 og 7 døgn) /8/



Figur 8 *Inntrengingsdybden av Sikagard 700S, i betonger med ulikt flygeaskeinnhold (0 %, 19 % og 33 %) og ulik alder ved påføring (1, 3 og 7 døgn) /8/*



Figur 9 *Inntrengingsdybden av Mapei Stenimpregnering C1, i betonger med ulikt flygeaskeinnhold (0 %, 19 % og 33 %) og ulik alder ved påføring (1, 3 og 7 døgn) /8/*

Studentenes resultater viser at det er et potensial for å oppnå en ekstra beskyttelse av betonger med langsom bestandighetsutvikling ved påføring av hydrofoberende impregnering. Alle tre produkter har vist til dels betydelig kloridbremsende effekt under kortvarig laboratorieeksponering, til tross for at to av produktene hadde relativt dårlig inntrenging i betongen (i hovedsak < 2 mm, i flere tilfeller også < 1 mm). For at slike produkter skal ha en effekt over lengre tid under felteksponering (brytes ned av UV-eksponering) bør inntrengingsdybden helst være > 5 mm /9, 10/. I tillegg til produktegenskaper og påført mengde produkt, er inntrengingsdybden avhengig av betongens fuktinnhold og porøsitet. Av praktiske hensyn, spesielt varierende værforhold på byggeplass og Statens vegvesens generelt gode betongkvaliteter (lav porøsitet), er minimumskravet til inntrenging i felt i nye Håndbok R762 Prosesskode 2 (2015) satt til 3 mm. Det kan også nevnes at den kloridpåsprøytingsmetoden studentene benyttet, og som pr dato er spesifisert i Statens vegvesens regelverk, senere har vært evaluert /11/ og at det er under utviklingen en ny nordisk akselerert metode for hydrofoberende impregneringer /12/. Den nye metoden innebærer en mer ensartet og langt hardere eksponering enn kloridpåsprøytingskammeret, med permanent neddykking i 15 % NaCl-løsning i 5 uker, og forventes å kunne skille ulike overflateprodukter på en bedre måte.

En av prøvene fra studentoppgaven ble etter 3 års tørr lagring på Sentrallaboratoriet, undersøkt ved SEM/tynnslipanalyse for å avdekke eventuelle negative effekter av tidlig impregnering på betongens hydratasjon. Analysene ble utført ved SINTEF Byggforsk og prøvingsrapporten finnes som vedlegg til /5/. Prøvestykket som ble undersøkt var av «ANL 33FA»-betong, impregnert med StoCryl 200 HG ved 1 døgn alder. Inntrengingsdybden av impregneringen var målt til 10 mm for det aktuelle prøvestykket.

SEM-analysene antyder at det ikke skjer endringer i hydratasjonsproduktene kjemiske sammensetning. Det ble imidlertid observert merkbart lavere hydratiseringsgrad i sementkornene i impregnert sone,

hvilket kan skyldes impregneringens vannavstøtende effekt. Til tross for lavere hydratiseringsgrad, som skulle medføre en høyere porøsitet, ble det i polarisasjonsmikroskop observert indikasjoner på lavere kapillærporøsitet. Det antydes at dette kan skyldes at Hadley grains (hulrom i kjerner av hydratasjonsprodukter som stammer fra forbrukte sementkorn) i den velhydratiserte betongen gir et mer porøst inntrykk enn det den i praksis har. Det var ingen karbonatisering i impregneringsone etter 3 år og impregneringsdybden var uforandret på 10 mm.

## 4 Tresfjordbrua - materialer

### 4.1 Prosjektbeskrivelse – krav til betong og hydrofobere impregnering

I prosjektbeskrivelsen til Tresfjordbrua er det beskrevet lavvarmebetong B45 og tidlig overflatebehandling med hydrofobere impregnering på landkar, fundamenter og søyler. Lavvarmebetongen er beskrevet å skulle ha et masseforhold  $\leq 0,40$ , et luftinnhold på  $5 \pm 1,5$  % og følgende bindemiddel-sammensetning:

- Portlandsement
- Flygeaske i en mengde 50-65 % av Portlandsementmengden
- Silikastøv i en mengde ca 4-7 % av Portlandsementmengden

Det er spesifisert at masseforholdet skal beregnes med følgende k-faktorer:

- Flygeaske:  $k=1$  for inntil 25 % av Portlandsementen,  $k=0,7$  for flygeaske  $> 25$  %
- Silika:  $k=2,0$

Den hydrofobere impregneringen er beskrevet å skulle være basert på silan, i krem- eller gelform, være dokumentert iht NS-EN 1504-2 vedr inntrengingsdybde (krav: klasse II), vannabsorpsjon og alkaliebestandighet, uttøringshastighet (krav: klasse I) og mostand mot fryse-/ tineeeksponering under saltvannspåkjenning (krav: ikke gi redusert motstand sammenlignet med ubehandlet referanse), samt tilfredsstillende krav som angitt for «vannavvisende impregnering», HB 026 Prosesskode-2, prosess 88.37 (filtreringseffekt  $> 70$  % ved prøving i kloridpåsprøytingskammeret).

Det er angitt at den hydrofobere impregneringen skal påføres i en mengde som sikrer en inntrenging på minimum 1 mm. (Inntrengingskravet er satt så lavt fordi det er antatt at behovet for ekstra beskyttelse av betongen er begrenset til maksimum 1 år). Impregneringen skal påføres umiddelbart etter riving av forskaling, tidligst ved 3 døgns alder (men avhengig av værforhold).

Det er videre angitt at impregneringen skal beskyttes mot sol, vind og nedbør, ved tildekking med presenning, umiddelbart etter påføring og i minimum 14 døgn.

Prøveprosjektet er utført med betong identisk med den levert til Tresfjordbrua og med hydrofobere impregnering valgt av entreprenøren. Betongresept og valgt hydrofobere impregnering er beskrevet i etterfølgende kapitler.

### 4.2 Betongresept

Lavvarmebetongen til Tresfjordbrua ble levert av Norbetong. Betongen levert til prøveelementene har sammensetning som vist i Tabell 5.

Tabell 5 *Betongsammensetning*

Materiale	Mengde, kg/m <sup>3</sup>
Hanset 0-8 mm	967
Hanset 8-16 mm	299
Hanset 16-22 mm	643
Norcem Anleggsement FA	272
Flygeaske	86
Silikastøv	15
Vann	141

Dette gir et masseforhold  $m = 0,39$  dersom man regner k-faktor 1 for sementen, k-faktor 0,7 for tilsatt flygeaske og k-faktor 2 for silikastøv.

Flygeaskeinnholdet er 64,5 % i forhold til Portlandsementen og 39,2 % i forhold til Portlandsement- og flygeaskemengde.

Silikainnholdet er 6,9 % av Portlandsementen og 4,2 % i forhold til Portlandsement- og flygeaske-mengde.

Ved beregning av flygeaske- og silikainnhold er det antatt at flygeaskeandelen i Norcem Anleggsement FA er 20 %.

### 4.3 Hydrofoberende impregnering

Basert på krav i beskrivelsen valgte entreprenøren, Bilfinger Berger, StoCryl HG 200 som hydrofoberende impregnering på Tresfjordbrua. Dette er et produkt i gelform, som normalt sprøytes på betongoverflaten med en lavtrykkssprøyte, i mengder 0,25 - 1 l/m<sup>2</sup> (225 – 900 g/m<sup>2</sup>). Produktdatablad finnes i VEDLEGG 1.

Bilfinger Berger ønsket å påføre impregneringen med rull, og dette ble klarert med leverandøren Sto.

## 5 Beskrivelse av prøveprogram

### 5.1 Organisering

Prøveprosjektet er planlagt og gjennomført i regi av Tunnel- og betongseksjonen i Vegdirektoratet.

Prøveprosjektets tilknytning til bruprojektet ble tidlig etablert gjennom deltagelse i møter mellom prosjektledelsen og Bilfinger Berger/Norbetong, og det ble vist stor velvilje fra bruprojektets side. Leder for bruprojektet og hovedkontaktperson for prøveprosjektet var Sigmund Lønset, Statens vegvesen Region midt.

Martin Gedra fra Statens vegvesen Region midt, Lab- og vegteknologiseksjonen har vært en viktig ressursperson for prøveprosjektet. Han har organisert alt praktisk arbeid knyttet til produksjon, transport og eksponering av prøveelementene. Han har også utført trykkfasthetsprøving og utboring av kjerner fra prøveelementene.

Innledende målinger på utborede kjerner og kloridanalyser av sjøvannet er utført ved Sentrallaboratoriet i Oslo. Alle øvrige analyser av utborede kjerner er utført av NBTL med Cowi Danmark som underleverandør.



## 5.2 Type prøving

Følgende prøving er inkludert i prøvingsprogrammet:

- Bestemmelse av trykkfasthet
- Bestemmelse av inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering
- Bestemmelse av kloridinntrenging i ubehandlet betong og betong påført StoCryl HG 200

## 5.3 Prøveelementer

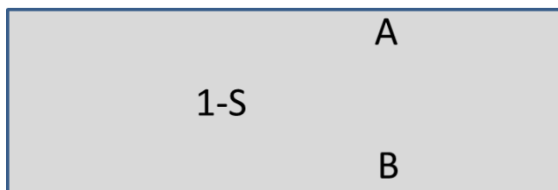
For dokumentasjon av StoCryl HG 200 ble det støpt ut to typer prøveelementer:

- 18 stk små elementer (20 x 30 x 10 cm<sup>3</sup>)
  - Uarmert
  - Støpt med 10 x 30 cm<sup>2</sup> side ned
- 1 stk stort element (2 x 1 x 0,5 m<sup>3</sup>)
  - Armert iht tegning/bøveliste i VEDLEGG 2, overdekning 120 mm, med rustfrie løftekrøker
  - Støpt med 2 x 0,5 m<sup>2</sup> side ned

Elementene er støpt med samme forskalingsmaterialer (finérplater) og forskalingsolje som på brukonstruksjonen.

Alle elementer ble avformet 3 døgn etter støping.

De små elementene ble merket med løpenummer fra 1-18. Element nr 1-8 ble tilleggsmerket «S» for «StoCryl HG200» og element nr 9-18 tilleggsmerket «U» for «Ubehandlet». De to sideflatene ble markert med hhv «A» og «B», se eksempel i Figur 10.



Figur 10 Eksempel på merking på bunnflate, små elementer

Det store elementet ble merket med nr 19 og hhv «S» og «U» på hver sin halvdel.

Elementer tilleggsmerket «S» ble påført StoCryl HG 200 umiddelbart etter avforming og satt til polymerisering i hhv 3, 7 og 14 døgn (se Tabell 6). Etter gitt herdetid ble det boret ut kjerner for måling av initiell inntrengingsdybde av impregneringen. Etter utboring ble sideflatene i borhullene i de små elementene forseglet med 2 strøk Mapepoxy, før elementene ble eksponert neddykket i sjøvann. Borhullene i det store elementet ble reparert med Mapepoxy L og Mapei Confix.

Ubehandlede elementer merket «U» ble holdt adskilt fra de elementene som ble påført StoCryl HG 200 i hhv 6, 10, 17 og 90 døgn (se Tabell 6) før de ble eksponert neddykket i sjøvann.

Utstøping, avforming, påføring av StoCryl HG 200 og etterbehandling er nærmere beskrevet i kapittel 6 og 7.

## 5.4 Eksponeringsforhold

Formålet med prøvingsprogrammet er å undersøke kloridinntrenging i ubehandlet/impregnert betong på kort sikt (1 år) og lang sikt (>10 år). De små elementene ble produsert for å ivareta korttidsprøvingen, mens det store elementet skal kunne følges opp over mange år.

Det var et ønske om å kunne eksponere elementene under naturlige feltforhold i nærheten av Tresfjordbrua, og det ble funnet en egnet feltlokasjon på gamle Lønset ferjekai, ei tomt eid av Statens vegvesen, se Figur 11 og VEDLEGG 3. Felteksponering av relativt små elementer har tidligere vist seg vanskelig ettersom det er store krefter i sving fra bølger og strømminger i sjøvann. På tomten står en stor garasje, hvilket åpnet for å kunne eksponere de små elementene under trygge forhold i store kar med sjøvann. For å få en relasjon mellom eksponering i sjøvann i kar og eksponering direkte i sjøen, ble det valgt en parallell eksponering i begge miljøer for to ubehandlede og to impregnerte varianter av små elementer (3-S, 4-S, 5-S, 6-S, 11-U, 12-U, 13-U og 14-U i Tabell 6).



*Figur 11 Tomta på gamle Lønset ferjekai, med garasje hvor eksponeringskarene ble montert (foto: Martin Gedra).*

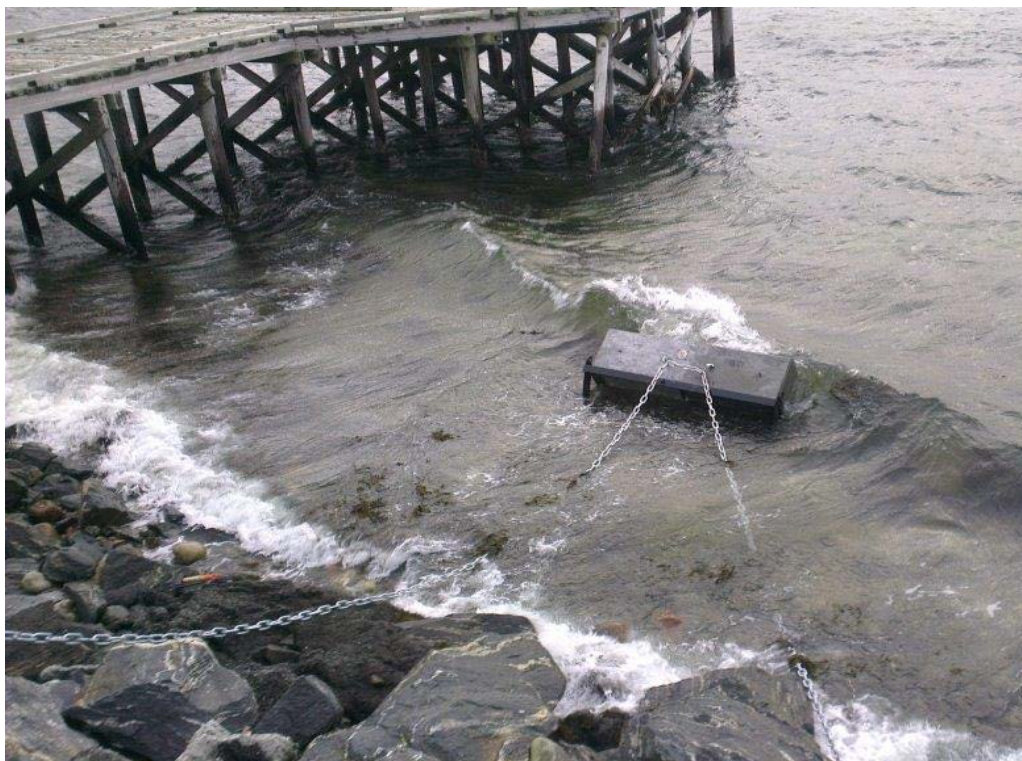
To store eksponeringskar (å 1000 liter) ble plassert i garasjen, ett for elementer påført StoCryl HG 200 og ett for ubehandlede elementer. Elementene ble plassert med bunnflata ned i karene, med fri sirkulasjon av sjøvann mellom elementene. Karene ble dekket med lokk og isolert utvendig for å unngå temperaturer under 0°C i vintersesongen, se Figur 12. Det ble montert varmeelementer som kunne kobles på ved lengre perioder med kuldegrader.



*Figur 12 Eksponeringskar med lokk, utvendig isolert*



Det store elementet ble plassert i tidevannssonen, i et spesialprodusert stativ, se Figur 13. Grad av eksponering vil variere noe med årstidsvariasjoner i flo-/fjæreforhold, men elementet står tidvis tørt på fjære og helt neddykket på flo.



Figur 13 Stort element fotografert etter utplassering 12. desember 2013 (foto: Martin Gedra)

De små elementene som ble eksponert direkte i sjøen ble lagt på en rist på sjøbunnen like utenfor det store elementet, se Figur 14.

På grunn av anleggsvirksomhet på tomta på Lønset, ble stort element og små elementer på rist i sjø flyttet til nytt sted 1/9-2015, se kart i VEDLEGG 3.



Figur 14 Små elementer på rist i sjø, permanent neddykket (foto: Martin Gedra)

## 5.5 Tidsplan

I juni 2013 ble det utarbeidet en overordnet tidsplan for produksjon av elementer og eksponering, samt prøving (bestemmelse av trykkfasthet og kloridinntrenging). Tidsplanen er vist i Tabell 6.

Tabell 6 Tidsplan fra støping til utplassering av prøver, antall dager fra støping (dag 0)

Element ident	Støpes Dag	Avformes Dag	Påføres StoCryl HG 200 Dag	Resterende StoCryl fjernes og/eller kjerner bores Dag	Eksponeres i sjøvann/ tidevannssone Dag	Utboring av kjerner for bestemmelse av kloridinntrenging
14 stk terninger	0	1 (vannlagres)	-	-	-	Trykkprøves etter 2, 3, 7, 14, 28, 56 og 90 døgn
1-S	0	3	3	6	6	6 og 12 mnd etter start eksponering
2-S	0	3	3	6	6	
3-S	0	3	3	10	10	
4-S	0	3	3	10	10	
5-S	0	3	3	10	10 <sup>*)</sup>	
6-S	0	3	3	10	10 <sup>*)</sup>	
7-S	0	3	3	17	17	
8-S	0	3	3	17	17	
9-U	0	3	-	-	6	
10-U	0	3	-	-	6	
11-U	0	3	-	-	10	
12-U	0	3	-	-	10	
13-U	0	3	-	-	10 <sup>*)</sup>	
14-U	0	3	-	-	10 <sup>*)</sup>	
15-U	0	3	-	-	17	
16-U	0	3	-	-	17	
17-U	0	3	-	-	90	
18-U	0	3	-	-	90	
19 (stort element)	0	3	3 (halve elementet)	10	10	12 mnd etter start eksp, deretter opp til 10 år

\*) Elementene skal eksponeres på samme sted som stort element, men skal ligge permanent neddykket i sjøen

## 6 Utstøping av prøveelementer

Utsøping av elementer ble utført 29. november 2013, på bruanellegget på Skorgeneset. Se Figur 15.

Tilstede: Martin Gedra, Statens vegvesen Region midt, Philipp Schlenk, Bilfinger Berger (Masterstudent) og Lise Bathen, Statens vegvesen, Tunnel og betongseksjonen (var med under innledende kontroll/avvisning av betonglass, men dro før utstøping av elementene ble utført kl 17:30).

Værforhold: Overskyet, litt regn, +5 °C, bris

Betong: B45 SV 40 65% FA, bil nr 2557-2559.



De første 2 stk betonglass som ble levert hadde for lite luftinnhold (1,9 %) ved mottak. Dette ble forsøkt justert med tilsetning av L-stoff, men da ble luftinnholdet for høyt (over 9 %), og betongen ble avvist. Før levering av tredje lass ble resepten justert og luftinnholdet ved mottak var da 4,9 %. Denne betongen ble akseptert og støping startet. (NB! Før støping med godkjent betong ble både små og stort element delvis fylt med ikke-godkjent betong. Denne betongen ble fjernet før fylling med riktig betong). Den godkjente betongen ble benyttet av entreprenøren i bruelementer i akse 14, i tillegg til i prøveprosjektets prøvestykker/-elementer.

Følgende betongegenskaper ble målt:

- Luftinnhold: 4,9 %
- Synk: 220 mm
- Betongtemperatur: 17,1°C



Figur 15 Anleggsstedet Skorgeneset, støping av stort element (rød ring) (foto: Martin Gedra)

Forskalingen til prøveelementene var produsert av Bilfinger Berger. Forskaling, armering og formolje ble kontrollert av Lise Bathen. Det ble påpekt manglende formolje på forskaling for stort element, og dette ble da påført. Foto av forskaling for små og stort element(er) er vist Figur 16 og 17.

De små elementene ble støpt ut med komprimering ved bruk av stampestang og avretting som for støpte terninger. Det store elementet ble støpt ut og komprimert med vibrator, se Figur 18.

Etter utstøping ble elementene tildekket med isolerende duk (små elementer) og plastpresenning (stort element). Tildekkingen ble kontrollert dagen etter, 30. november 2013, se foto i Figur 19 og 20.

Utstøpte terningformer ble hentet og brakt til Statens vegvesens laboratorium på Årø 30. november. Terningene ble der avformet og lagt i vann. Prøving av trykkfasthet ble utført etter 2, 3, 7, 14, 28, 56 og 90 døgn, se kapittel 10.2.



*Figur 16 Forskaling små elementer, på isolerende underlag (foto: Lise Bathen)*



*Figur 17 Påføring av olje ved svabring (foto: Lise Bathen)*



*Figur 18 Utstøping og vibrering av betongen i det store elementet (foto: Martin Gedra).*





Figur 19 Små elementer fotografert dagen etter utstøping (foto: Martin Gedra)



Figur 20 Stort element fotografert dagen etter utstøping (foto: Martin Gedra)

## 7 Avforming og påføring av StoCryl HG 200

### 7.1 Generelt

Avforming av elementene, merking og påføring av StoCryl HG 200 ble utført 2. desember 2013.

Tilstede: Martin Gedra, Statens vegvesen, Region midt, Philipp Schlenk, Bilfinger Berger (Masterstudent) og Eva Rodum, Statens vegvesen, Tunnel- og betongseksjonen.

Værforhold: +7 °C, frisk bris, ingen nedbør under arbeidene.

Elementene ble merket i henhold til anvisninger i kapittel 4.3.

Det ble benyttet StoCryl HG 200 fra et uåpnet spann. Det ble rørt rundt i spannet inntil massen fikk en kremaktig konsistens.

Det ble holdt kontroll med forbruket av StoCryl HG 200 ved veiing:

- Små elementer: En mengde på ca 1000 g StoCryl HG 200 ble helt over i ei murbøtte, fra hvilken impregneringen ble påført elementene med rull. Vekt av tørr rull, tom bøtte og full bøtte ble registrert før oppstart. Vekt av bøtte med rull ble registrert etter påføring på hvert element. Se foto i Figur 21 og 22.
- Stort element: Bøtte med rull og impregnering ble veid før og etter påføring.



Figur 21 Murbøtte, spann med StoCryl HG 200 og vekt



Figur 22 Registrering av vektdata (foto: Martin Gedra)

## 7.2 Stort element

Avforming av det store elementet ble utført fra kl 09:35 - 10:00. Stående vann på toppflata ble i stor grad drenert ned kortsidene på elementet, slik at ikke eksponeringsflatene ble utsatt for store vannmengder.

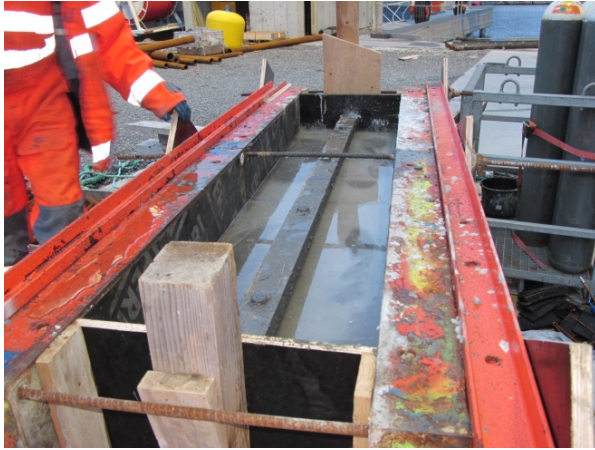
Elementet sto utildekket i ca 2,5 timer før påføring av StoCryl HG 200. Det ble registrert en del porer i overflatene, spesielt i flate 19-U-B, hvilket kan ha sammenheng med en mer slitt forskalingsplate i denne delen.

Påføring av StoCryl HG 200 ble utført av Philipp Schlenk, Bilfinger Berger, fra kl 12:40 - 12:55. Spor etter forskalings skjøt ble benyttet som skille mellom behandlet og ubehandlet del av elementet. Totalt forbruk av StoCryl HG 200, inkl søl (her var det lite søl): 198 g/m<sup>2</sup>.

Like etter at impregneringen var påført ble impregnert halvdel tildekket med plast (ikke klemt inntil). Hele elementet ble tildekket med presenning dagen etter (over opprinnelig tildekking).

Foto fra utførelsen er vist i Figur 23-30.





Figur 23 Før forskalingsriv. Stående vann på toppflate.



Figur 24 Umiddelbart etter forskalingsriv sideflate. Beskjeden vanntilførsel fra toppflate.



Figur 25 Påføring StoCryl HG 200, Philpp Schlenk, Bilfinger. Dette ble gjort uten tildekning av tilstøtende referansehalvdel.



Figur 26 Merking av flate A og B. Merk: Impregneringen suges noen mm inn i ubehandlet referansedel.



Figur 27 Eksempel etter påføring - øvre del av flate B.



Figur 28 Stort element ferdig behandlet. Flate A, impregnert del til venstre.



Figur 29 Tildekking behandlet del av element umiddelbart etter påføring, side B.



Figur 30 Hele elementet ble tildekket dagen etter påføring (3/12) (foto: Philipp Schlenk)

### 7.3 Små elementer

Avforming av de små elementene ble utført fra kl 10:00 – 10:40. Forskaling satt ganske godt og måtte slås løs.

Etter avforming ble elementene båret inn i sveisebod og sto der utildekket i ca 1,5 time før påføring av StoCryl HG 200.

Påføring av StoCryl HG 200 ble utført av Philipp Schlenk, Bilfinger Berger, fra kl 12:00 - 12:25.

Totalt forbruk av StoCryl HG 200 pr element, inkl søl (her ble det etter hvert en del søl og «klumping» langs kanter, jevn påføring på sideflatene ble fokusert) ble registrert som følger:

- 1-S: 205 g/m<sup>2</sup>
- 2-S: 205 g/m<sup>2</sup>
- 3-S: 300 g/m<sup>2</sup>
- 4-S: 337 g/m<sup>2</sup>
- 5-S: 221 g/m<sup>2</sup>
- 6-S: 210 g/m<sup>2</sup>
- 7-S: 263 g/m<sup>2</sup>
- 8-S: 263 g/m<sup>2</sup>

Vektregistrering for de to første elementene antas å representere reell mengde og samtidig tilnærmet maksimal mengde som er mulig å påføre denne betongen med rull.

Impregnerte elementer sto utildekket under tak, i uoppvarmet sveisebod med åpen port, til 4/12-2013. De ble da tildekket med plast.

Ubehandlede referanselementer ble plassert i uoppvarmet bod utenfor anleggslaboratoriet for å holdes adskilt fra de impregnerte elementene.

Foto fra utførelsen er vist i Figur 31-42.





Figur 31 Små elementer før forskalingsriv



Figur 32 Avforming pågår



Figur 33 Avforming pågår



Figur 34 Avformede elementer i sveisebod



Figur 35 Merking av S-elementer, både på underside og sideflate



Figur 36 Eksempel på overflate, lite element





Figur 37 Påføring av StoCryl HG 200



Figur 38 Ferdig impregnert - 1-S til høyre, 8-S til venstre (nærmest)



Figur 39 Eksempel etter påføring, element 2-S (205 g/m<sup>2</sup>)



Figur 40 Uoppvarmet sveisebod – impregnerte elementer tildekket 4/12 (foto: Philipp Schlenk)



Figur 41 Merking av ubehandlede elementer – kun på sideflaten



Figur 42 Lagring av referanselementer, uoppvarmet bod utenfor anleggslaboratoriet

## 8 Værforhold i perioden fra støping til eksponering

Vær- og temperaturforhold er registrert på bruanlegget. Data mottatt fra kontrollingeniør Paulos Abebe Wondimu, Statens vegvesen, er gjengitt i Tabell 7.

Tabell 7 Vær- og temperaturforhold registrert i perioden 29. november – 16. desember 2013

Dato	Temperatur, °C	Værforhold
29/11-13	+3	Bris regnbyger
30/11-13	+4	Frisk bris
2/12-13	+7	Frisk bris, regnbyger
3/12-13	+4	Bris, sluddbyger
4/12-13	+1	Laber bris, sluddbyger
6/12-13	+2	Hagl og snøbyger, en del vind med kraftige kast
9/12-13	+7	Lett bris, lettskyet
10/12-13	+8	Fint vær, laber bris, 6 m/s fra sør
11/12-13	+11	Frisk bris, 12 m/s fra sør sørvest
12/12-13	+6	Sterk kuling, 20 m/s fra vest-sørvest
13/12-13	+2	Lite vind, overskyet
14/12-13	+5	Stilt/lite vinde, overskyet litt småregn
16/12-13	+8	Liten kuling, 12 m/s fra sørvest

## 9 Eksponering

### 9.1 Små elementer

De små elementene ble støpt 29/11-13 og påført StoCryl 2/12-13. Etter avforming/påføring av StoCryl HG 200 sto elementene lagret i uoppvarmede boder på Skorgeneset. Se kapittel 6 og 7.

Små elementer ble hentet fra Skorgeneset til laboratoriet på Årø hhv 5/12-13 (1-S, 2-S, 9-U og 10-U) og 9/12-13 (alle resterende). Ved henting av elementer 9/12 var impregneringen tørket ut (ikke klebrig, kun «støv» på overflaten).

Borkjerner ble boret ut fra impregnerte elementer, borhull forseglet med to strøk epoksy og elementene eksponert hhv 5/12-13, 9/12-13 og 16/12-13. Borkjerner ble benyttet til bestemmelse av initiell inntrengingsdybde av impregneringen.

Ubehandlete elementer ble eksponert uten utboring av kjerner.

To impregnerte (5-S og 6-S) og to ubehandlede elementer (13-U og 14-U) ble plassert på rist direkte i sjøen, alle øvrige små elementer ble eksponert i kar fylt med sjøvann, i garasjen på Lønset.

Elementene i sjø ble inspisert 13/12-13 (etter stormen «Ivar»), de lå da trygt plassert på rista.

Det er jevnlig målt temperaturer i eksponeringskarene, se Tabell 8.

Tabell 8 Temperatur i sjøvann i eksponeringskarene

Dato	Temperatur, °C	
	Eksponeringskar 1 Impregnerte prøver	Eksponeringskar 2 Ubehandlede prøver
5/12-13	12,3	11,2
9/12-13	9,7	8,1
16/12-13	10,2	9
20/12-13	9,8	8,4
6/1-14	10,3	9,1
15/1-14	7,7	5,9
23/1-14	2,5	1,6
29/1-14	13,6*	12,8*
7/2-14	14,4*	13,9*
20/2-14	14,3*	13,9*
27/2-14	12,2*	11,7*
10/3-14	6,5	6,3
19/3-14	7,6	6,9
27/3-14	7,9	6,1
8/4-14	6,5	6,1
22/4-14	7,4	7
30/4-14	7,3	6,9
7/5-14	7,6	7,3

\* oppvarming med varmekabler

Det er tatt ut prøver av sjøvannet for bestemmelse av kloridkonsentrasjon. Prøvene er tatt ut ved to tidspunkt, hhv før start eksponering og etter ca 10 mnd eksponering. Kloridanalysene er utført ved Statens vegvesen Sentrallaboratoriet i Oslo. Resultatene er vist i Tabell 9.

Tabell 9 Målt kloridinnhold i eksponeringskarene

Dato	Kloridinnhold (%)	
	Eksponeringskar 1 Impregnerte prøver	Eksponeringskar 2 Ubehandlede prøver
18/11-2013	1,8	1,7
28/10-2014	1,8	1,9

## 9.2 Stort element

Det store elementet ble støpt 29/11-13 og påført StoCryl 2/12-13. Etter avforming/påføring av StoCryl HG 200 sto elementet på Skorgeneset, tildekket med plast. Se kapittel 6 og 7.

Det store elementet ble hentet med kranbil fra Skorgeneset til laboratoriet på Årø 9/12-13. Ved henting av elementet var impregneringen tørket ut (ikke klebrig, kun «støv» på overflaten). Impregnerte flater framsto «lyse og tørre», i forhold til ikke-impregnerte flater. Se foto i Figur 43 og 44.

3 stk borkjerner ble boret ut fra impregnert del av elementet 9/12-13, for bestemmelse av initiell inntrengingsdybde av impregneringen. Borhull ble reparert med epoksy og reparasjonsmørtel samme dag og elementet utplassert i tidevannssonen på Lønset 10/12-13.



Elementet står i ei spesiell stålramme som er festet med kjetting til stålbeile langs kaikant, se foto i Figur 45-48. Det store elementet ble inspisert fredag 13/12-13 etter stormen «Ivar», elementet hadde da gått litt ned i grunnen, men det sto ellers helt greit.

På grunn av anleggsaktivitet på Lønset ble det store elementet og de små elementene på rist i sjø flyttet til nytt sted 1/9-2015 på det samme området, se kart i VEDLEGG 3.



Figur 43 Stort element hentes på Skorgeneset 9/12-13. Flate B: Ubehandlet del til venstre, StoCryl HG 200 til høyre (foto: Martin Gedra)



Figur 44 Transport av stort element fra Skorgeneset 9/12-13. Flate A: StoCryl HG 200 til venstre, ubehandlet til høyre (foto: Martin Gedra)



Figur 45 Stort element heises på plass i stålramme i tidevannssonen på Lønset 10/12-13 (foto: Martin Gedra)



Figur 46 Stort element fotografert 12/12-13 (foto: Martin Gedra)



Figur 47 Stort element fotografert 25/2-14 (foto: Martin Gedra)



Figur 48 Stort element fotografert 26/3-14 (foto: Martin Gedra)

## 10 Prøving

### 10.1 Omfang og uttak av prøvemateriale

Følgende type prøving er inkludert i prøvingsprogrammet:

- Bestemmelse av terningtrykkfasthet
- Bestemmelse av inntrengingsdybde av hydrofobere impregnering
- Bestemmelse av kloridinntrenging i ubehandlet betong og betong påført StoCryl HG 200

Terningtrykkfasthet er bestemt ved prøving på laboratoriet på Årø, hhv ved 2, 3, 7, 14, 28, 56 og 90 døgns alder. Resultatene er vist i kapittel 10.2.

Umiddelbart før eksponering i sjøvann ble det boret ut kjerner for bestemmelse av initiell inntrengingsdybde av impregneringen. Det ble boret ut 2 kjerner pr lite element (kun 1 kerne fra 1-S og 2-S) og 3 kjerner fra stort element. For gjennomgående kjerner fra de små elementene ble inntrengingsdybden bestemt fra begge endeflater (A og B). Resultatene er presentert i kapittel 10.3.

Etter 6 mnd og 13 mnd eksponering er det boret ut kjerner for bestemmelse av kloridinntrenging og inntrengingsdybde av impregneringen. Ved første prøvetermin ble det boret ut 1 kerne pr lite element, ved andre prøvetermin 1 kerne pr lite element og 2 kjerner fra stort element. Gjennomgående kjerner fra små elementer er benyttet til fremstilling av kloridprofiler (endeflate A) og bestemmelse av inntrengingsdybde av impregneringen (endeflate B). Kjerner fra stort element er benyttet til fremstilling av kloridprofiler. Resultatene er vist i kapittel 10.4 og 10.5.

Alle kjerner er boret ut av Martin Gedra ved laboratoriet på Årø. Alle kjerner har diameter 64 mm. Dato for utboring fra de ulike elementer er vist i Tabell 10. Av tabellen framgår også hvilken alder hvert element hadde ved:

- Påføring av StoCryl HG 200
- Eksponering i sjøvann
- Utboring etter 6 mnd og 13 mnd eksponering (avvik fra nøyaktig 6 og 13 mnd er angitt med antall dager i parentes). Det bemerkes at kjerner fra små elementer eksponert ved 90 døgns alder ble boret ut samtidig med øvrige borkjerner og dermed bare har eksponeringstid knapt 11 mnd

Foto fra utboring og forsegling av borhull med epoksy er vist i Figur 50-54.

Tabell 10 Tidspunkt for eksponering av prøveelementer og utboring av kjerner for hhv 6 mnd og 13 mnd prøving

Element ident	Eksponert i sjøvann/ tidevannssone		Utboring av kjerner for bestemmelse av kloridinntrenging	
	Dag etter utstøping (dag etter påføring StoCryl)	Dato	6 mnd	13 mnd
1-S 2-S	6 (3)	5/12-13	3/6-14 (- 2 dg)	9/1-15 (+3 dg)
3-S 4-S	10 (7)	9/12-13	16/6-14 (+ 7 dg)	9/1-15 (-)
5-S 6-S	10 (7)	9/12-13 <sup>*)</sup>	16/6-14 (+ 7 dg)	9/1-15 (-)
7-S 8-S	17 (14)	16/12-13	21/6-14 (+ 5 dg)	9/1-15 (- 7 dg)
9-U 10-U	6	5/12-13	3/6-14 (- 2 dg)	9/1-15 (+ 3 dg)
11-U 12-U	10	9/12-13	16/6-14 (+ 7 dg)	9/1-15 (-)
13-U 14-U	10	9/12-13 <sup>*)</sup>	16/6-14 (+ 7 dg)	9/1-15 (-)
15-U 16-U	17	16/12-13	21/6-14 (+ 5 dg)	9/1-15 (-7 dg)
17-U 18-U	90	27/2-14	27/8-14 (-)	9/1-15 (- 77 dg)
19 (stort element)	11 (8)	10/12-13	-	9/1-15 (+ 1 dg)

\*) Elementene er eksponert på samme sted som stort element, men ligger permanent neddykket i sjøen

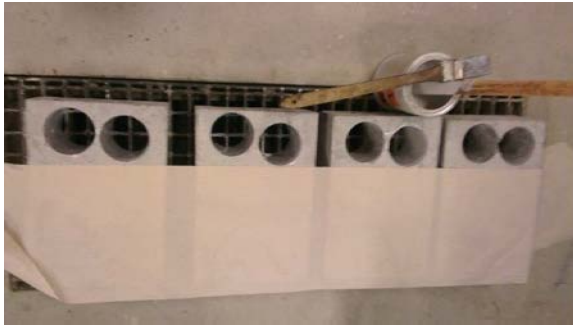


Figur 50 Stort element – flate A. Kjerner boret ut fra flate med StoCryl HG 200. Merk vanoppsug i ubehandlet del (vann fra boring) (foto: Martin Gedra)

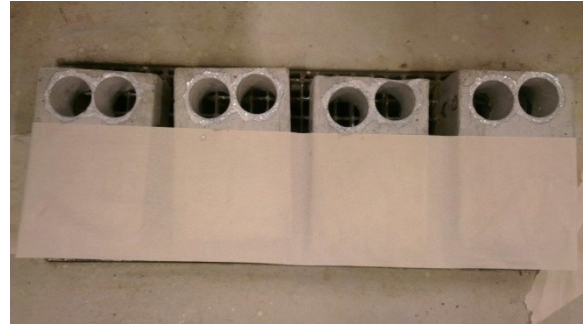


Figur 51 Små elementer (3-S, 4-S, 5-S og 6-S) med StoCryl HG 200. Kjerner boret ut for bestemmelse av inntrengingsdybde (foto: Martin Gedra)





Figur 52 Påføring av 2 strøk epoksy i borhull, elementenes framside. (foto: Martin Gedra)



Figur 53 Påføring av 2 strøk epoksy i borhull, sårkanter på elementenes bakside er også penslet. (foto: Martin Gedra)



Figur 54 Kjerner boret ut fra stort element (fremst), 1-S-1 og 2-S-1, 5-S-1/2 og 6-S-1/2 og 3-S-1/2 og 4-S-1/2 (foto: Martin Gedra)

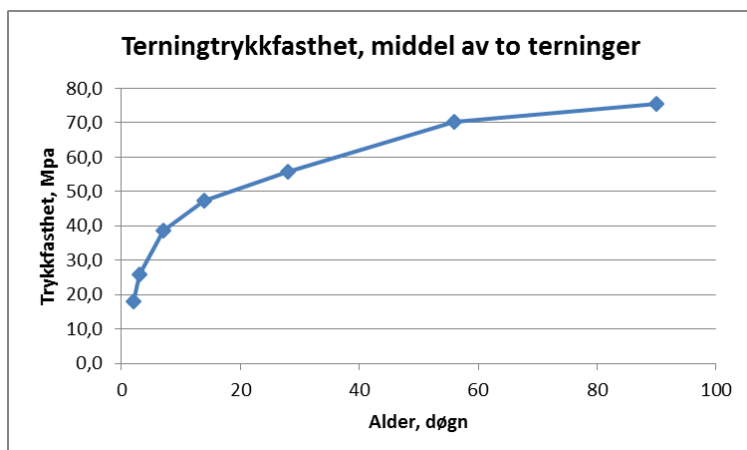
## 10.2 Trykkfasthet

Til sammen 14 stk 100 mm terninger ble støpt ut på Skorgeneset 30/11-13. Terningene ble fraktet til laboratoriet på Årø dagen etter og lagt i vann av 20 °C.

Prøving av trykkfasthet er utført av Martin Gedra. Dato og betongalder ved prøving er angitt i Tabell 11 sammen med resultatene. Resultatene er gitt som middel av to terninger. Trykkfasthetsutviklingen er vist grafisk i Figur 55.

Tabell 11 Resultater fra trykkfasthetsprøving, middel av to 100 mm terninger

Dato	1/12-13	2/12-13	6/12-13	13/12-13	27/12-13	24/1-14	27/2-14
Alder, døgn	2	3	7	14	28	56	90
Trykkfasthet, MPa	18,0	25,8	38,8	47,3	55,8	70,3	75,5



Figur 55 Trykkfasthetsutviklingen fra 2 til 90 døgns alder

### 10.3 Inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering – før eksponering

Bestemmelse av initiell inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering ble utført ved Statens vegvesens Sentrallaboratorium i Oslo. Kjernene lå lagret i laboratorieklima fra desember 2013 til april 2014 før kjernene ble splittet i to halvdelar i lengderetningen. Bruddflatene ble påført vann med en pipette, fra indre deler og ut mot begge endeflater (A og B). Inntrengingsdybden ble målt som avstand fra overflaten til overgangen mellom sugende og ikke-sugende betong. Inntrengingsdybden er målt i flere punkter langs bruddflaten, ca hver 10 mm, og angitt som middelveidien for hver bruddflate.

Målingene ble utført av Stig Henning Helgestad, Statens vegvesen, Tunnel- og betongseksjonen.

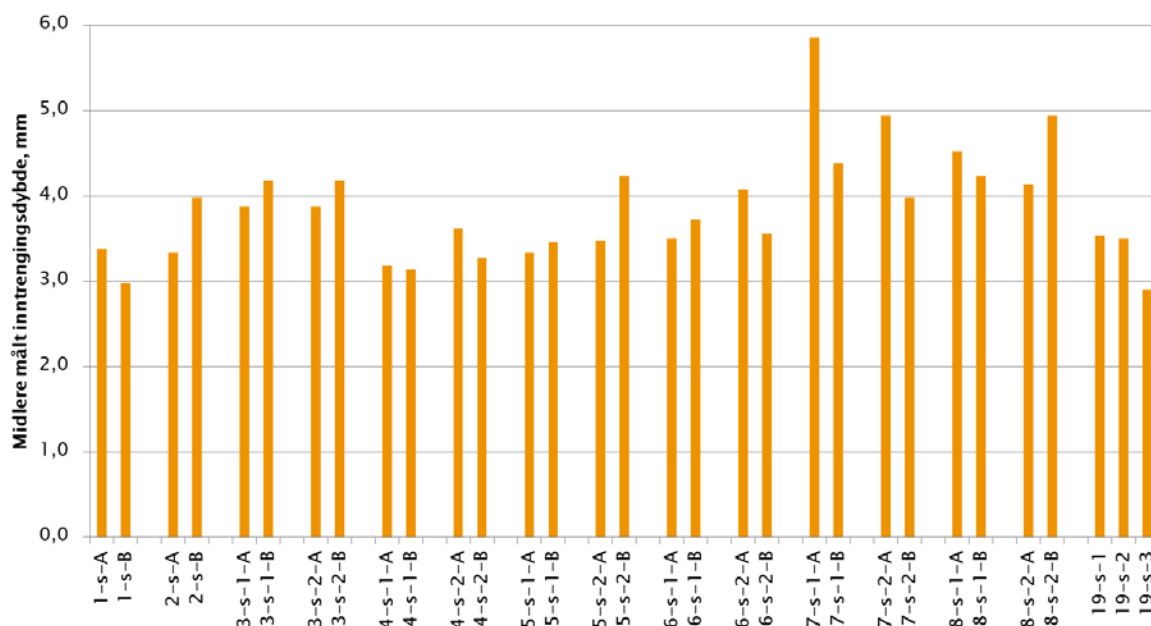
Resultatene er vist i Tabell 12 og fremstilt grafisk i Figur 56 (alle overflater) og 57 (middelveidier pr element).

Foto med eksempler på bruddflater etter påføring av vann er vist i VEDLEGG 4.

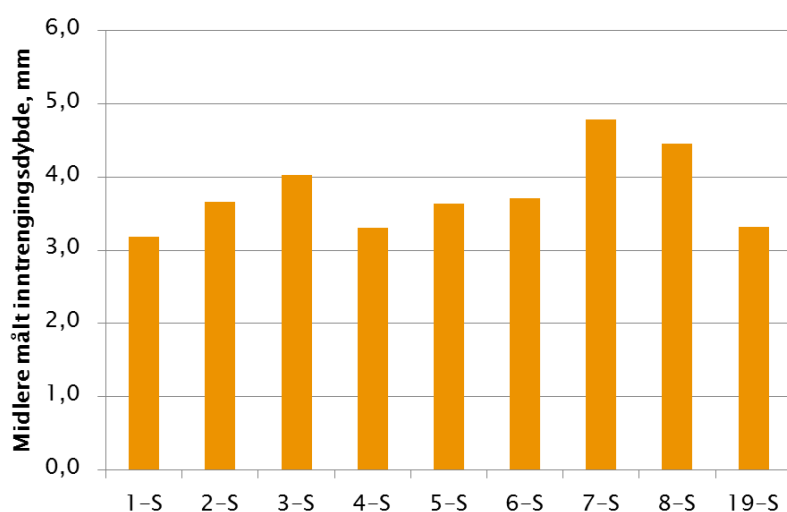
Tabell 12 Målte initielle inntrengingsdybder, før eksponering i sjøvann

Element nr	Kjerne mrk	Inntrengingsdybde, mm			
		Endeflate A	Endeflate B	Middel pr kjerne	Middel pr element
1	1-S-1	3,4	3,0	3,2	3,2
2	2-S-1	3,3	4,0	3,7	3,7
3	3-S-1	3,9	4,2	4,0	4,0
	3-S-2	3,9	4,2	4,0	
4	4-S-1	3,2	3,1	3,2	3,3
	4-S-2	3,6	3,3	3,5	
5	5-S-1	3,3	3,5	3,4	3,6
	5-S-2	3,5	4,2	3,9	
6	6-S-1	3,5	3,7	3,6	3,7
	6-S-2	4,1	3,6	3,8	
7	7-S-1	5,9	4,4	5,1	4,8
	7-S-2	4,9	4	4,5	
8	8-S-1	4,5	4,2	4,4	4,5
	8-S-2	4,1	4,9	4,5	
19	19-S-1	3,5	-	-	3,3
	19-S-2	3,5	-	-	
	19-S-3	2,9	-	-	



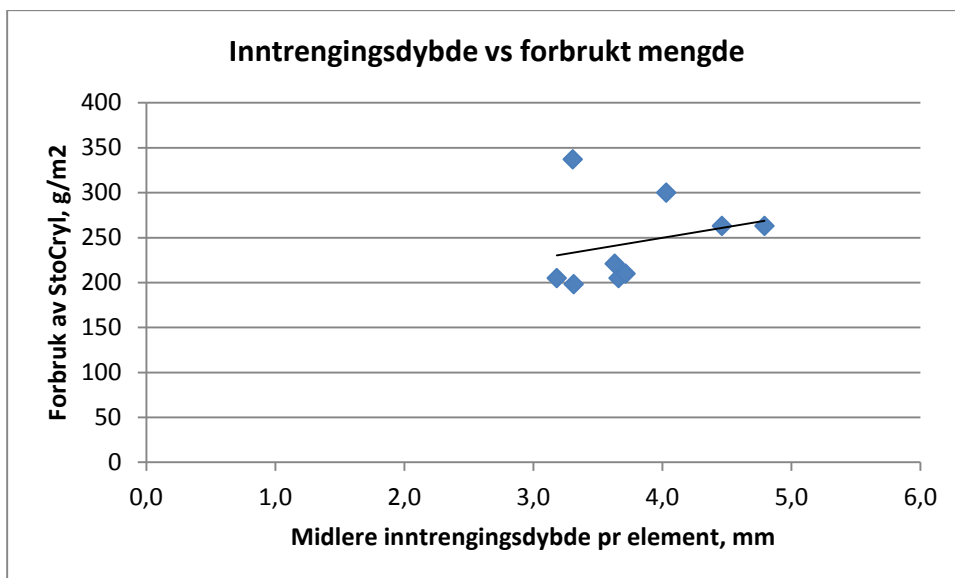


Figur 56 Initiell inntrengingsdybde målt på utborede kjerner før eksponering i sjøvann. Middelerverdier for alle overflater



Figur 57 Initiell inntrengingsdybde målt på utborede kjerner før eksponering i sjøvann. Middelerverdier pr prøveelement

For å underbygge observasjonene som ble gjort under påføring vedrørende «søl og klumping», og antagelsen om at ca 200 g/m<sup>2</sup> er tilnærmet maksimal mengde det er mulig å påføre jevnt med rull, er det i Figur 58 vist en sammenheng mellom målt forbruk av impregnering og målt inntrengingsdybde for samtlige elementer. Det er ikke mulig å si at det er en signifikant økning i inntrengingsdybde med økende målt forbrukt mengde impregnering for disse elementene. Det anses derfor sannsynliggjort at de små forskjeller i registrert forbrukt mengde StoCryl HG 200 (se kapittel 7.2 og 7.3) er uten betydning for effekten av impregneringen.



Figur 58 Midlere inntrengingsdybde vs forbruk av StoCryl HG 200

## 10.4 Kloridprofiler og inntrengingsdybde av impregnering etter 6 og 13 mnd eksponering

### 10.4.1 Generelt

Prøving etter eksponering i 6 og 13 måneder ble utført av eksternt laboratorium etter avrop på rammeavtale. Oppdraget er utført av NBTL med Cowi Danmark som underleverandør.

Ved hver prøvingstermin er følgende utført:

- Bestemmelse av inntrengingsdybde for impregnerte kjerner. Inntrengingsdybden er bestemt fra borkjernes utgangsside (den siden kjerneboret har gått ut), endeflate B. Målingene er utført på splittede flater ved påføring av vann og måling av avstand fra overflate til fargeomslag, iht beskrivelse i avsnitt 10.3. Prøveflatene er fotografert.
- Fresing og bestemmelse av kloridinnhold i følgende sjikt: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-12, 12-16, 16-20, 20-24 mm. Fresing er utført fra borkjernes inngangsside (den siden kjerneboret har gått inn), endeflate A. Kloridanalyser er utført ved potensiometrisk titrering.

I tillegg er det ved 6 mnd prøving utført fotografering av alle kjerner.

Prøvingsrapporter med alle foto og enkeltresultater finnes i VEDLEGG 5 og VEDLEGG 6. Eksempler på foto av kjerner er vist i Figur 59 og 60.



Figur 59 Eksempel på kjerne med hydrofoberende impregnering - kjerne 1-S-2 (foto: Cowi)



Figur 60 Eksempel på kjerne uten StoCryl HG 200 - kjerne 14-U-1 (foto: Cowi)

I de etterfølgende kapitler er det gitt en oppsummering av resultatene og grafiske fremstillinger av kloridinntrenging og inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering.

Ved grafisk fremstilling av kloridprofiler er kurvene er gitt følgende fargekoder:

- Grønn: Eksponert ved 6 døgns betongalder
- Gul: Eksponert ved 10 døgns betongalder
- Rød: Eksponert ved 17 døgns betongalder
- Grå: Eksponert ved 90 døgns alder (kun ubehandlede elementer)

#### 10.4.2 Kloridinntrenging etter 6 mnd eksponering

Målt kloridinnhold for alle kjerner og i alle freste sjikt er vist i rapport i VEDLEGG 5 og oppsummert i Tabell 13 og 14.

Tabell 13 Målt kloridinnhold (% av tørr betongvekt) - alle kjerner fra ubehandlede små elementer

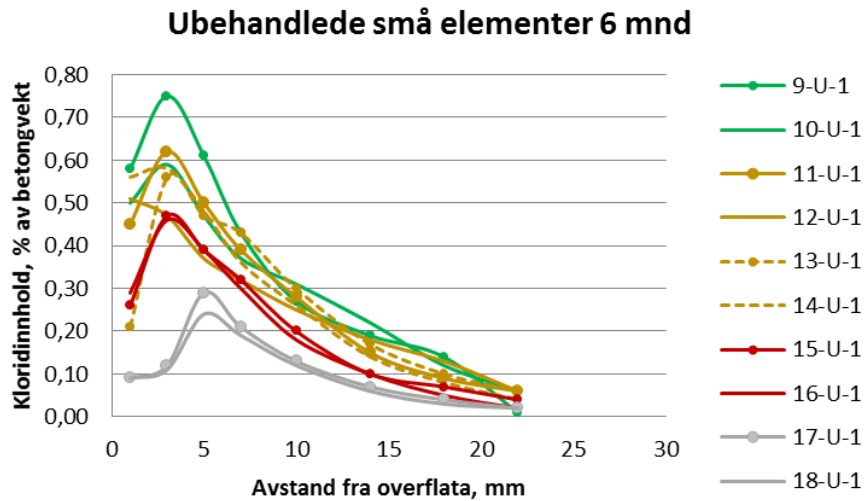
Betong- alder ved eksponering	6 døgn		10 døgn		10 døgn (sjø)		17 døgn		90 døgn		
	Sjikt, mm	9-U-1	10-U-1	11-U-1	12-U-1	13-U-1	14-U-1	15-U-1	16-U-1	17-U-1	18-U-1
1		0,58	0,50	0,45	0,51	0,21	0,56	0,26	0,29	0,09	0,09
3		0,75	0,59	0,62	0,47	0,56	0,58	0,47	0,46	0,12	0,11
5		0,61	0,47	0,50	0,37	0,47	0,48	0,39	0,39	0,29	0,24
7		0,43	0,37	0,39	0,32	0,43	0,36	0,32	0,30	0,21	0,19
10		0,27	0,31	0,28	0,25	0,30	0,26	0,20	0,18	0,13	0,12
14		0,19	0,22	0,15	0,18	0,17	0,14	0,10	0,10	0,07	0,06
18		0,14	0,12	0,09	0,13	0,10	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03
22		0,01	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02

Tabell 14 Målt kloridinnhold (% av tørr betongvekt) - alle kjerner fra impregnerte små elementer

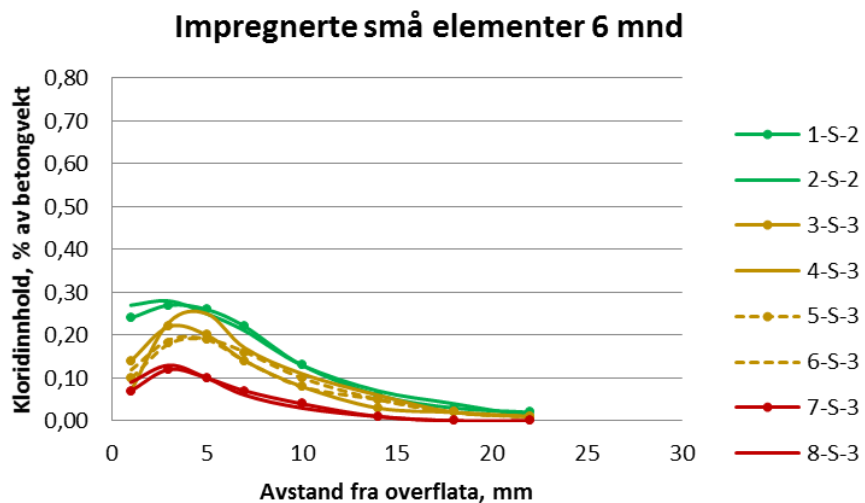
Betong- alder ved eksponering	6 døgn		10 døgn		10 døgn (sjø)		17 døgn		
	Sjikt, mm	1-S-2	2-S-2	3-S-3	4-S-3	5-S-3	6-S-3	7-S-3	8-S-3
1		0,24	0,27	0,14	0,07	0,10	0,12	0,07	0,09
3		0,27	0,28	0,22	0,23	0,18	0,19	0,12	0,13
5		0,26	0,25	0,20	0,25	0,19	0,19	0,10	0,10
7		0,22	0,21	0,14	0,17	0,16	0,14	0,07	0,06
10		0,13	0,13	0,08	0,11	0,10	0,08	0,04	0,03
14		0,06	0,07	0,03	0,06	0,05	0,05	0,01	0,01
18		0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00
22		0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00

Alle enkeltprofiler (pr kjerne) er vist grafisk i Figur 61 og 62.

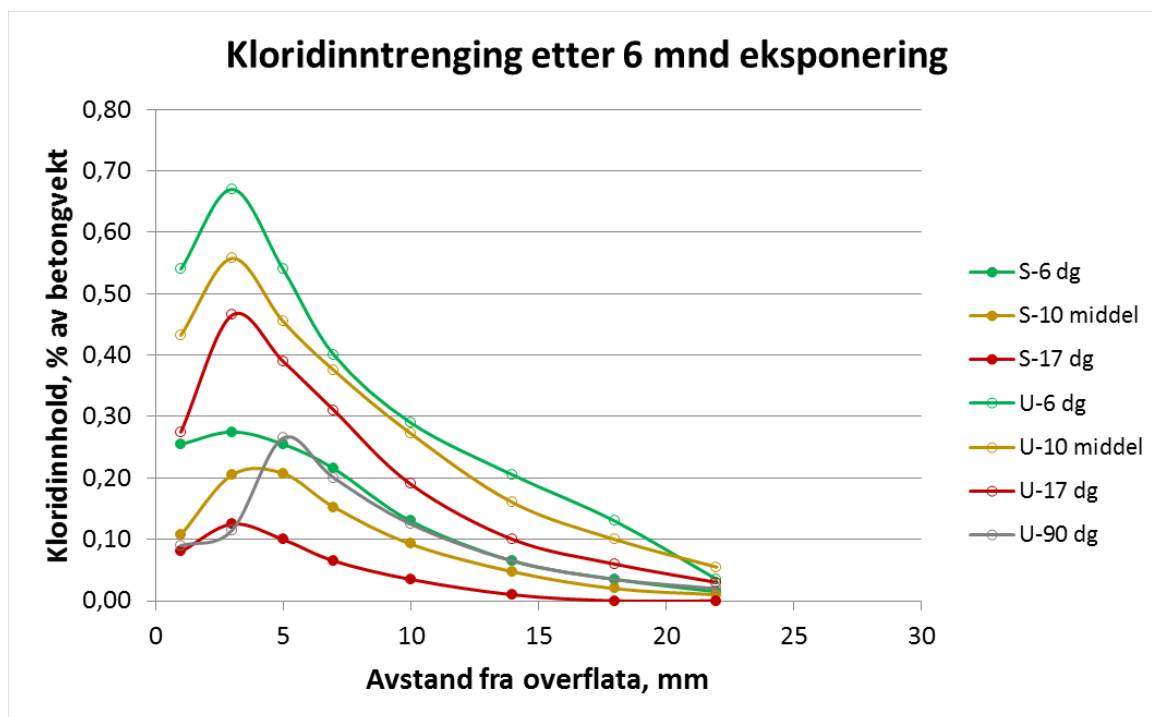
Det er beregnet middelerverdi for de ulike eksponeringstidspunkt (betongalder ved eksponering), se Figur 63. Det er vurdert at det ikke er signifikante forskjeller mellom kloridinntrengingen i små elementer i sjøvann på land og små elementer direkte i sjø (hhv heltrukne og stiplede gule kurver i Figur 61 og 62), så for 10 døgns eksponeringsalder er middelerverdien beregnet for alle fire elementer.



Figur 61 Alle enkeltprofiler - kjerner fra ubehandlede elementer



Figur 62 Alle enkeltprofiler - kjerner fra impregnerte elementer



Figur 63 Middeler verdier pr eksponeringstidspunkt - kjerner fra impregnerte (S) og ubehandlede (U) elementer

#### 10.4.3 Kloridinntrenging etter 13 mnd eksponering

Målt kloridinnhold for alle kjerner og i alle freste sjikt er vist i rapport i VEDLEGG 6 og oppsummert i Tabell 15-17.

Tabell 15 Målt kloridinnhold (% av tørr betongvekt) - alle kjerner fra ubehandlede små elementer

Betong- alder ved eksponering	6 døgn		10 døgn		10 døgn (sjø)		17 døgn		90 døgn	
	9-U-2	10-U-2	11-U-2	12-U-2	13-U-2	14-U-2	15-U-2	16-U-2	17-U-2	18-U-2
1	0,43	0,48	0,41	0,46	0,45	0,58	0,35	0,31	0,08	0,10
3	0,50	0,60	0,56	0,54	0,57	0,58	0,41	0,43	0,15	0,14
5	0,44	0,49	0,43	0,44	0,38	0,47	0,34	0,33	0,25	0,25
7	0,37	0,31	0,33	0,34	0,36	0,39	0,28	0,28	0,17	0,17
10	0,32	0,27	0,22	0,22	0,19	0,29	0,16	0,19	0,11	0,11
14	0,24	0,16	0,15	0,12	0,11	0,15	0,08	0,10	0,06	0,07
18	0,13	0,11	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,03	0,04
22	0,07	0,08	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,01	0,02
26	0,04	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01

Tabell 16 Målt kloridinnhold (% av tørr betongvekt) - alle kjerner fra impregnerte små elementer

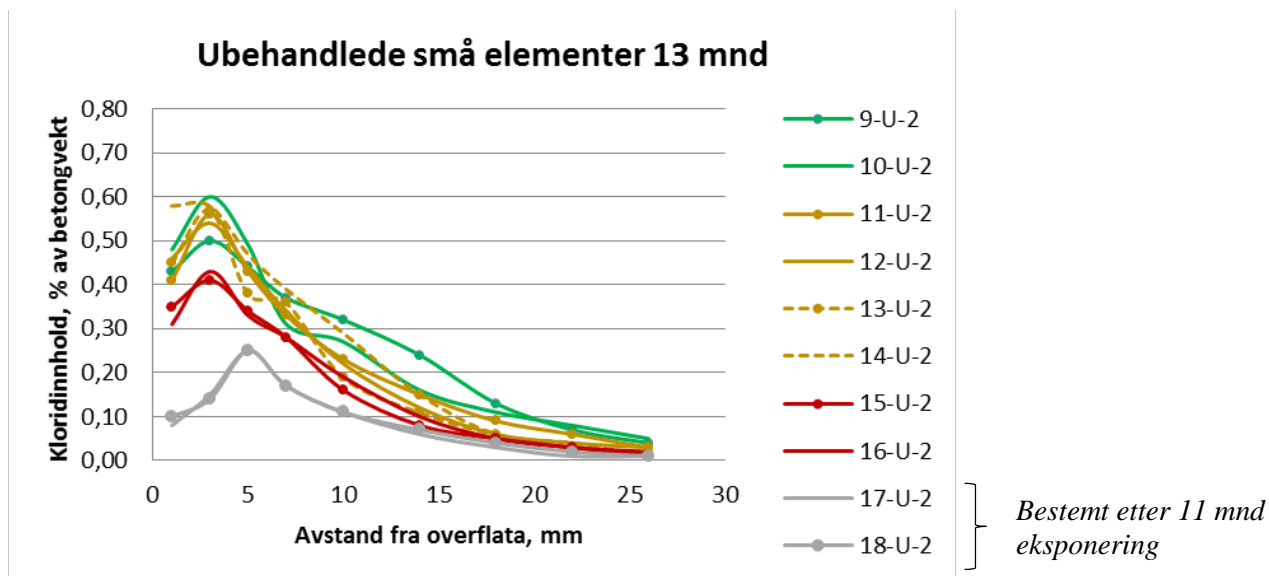
Betong- alder ved eksponering	6 døgn		10 døgn		10 døgn (sjø)		17 døgn	
	Sjikt, mm	1-S-3	2-S-3	3-S-4	4-S-4	5-S-4	6-S-4	7-S-4
1	0,34	0,21	0,18	0,16	0,12	0,12	0,13	0,12
3	0,38	0,30	0,19	0,35	0,24	0,20	0,17	0,17
5	0,36	0,32	0,15	0,28	0,21	0,24	0,12	0,12
7	0,34	0,26	0,12	0,24	0,16	0,18	0,08	0,07
10	0,16	0,17	0,08	0,13	0,08	0,11	0,04	0,03
14	0,08	0,09	0,04	0,07	0,05	0,06	0,01	0,01
18	0,04	0,06	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01
22	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
26	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00

Tabell 17 Målt kloridinnhold (% av tørr betongvekt) - alle kjerner fra stort element

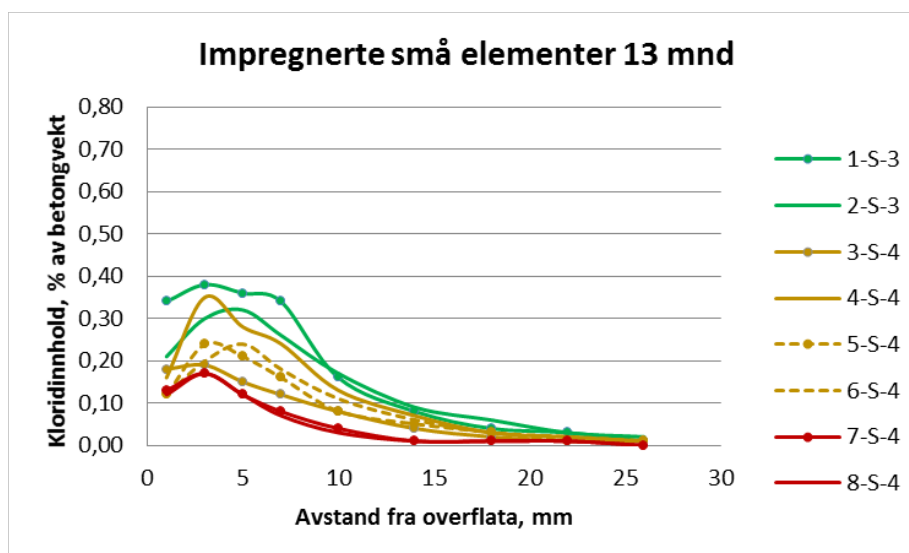
Betong- alder ved eksponering	10 døgn			
	Flate	Ubehandlet		Impregnert
Sjikt, mm	19-U-1	19-U-2	19-S-4	19-S-5
1	0,59	0,69	0,14	0,13
3	0,63	0,73	0,29	0,27
5	0,45	0,70	0,25	0,24
7	0,40	0,58	0,17	0,17
10	0,25	0,42	0,11	0,11
14	0,11	0,22	0,06	0,04
18	0,06	0,09	0,03	0,02
22	0,03	0,05	0,01	0,01
26	0,01	0,03	0,01	0,01

Alle enkeltprofiler (pr kjerne) er vist grafisk i Figur 64-66.

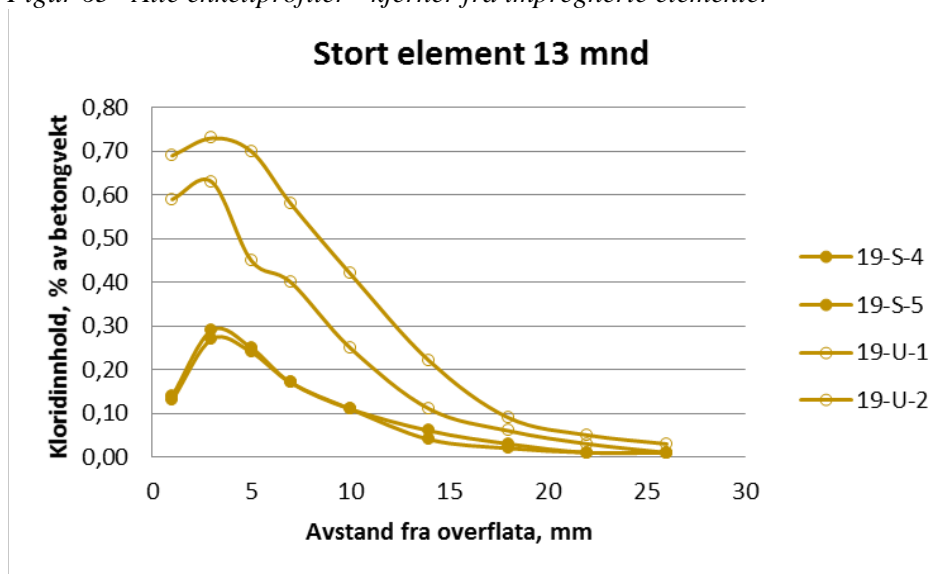
Det er beregnet middelveier for de ulike eksponeringstidspunkt (betongalder ved eksponering) for hhv små elementer og stort element, se Figur 67. Det er vurdert at det ikke er signifikante forskjeller mellom kloridinntrengingen i små elementer i sjøvann på land og små elementer direkte i sjø (hhv heltrukne og stiplede gule kurver i Figur 64 og 65), så for 10 døgn eksponeringsalder er middelveier beregnet for alle fire elementer.



Figur 64 Alle enkeltprofiler - kjerner fra ubehandlede elementer



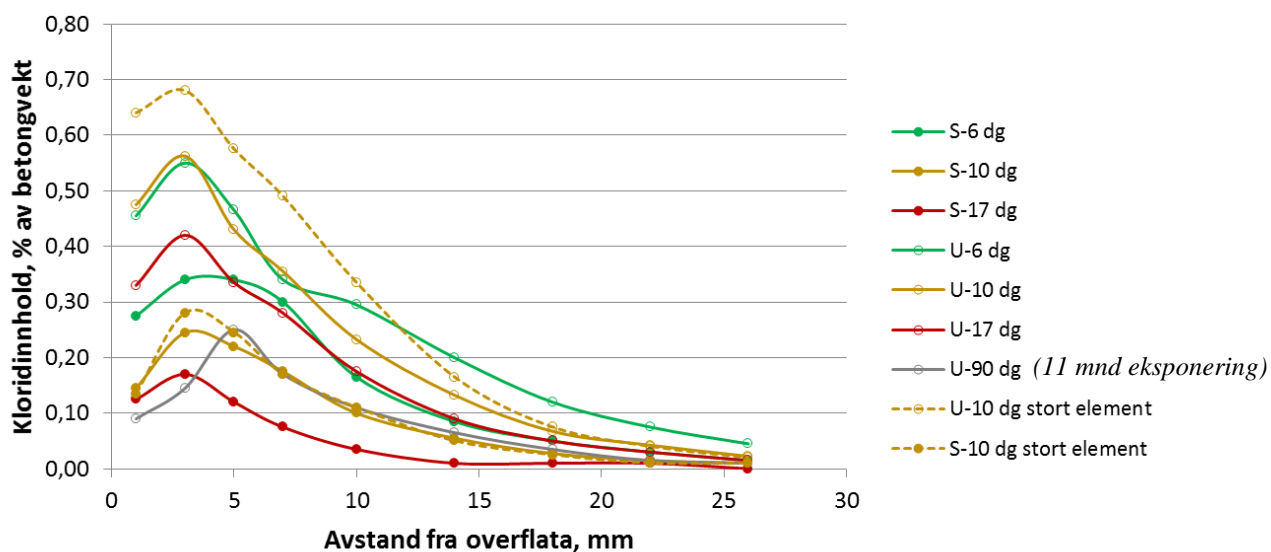
Figur 65 Alle enkeltprofiler - kjerner fra impregnerte elementer



Figur 66 Alle enkeltprofiler - kjerner fra stort element, både impregnert (S) og ubehandlet (U) del



### Kloridinntrenging etter 13 mnd eksponering



Figur 67 Middelerverdiar pr eksponeringstidspunkt - kjerner fra impregnerte (S) og ubehandlede (U) elementer

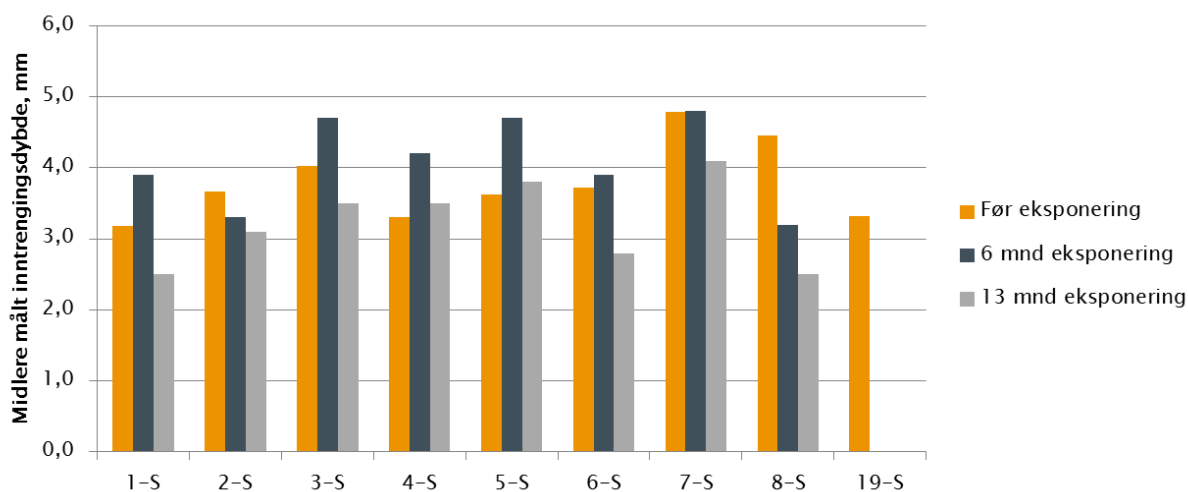
#### 10.4.4 Inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering etter 6 og 13 mnd eksponering

Målte inntrengingsdybder med foto for alle kjerner etter hhv 6 mnd og 13 mnd eksponering er vist i rapportene i VEDLEGG 5 og 6.

Middelerverdiar pr kerne og prøvetermin er vist i Figur 68, sammen med initielle verdiar (se kapittel 10.2).

Foto med eksemplar på bruddflater etter påføring av vann er vist i VEDLEGG 4, sammenstilt med foto fra initiell måling.

### Inntrengingsdybde av hydrofoberende impregnering



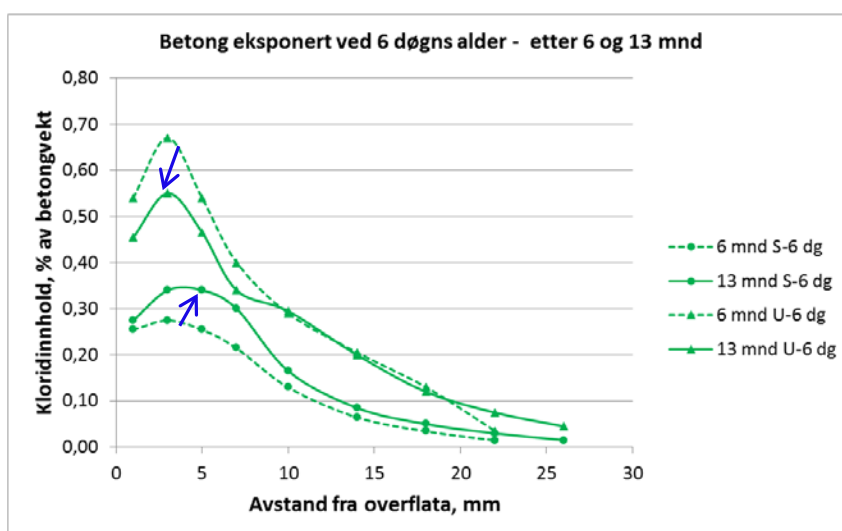
Figur 68 Målte inntrengingsdybder, middelerverdiar pr element, hhv før eksponering (middel av 2-4 kerneflater) og etter 6 mnd og 13 mnd eksponering (middel av 1 kerneflate)

# 11 Behandling og vurdering av resultater

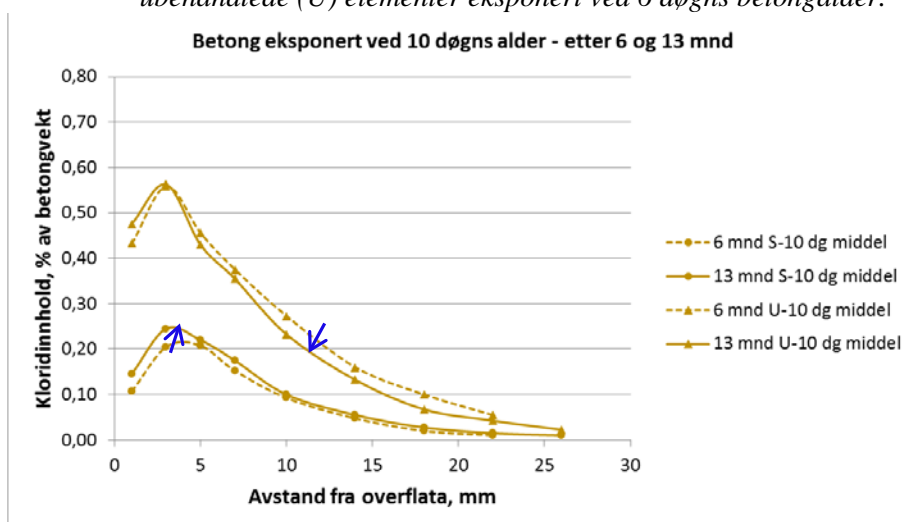
## 11.1 Kloridprofiler – utvikling fra 6 til 13 mnd og inntrengingsdybde av klorider

For å se på utviklingen i kloridinntrenging fra 6 til 13 mnd er det fremstilt figurer som sammenstiller kurvene for de ulike eksponeringsaldre (små elementer), se Figur 69-72.

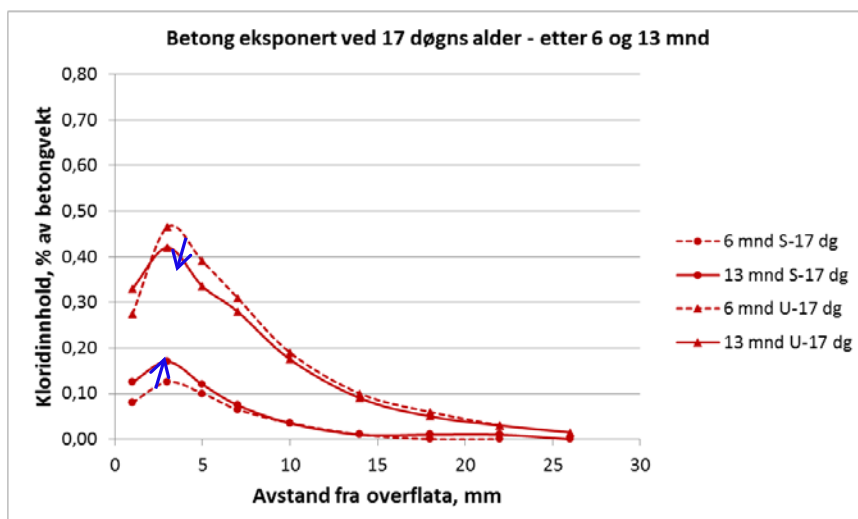
Figurene viser at den hydrofobere impregnering i betydelig grad evner å bremse kloridinntrengingen i betongen. Dette gjelder både etter 6 mnd og 13 mnd eksponering, og uavhengig av betongens alder ved eksponering. Basert på en visuell betraktning av figurene kan man si at det er relativt små endringer i kloridinntrenging over perioden 6-13 mnd, men trenden er entydig: I impregnerte elementer ses en marginal økning i kloridinntrengingen, i ubehandlede elementer ses en marginal reduksjon(!) i kloridinntrengingen. Det er forventet at inntrengingen av klorider vil øke med tiden for begge tilfeller ettersom begge overflatekategorier (impregnert og ubehandlet) er diffusjonsåpne. Spørsmålet er imidlertid om hastigheten av kloridinntrengingen i impregnert betong vil øke over tid, som følge av at impregneringen mister sin effekt på grunn av nedbrytning. For ubehandlet betong er det forventet at hastigheten av inntrengingen vil avta med tiden (diffusjonskoeffisienten reduseres), men det er vanskelig å forklare at det registreres en direkte reduksjon i inntrengt mengde klorider fra 6 til 13 mnd eksponering.



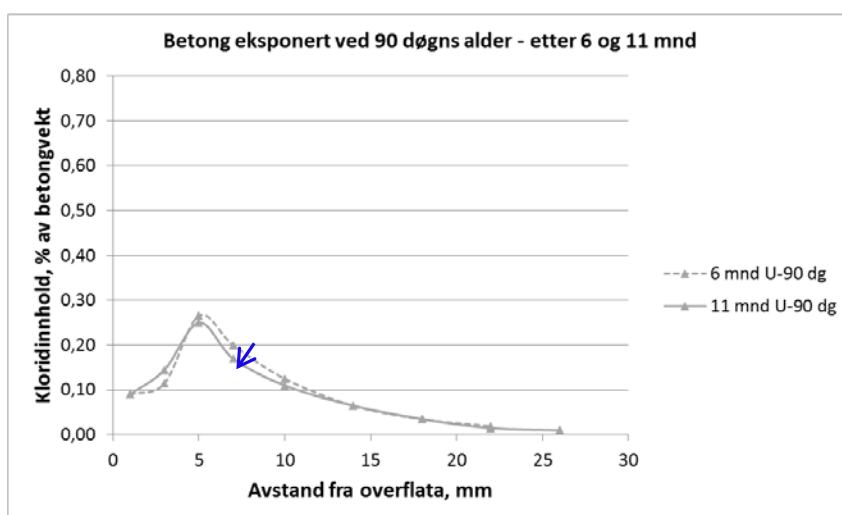
Figur 69 Kloridprofiler (middel av to elementer) etter 6 og 13 mnd eksponering, impregnerte (S) og ubehandlede (U) elementer eksponert ved 6 døgns betongalder.



Figur 70 Kloridprofiler (middel av fire elementer) etter 6 og 13 mnd eksponering, impregnerte (S) og ubehandlede (U) elementer eksponert ved 10 døgns betongalder.



Figur 71 Kloridprofiler (middel av to elementer) etter 6 og 13 mnd eksponering, impregnerte (S) og ubehandlede (U) elementer eksponert ved 17 døgns betongalder.

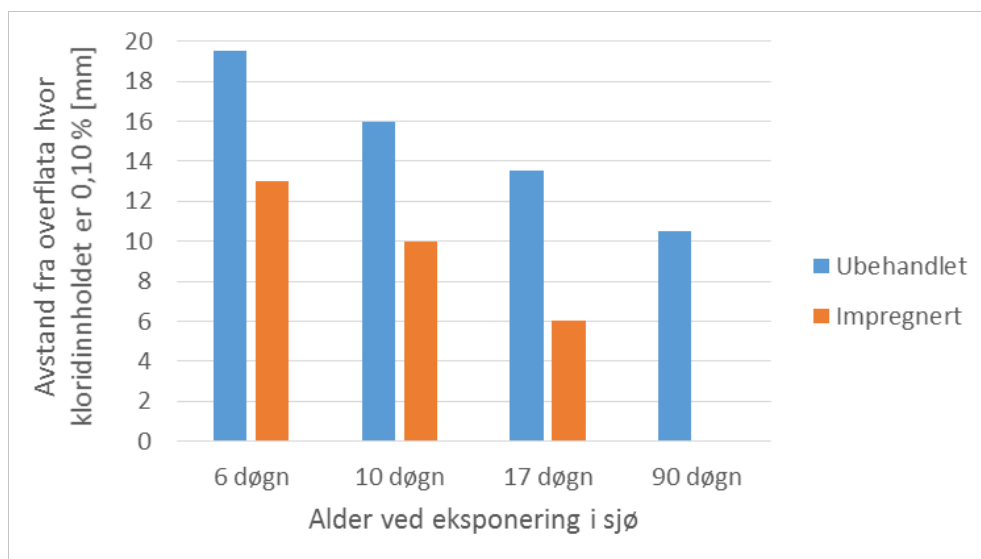


Figur 72 Kloridprofiler (middel av to elementer) etter 6 og 11 mnd eksponering, ubehandlede (U) elementer eksponert ved 90 døgns betongalder.

Kloridprofilene kan også vurderes med tanke på hvor langt inn i betongen kloridene har trengt. For å vurdere dette kan man anta en kritisk kloridverdi på eksempelvis 0,10 % av betongvekt. I Tabell 18 og Figur 73 er det vist en oversikt over hvilke dybder denne kloridverdien opptrer i for de ulike betongvarianter etter 13 mnd eksponering. Verdiene i tabellen er fremkommet ved visuell avlesning i Figur 69-72.

Tabell 18 Inntrengingsdybde av klorider (0,10 %) etter 13 mnd eksponering

Små elementer eksponert ved	Avstand fra overflata hvor kloridinnholdet er 0,10 % av betongvekt, mm	
	Ubehandlet	Impregnert
6 døgns alder	19,5	13
10 døgns alder	16	10
17 døgns alder	13,5	6
90 døgns alder	10,5	-



Figur 73 Inntrengingsdybde av klorider (0,10 %) etter 13 mnd eksponering (11 mnd for 90 døgner).

## 11.2 Kloridinntrenging i stort element kontra små elementer

Det er etablert tre ulike eksponeringsregimer for betong eksponert ved 10 døgners betongalder, hhv:

- Små elementer neddykket i kar med sjøvann
- Små elementer neddykket direkte i sjøvann
- Stort element i tidevannssonen i sjø

Det er tidligere vist (kapittel 10.4.2 og 10.4.3) at det ikke er signifikante forskjeller i kloridinntrengingen i de små elementene i hhv sjøvann i kar og sjø. For disse er det derfor beregnet middelveier av alle elementer.

I Figur 67 er vist middelveier for små elementer (fire kjerner pr kurve) og middelveier for stort element (to kjerner pr kurve). Her ses at det er liten forskjell på kloridinntrengingen i impregnerert betong («S-10 dg stort element» og «S-10 dg»), men relativt stor forskjell på kloridinntrengingen i ubehandlet betong («U-10 dg stort element» og «U-10 dg»). Det er usikkert hva dette skyldes. Det kan teoretisk ha sammenheng med 1) eksponeringsforhold (periodisk kontra permanent neddykket), 2) elementstørrelse (ulike herdebetingelser) eller 3) overflatestruktur (observert en del porer i stort element, spesielt ubehandlede del av flate B, se kapittel 7.2).

Det er god overensstemmelse mellom kurvene for impregnerert betong, hvilket indikerer at eksponeringsbetingelser og elementstørrelse er av mindre betydning. Figur 66 viser at det er stor forskjell i kloridinntrenging i de to parallelle kjernene som er tatt ut fra ubehandlet del av elementet. Dette kan underbygge at det er variasjoner i overflatekvalitet som er den største årsaken til avvikene mellom ubehandlede små elementer og ubehandlet stort element. Foto av utborede kjerner, mottatt fra Cowi se Figur 74, viser at kerne 19-U-2 har en form for begroing i overflata som kan ha sammenheng med økt porøsitet i overflata.



Figur 74 Foto av kjerneoverflater fra stort element etter 13 mnd, kjerne 19-U-1 til venstre og 19-U-2 til høyre

### 11.3 Inntrengt mengde klorider og filtreringseffekt av hydrofobere impregnering

Kloridinnholdet i alle freste sjikt fra de utborede kjernene er bestemt ved potensiometrisk titrering. Resultatene er gitt i % av tørr betongvekt, se Tabell 8-12. For å bestemme total inntrengt mengde klorider i impregnerte og ubehandlede elementer er kloridinnholdet i ulike sjikt (middelverdi av to eller fire kjerner pr eksponeringsalder) omregnet fra % av tørr betongvekt til  $\text{g/m}^2$  og summert. Ved omregning er det antatt en tørrdensitet på  $2300 \text{ kg/m}^3$  og en bakgrunnsverdi på 0,01 %. Basert på total inntrengt mengde klorider i hhv impregnerte og ubehandlede prøvestykker er det beregnet en filtreringseffekt som følger:

$$\text{Filtreringseffekt [\%]} = \left( 1 - \frac{m_{\text{Cl tot impregnert}}}{m_{\text{Cl tot referanse}}} \right) \cdot 100 \%$$

hvor:

$m_{\text{Cl tot impregnert}}$  = total inntrengt mengde klorider i impregnerte prøver

$m_{\text{Cl tot referanse}}$  = total inntrengt mengde klorider i ubehandlede referanser

Total mengde inntrengte klorider i ulike elementer og beregnet filtreringseffekt for ulike eksponeringsalder er vist i Tabell 19 (6 mnd eksponering) og 20 (13 mnd eksponering).

Total mengde inntrengte klorider i ulike varianter av elementer ved ulike eksponeringstider er vist i Figur 75.

Filtreringseffekten av den hydrofobere impregneringen for ulike varianter av elementer ved ulike eksponeringstider er vist i Figur 76.

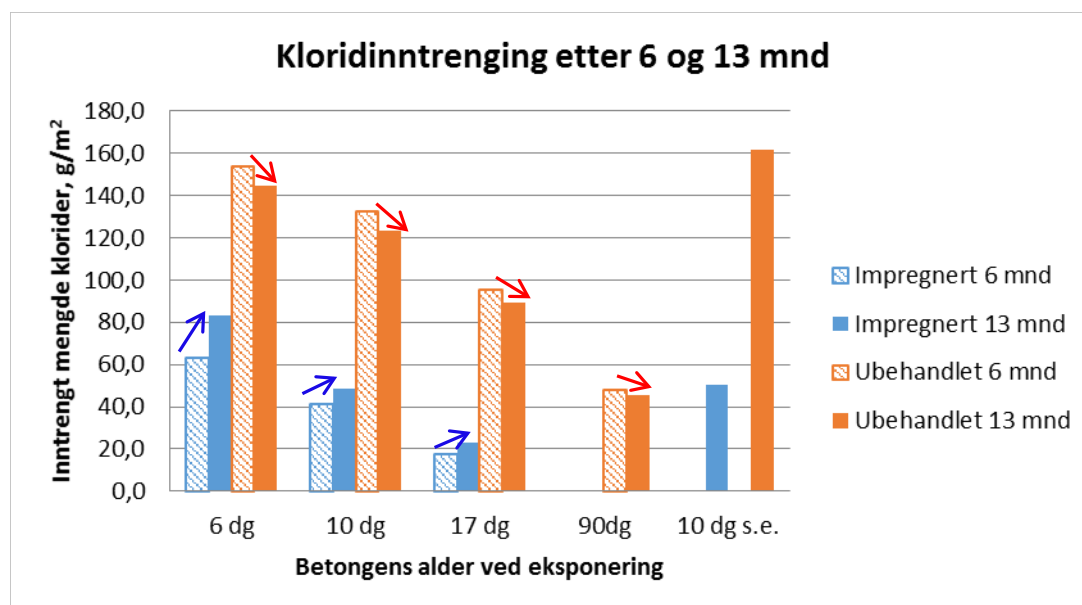
Tabell 19 Total inntrengt mengde klorider ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) og filtreringseffekt etter 6 mnd eksponering, basert på middelverdier pr eksponeringstidspunkt

6 mnd	Inntrengt mengde / Filtreringseffekt			
	6 dg	10 dg	17 dg	90dg
Impregnerte (S)	63,0	41,1	17,5	-
Ubehandlede (U)	154,1	132,3	95,7	47,84
Filtreringseffekt	59,1	69,0	81,7	-

Tabell 20 Total inntrengt mengde klorider ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) og filtreringseffekt etter 13 mnd eksponering, basert på middelverdier pr eksponeringstidspunkt

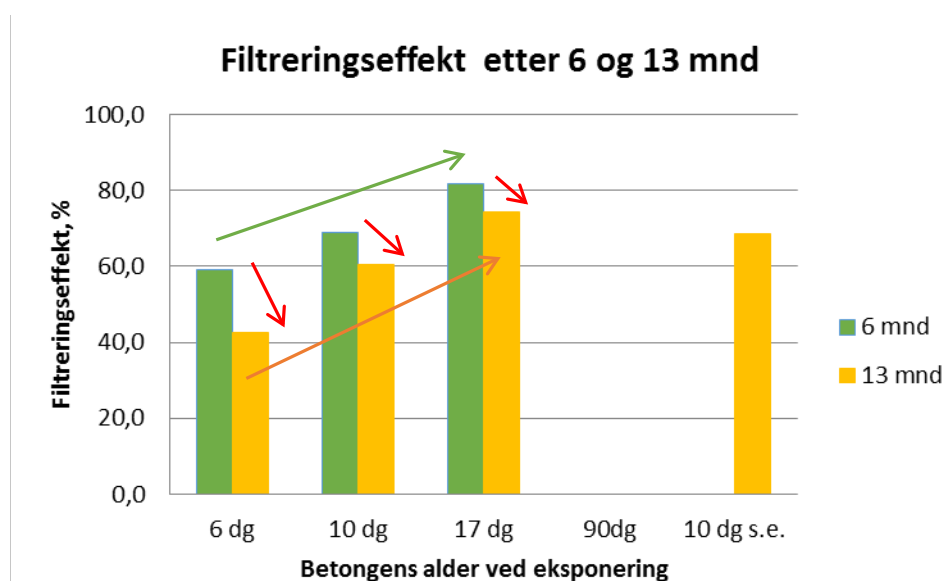
13 mnd	Inntrengt mengde / Filtreringseffekt				
	6 dg	10 dg	17 dg	90dg <sup>*)</sup>	10 dg stort element
Impregnerte (S)	83,0	48,8	23,0	-	50,6
Ubehandlede (U)	144,4	123,2	89,5	45,3	161,7
Filtreringseffekt	42,5	60,4	74,3	-	68,7

\*) Bestemt etter 11 mnd eksponering



Figur 75 Inntrengt mengde klorider i ulike varianter av elementer (middel av to eller fire kjerner) etter 6 og 13 mnd eksponering. «s.e.» står for stort element. Merk: For element eksponert ved 90 døgns alder er 1-årsprøving utført etter 11 mnd eksponering.





Figur 76 Filtreringseffekt for ulike varianter av elementer (middel av to eller fire kjerner) etter 6 og 13 mnd eksponering. «s.e.» står for stort element.

Figur 75 bekrefter og tallfester de visuelle observasjonene som ble gjort av kurvene i kapittel 11.1. Fra 6 mnd til 13 mnd eksponering avtar kloridinnholdet i de ubehandlede små elementene, mens kloridinnholdet øker i de impregnerte små elementene. Endringene er små, men trenden er entydig. Figur 75 viser videre at kloridinntrengingen avtar med økende betongalder ved eksponering. Dette gjelder både impregnert og ubehandlet betong.

Figur 76 bekrefter og tallfester videre at den hydrofobierende impregneringen har en betydelig effekt på kloridinntrengingen, og at effekten øker med økende polymeriserings-/herdetid før eksponering. Dette gjelder begge prøveterminer. Men, som følge av ovenfor kommenterte endringer i kloridinnhold fra 6 - 13 mnd eksponering, så avtar impregneringens filtreringseffekt over perioden. Reduksjonen i filtreringseffekt er størst for betong eksponert ved 6 dg og minst for betong eksponert ved 17 dg betongalder.

Filtreringseffekten for det store elementet er større enn tilsvarende små elementer (eksponert ved 10 dg). Dette skyldes de tidligere omtalte forskjeller i kloridinntrenging i ubehandlet del av stort element i forhold til små elementer (større inntrenging i stort element).

#### 11.4 Diffusjonskoeffisienter

For ubehandlede elementer er det utført beregninger av diffusjonskoeffisienter etter 6 mnd og 13 mnd eksponering. Ved beregningene er det benyttet en bakgrunnsverdi for kloridinnhold på 0,01 % av betongvekt og eksponeringstider, i timer, som vist i Tabell 21.

Beregnete diffusjonskoeffisienter for alle enkeltkjerner er vist i Tabell 22, sammen med middelerverdier pr eksponeringsvariant. Som det fremgår av tabellen er det relativt stort standardavvik for flere av variantene. Middelerverdier pr eksponeringsvariant er vist i Figur 77.

Resultatene etter 6 mnd eksponering viser avtagende diffusjonskoeffisienter med økende eksponeringsalder fra 10 døgn. Etter 13 mnd eksponering oppnås like diffusjonskoeffisienter for alle betonger eksponert fra 10 døgn alder, mens betong eksponert ved 6 døgn alder fortsatt ligger noe høyere.

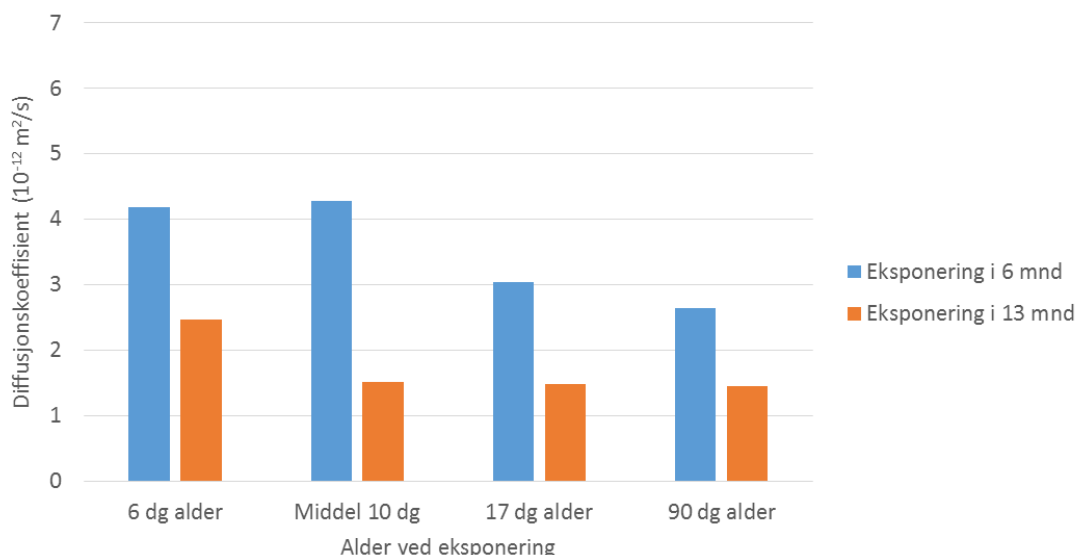
Tabell 21 Eksponeringstid for de ulike elementer, beregnet med utgangspunkt i datoer gitt i Tabell 10

Betongens alder ved eksponering, døgn	Element ident	Eksponeringstid (timer)	
		6 mnd	13 mnd
6	9-U 10-U	4344	9576
10	11-U 12-U	4560	9504
10	13-U 14-U	4560	9504
17	15-U 16-U	4512	9336
90	17-U 18-U	4392	7644
10	19 (stort element)	-	9528

Tabell 22 Beregnede diffusjonskoeffisienter for de ulike elementer og eksponeringstidspunkt

Betongens alder ved eksponering, døgn	Element ident	Diffusjonskoeffisient ( $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ )			
		6 mnd		13 mnd	
		enkeltres	middel	enkeltres	middel
6	9-U	3,2	4,2	3,0	2,5
	10-U	5,2		1,8	
10	11-U	3,5	4,3	1,7	1,5
	12-U	5,8		1,4	
10	13-U	4,5		1,2	
	14-U	3,3	1,7		
17	15-U	3,2	3,0	1,4	1,5
	16-U	2,9		1,6	
90	17-U	2,6	2,6	1,3 <sup>*)</sup>	1,5 <sup>*)</sup>
	18-U	2,7		1,6 <sup>*)</sup>	
10	19 (stort element)	-	-	1,3 2,0	1,7

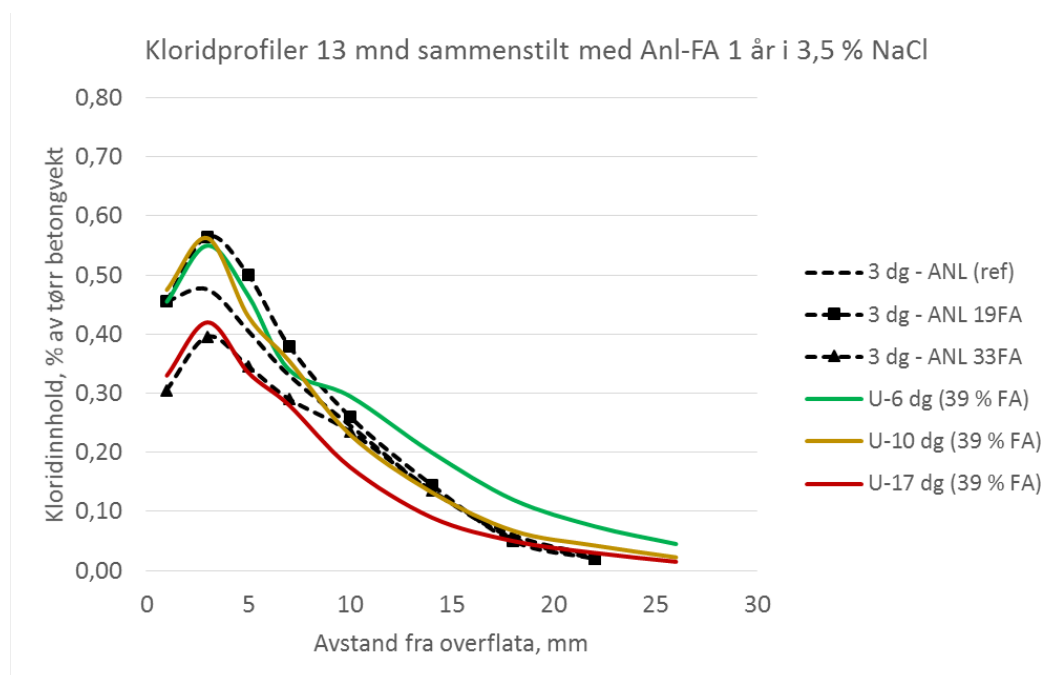
\*) Bestemt etter 11 mnd eksponering



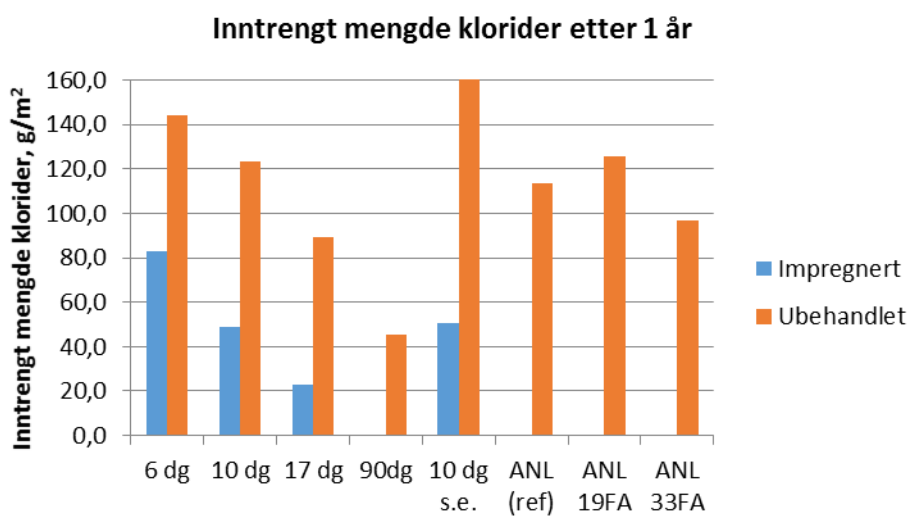
Figur 77 Beregnede diffusjonskoeffisienter for ulike varianter av små elementer (middel av to eller fire kjerner) etter 6 og 13 mnd eksponering. Merk: For element eksponert ved 90 døgns alder er 1-årsprøving utført etter 11 mnd eksponering.

### 11.5 Vurdering av Tresfjord-betongens generelle kloridbestandighet

I prøveprosjektet er det ikke inkludert en referansebetong uten flygeasketilsetning. For å søke å vurdere Tresfjord-betongens generelle kloridbestandighet er det foretatt en sammenligning av de ulike variantene mot de tre betongkvalitetene i Anl FA-prosjektet (kapittel 3.1.1). I Figur 78 er kloridprofilene for de ubehandlede små elementene (U-6 dg, U-10 dg og U-17 dg) plottet sammen med kloridprofilene for ANL (ref), ANL 19FA og ANL 33FA etter 1 års klorideksponering i 3,5% NaCl-løsning fra 3 døgnns alder. I Figur 79 er de beregnede inntrengte mengder klorider fra alle elementer i prøveprosjektet plottet sammen med tilsvarende verdier fra Anl FA-prosjektet.



Figur 78 Kloridprofiler for ubehandlede små elementer (U-6 dg, U-10 dg og U-17 dg) etter 13 mnd eksponering sammenstilt med kloridprofiler for de tre ANL-betongene (med 0, 19 og 33 % FA) etter 1 års eksponering i 3,5 % NaCl-løsning fra 3 døgnns alder.



Figur 79 Inntrengt mengde klorider i alle elementer etter 13 mnd eksponering sammenstilt med inntrengt mengde klorider i de tre ANL-betongene (med 0, 19 og 33 % FA) etter 1års eksponering i 3 % NaCl-løsning fra 3 døgnns alder.

De tre ANL-betongene har i snitt cirka samme kloridinntrenging som prøveprosjektets U-10 dg (112 g/m<sup>2</sup> mot 123 g/m<sup>2</sup>). Både kloridprofiler og total kloridinntrenging er i godt samsvar.

Det er rimelig å sammenligne disse undersøkelsene ut fra følgende:

- ANL-betongene og U-10 dg har samme modenhet ved eksponering (hhv 3 døgnns alder ved 20°C = 3 døgnns modenhet og 10 døgnns alder ved 4°C (Tabell 7) = 3 døgnns modenhet /13/)
- Betongene er eksponert neddykket i saltløsninger med omtrent samme kloridinnhold (hhv 3,5 % NaCl-løsning = 2,1 % og sjøvann = 1,8 % klorider)

På den annen side er det forskjeller i eksponeringsbetingelsene (kjemisk sammensetning i løsningene og temperatur) som har usikker innvirkning på kloridbindingskapasitet og diffusjonshastighet. Betongene har også ulik modenhetsutvikling i eksponeringsperioden, som følge av ulike temperaturforhold i perioden (laboratorium v/ 20 °C kontra felt med årsvariasjoner i temperatur).

## 12 Oppsummering

Tidligere prosjekter har vist at betong med høyt innhold av flygeaske har dårligere motstand mot kloridinntrenging i tidlig alder enn betonger med ren Portlandsement. Allerede etter noen måneders herding (3-12 mnd avhengig av herdeforhold) viser imidlertid flygeaskebetongene like god kloridmotstand som referansebetongene, og på lang sikt er bestandighetsegenskapene forventet å være bedre enn betonger med ren Portlandsement. Det er foreløpig usikkert om den reduserte kloridbestandigheten i tidlig alder har betydning for betongens bestandighet på lang sikt. Et mulig tiltak for å redusere kloridinntrengingen i tidlig alder er å påføre en overflatebeskyttelse på betongen umiddelbart etter avforming.

Tresfjordbrua i Møre og Romsdal er et pilotprosjekt i Statens vegvesen, med prosjektert bruk av lavvarmebetong og tidlig overflatebehandling med hydrofoberende impregnering. Betongen levert til prosjektet har et flygeaskeinnhold på 39 % i forhold til klinker- og flygeaskemengden og et masseforhold på 0,39. Entreprenøren valgte StoCryl HG 200 som hydrofoberende impregnering, og denne ble påført med rull.

Brua ble valgt som objekt i prosjekt Fremtidens bruer i etatsprogrammet Varige konstruksjoner. Det ble etablert et prøveprogram for dokumentasjon av overflatebehandlingens effekt på kort og lang sikt. Ulike prøveelementer støpt med betong fra bruprojektet ble avformet 3 døgn etter utstøping og påført StoCryl HG 200 umiddelbart etterpå. Påført mengde er ca 200 g/m<sup>2</sup> og inntrengingsdybden av impregneringen er målt til 3-4 mm.

Elementene er eksponert i sjøvann hhv 3, 7 og 14 døgn etter påføring av StoCryl HG 200. Ubehandlede elementer er eksponert på tilsvarende måte og på samme tidspunkt som de impregnerte elementene. Som referanse er det også inkludert ubehandlede elementer som er eksponert ved 90 døgns alder.

Kloridinntrengingen i impregnert og ubehandlet betong er undersøkt etter 6 og 13 mnd eksponering i sjøvann.

Resultatene kan oppsummeres som følger:

- Kloridinntrengingen i både ubehandlet og impregnert betong avtar med økende eksponeringsalder (alder ved start eksponering).
- Det totale kloridinnholdet i ubehandlet betong er mindre etter 13 mnd eksponering enn etter 6 mnd eksponering. For impregnert betong øker kloridinnholdet fra 6 mnd til 13 mnd. Endringene er marginale, men tendensene entydige.
- Den kloridbremsende effekten (filtreringseffekten) av StoCryl HG 200 er betydelig for alle undersøkte kombinasjoner. Filtreringseffekten øker imidlertid med økende polymeriserings-/herdetid før eksponering, og avtar med økende eksponeringstid fra 6 til 13 måneder
  - o Etter 6 mnd er filtreringseffekten hhv 59, 69 og 82 % for 6 dg, 10 dg og 17 dg eksponeringsalder (hhv 3, 7 og 14 dg polymerisering før eksponering)
  - o Etter 13 mnd er filtreringseffekten hhv 43, 60 og 74 % for 6 dg, 10 dg og 17 dg eksponeringsalder (hhv 3, 7 og 14 dg polymerisering før eksponering).
- Beregnede diffusjonskoeffisienter for ubehandlede elementer viser en avtagende tendens med økende eksponeringsalder etter 6 mnd eksponering. Etter 13 mnd eksponering er det imidlertid ingen signifikante forskjeller mellom betonger eksponert ved 10-90 døgns alder.

Resultatene viser at tidlig overflatebehandling av betong med StoCryl HG 200 gir en meget god kloridbremsende effekt i tidlig alder (undersøkt opp til 1 år). Både Figur 67, 73 og 76 viser at impregnering og etterfølgende 14 døgns polymerisering før eksponering gir en i særstilling god bremsende effekt på kloridinntrengingen. Impregnering og etterfølgende 3 døgns polymerisering resulterer i omtrent samme kloridbestandighet som en ubehandlet betong herdet i 17 døgn, mens impregnering og etterfølgende 7 døgns polymerisering gir en kloridmotstand som tilsvarer en ubehandlet betong herdet i 90 døgn.

I prosjektbeskrivelsen for Tresfjordbrua var det spesifisert påføring av hydrofobere impregnering ved 3 døgns betongalder og deretter 14 døgns beskyttelse av impregneringen før eksponering for marint klima. Dersom man antar at dette er representativt for prøveprosjektets variant med 3+14=17 døgns eksponeringsalder, så tilsier det at det er et potensial for å filtrere vekk 74 % av kloridene i løpet av det første året. Samtidig ser man at filtreringseffekten er avtagende med økende eksponeringstid (fra 82 % etter 6 mnd til 74 % etter 13 mnd for den aktuelle varianten), og det er fortsatt usikkert hvordan effekten vil være flere år fram i tid. Det bemerkes at prøveprosjektet har kjørt med en meget hard eksponering, ved direkte neddykking i sjøvann. Store deler av de aktuelle konstruksjonsdelene på brua er utsatt for en langt mindre aggressiv eksponering.

Det er liten tvil om at betonger med høyt flygeaskeinnhold er ømfintlig med hensyn på kloridinntrenging i tidlig alder. Allerede etter 6 mnd eksponering er inntrengingsdybde av antatt skadelig kloridnivå (her: 0,10 %) ca 20 mm i ubehandlet betong eksponert ved 6 døgns alder. Resultatene viser imidlertid en betryggende utvikling fra 6 mnd til 1 år, ved at kloridinntrengingen praktisk talt stopper opp. For å sikre 100 års levetid (tid til kritisk kloridnivå når armering) er Statens vegvesens krav til minimum overdekning til armering i konstruksjonsdeler som står direkte i sjø satt til 100 mm. Det er ikke gjort

levetidsberegninger for å estimere den videre kloridutviklingen i betongen, og det er foreløpig ikke trukket konklusjoner vedrørende om det faktisk er behov for den ekstra beskyttelsen som den hydrofobierende impregneringen gir.

Produksjon av prøveelementene er utført i vinterhalvåret med dagtemperaturer like over 0°C, og spesielt de små elementene har lite volum. Dette har gitt betongen tøffe herdeforhold i startfasen, samtidig som inntrengings- og polymeriseringsforholdene for den hydrofobierende impregneringen har vært langt fra optimale. Værforholdene under utførelsen har imidlertid bidratt til at resultatene har høy grad av realisme, og viser at løsningen er robust. Dog vil det på kystbruprosjekter kunne oppleves værforhold som er langt verre enn de prøveprosjektet har erfart, for eksempel langvarige perioder med regnvær eller frost.

Restene av de små elementene er beholdt i sjøvann etter 1-årsprøvingen og det er planlagt en ny prøverunde for disse etter ca 2 års eksponering. Det store elementet er planlagt fulgt opp over flere år for nettopp å se på langtids effekten av tidlig overflatebehandling. Resultatene fra prosjektet vil inngå i beslutningsgrunnlaget for hvilke retningslinjer som skal gjelde ved bygging av kystbruer med lavvarmebetong.

## 13 Referanser

- 1 Norsk Betongforenings publikasjon nr 37: «Lavkarbonbetong», 2015
- 2 Rapport fra forsøk med lavvarmebetong (2004) CD med 10 rapporter fra forundersøkelsene til Bjørvikaprojektet – E18 mellom Festningstunnelen og Ekeberg tunnelen, Statens vegvesen, november 2004
- 3 Smeplass, S., Bjøntegaard, Ø., Kompen R. og Haram, E.: «Senketunnelen i Bjørvika, erfaringsrapport. Kontroll med opprissing i betongens herdefase», Teknologirapport nr. 2580, Statens vegvesen, 2010
- 4 E-post fra Sverre Smeplass av 2015-08-17 vedlagt SINTEF prøvingsrapporter nr 70294 og 3041-1 (3- og 6-årsprøving)
- 5 Bjøntegaard, Ø. og Rodum, E.: «Effekt av flygeaske på betongegenskaper. Laboratorieforsøk på betong i tidlig og moden alder», Statens vegvesen rapport nr 275, 2014
- 6 Bjøntegaard, Ø.: «Møllenberg betongtunnel. FoU-samarbeid bestandighet», Statens vegvesen rapport nr 415, 2015
- 7 Sellevold, E.J.: «Sementhydratisering. Porøsitet. PF-metoden», TKT 4215 Betongteknologi I, NTNU, 2004
- 8 Krogh, S., Overgård, T.S. og Strømfjord, H.: «Betong i tidlig alder – effekt av sementtype og impregnering vedrørende kloridinntrenging», Hovedprosjekt ved Høgskolen i Oslo, avd for ingeniørutdanning, 2008
- 9 Rodum, E. og Lindland, J.: «FoU-prosjektet Kai Sjursøya – Kloridbremsende overflatebehandling av betong: 10 års felteksponering», Statens vegvesen rapport nr 77, 2012
- 10 Larsen, C.K. and Østvik, J-M: "Durability of surface protection systems in harsh climates", 11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Istanbul, Tyrkia, 2008
- 11 Rodum, E.: «Akselerert kloridinntrenging I overflatebehandlet betong. Innledende prøving med tanke på revisjon av prosedyrer», Statens vegvesen rapport nr. 189, 2013
- 12 Silva, N., Helsing, E., Malaga, K., Rodum, E., Torkkeli, M. and Hejll, A.: "Performance test for hydrophobic impregnations for protection against chloride ingress in concrete", the 27th Biennial National Conference of the Concrete Institute of Australia in conjunction with the 69th RILEM Week conference (Concrete 2015), Australia 2015
- 13 Kjellmark, G. Klausen, A.B.E: "Mechanical properties and calculation of model parameters for concrete with Norcem cement and variable fly ash content". COIN-rapport 2015



## Teknisk faktablad

### StoCryl HG 200

Impregnering, hydrofoberende, gel



#### Karakteristikk

<b>Anvendelse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>som hydrofoberende dypimpregnering for beskyttelse av bærende betongkonstruksjoner</li> <li>som preventiv beskyttelse mot kloridkorrosjon</li> </ul>
<b>Egenskaper</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>forhindrer inntrengning av vann og skadelige vannopløste stoffer</li> <li>meget høy inntrengningsdybde</li> <li>meget høy hydrofoberende effekt på hele betongkanten</li> <li>regulerer fuktinnholdet</li> <li>øker den elektriske motstanden</li> <li>meget høy andel av virksomme stoffer</li> <li>meget lang kontaktid</li> <li>meget gode påføringsegenskaper</li> </ul>
<b>Utseende</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>transparent</li> </ul>
<b>Henvisninger</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>produktet oppfyller vilkårene iht. 1504-2</li> <li>produktet oppfyller svenske Trafikverkets krav iht. TRVK Bro og VRVAMA Anläggning 10 rev 1</li> </ul>

#### Tekniske data

Kriterium	Norm	Verdi/enhet	Kommentar
Densitet (23 °C)	EN ISO 2811-1	ca. 0,9 kg/l	
Virksomt silaninnhold		90 %	

Alle verdier er gjennomsnittsverdier som granskes og kontrolleres fortløpende. Siden vi bruker naturlige råvarer i produktene våre, kan verdiene avvike i enkelte leveranser. Dette påvirker imidlertid ikke produktenes egenskaper.

#### Underlag

<b>Krav/klargjøring</b>	Underlaget må klargjøres slik at det dannes en fast og bærekraftig overflate. Underlaget må også være fritt for korrosjon, forurensninger og andre separerende substanser. Fjern også støvresten og alt frittliggende vann.
-------------------------	---

#### Påføring

<b>Påføringstemperatur</b>	Laveste påførings- og underlagstemperatur: 5 °C Høyeste påførings- og underlagstemperatur: 30 °C Relativ luftfuktighet < 80 %
<b>Klargjøring av materialet</b>	Materialet er bruksklart etter omrøring.
<b>Forbruk</b>	Ca. 0,25–1,0 l/m <sup>2</sup> per påføring Forbruket avhenger av eksisterende underlag og påføringsmetode.
<b>Oppbygging</b>	1. Klargjøring av underlaget 2. Hydrofobering StoCryl HG 200
<b>Påføring</b>	1. Klargjøring av underlaget 2. Hydrofobering StoCryl HG 200 StoCryl HG 200 påføres uførtynnet med airless-sprøyte på betongen i ønsket sjiktkykkelse. Still inn trykket for lavest mulig tåkedannelse. Forbruk: 0,25–1,0 l/m <sup>2</sup>

## Teknisk faktablad

### StoCryl HG 200

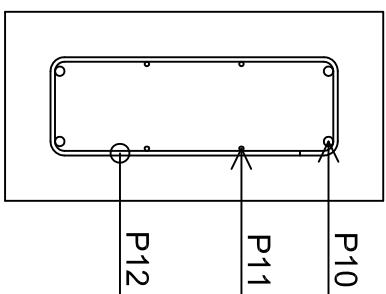
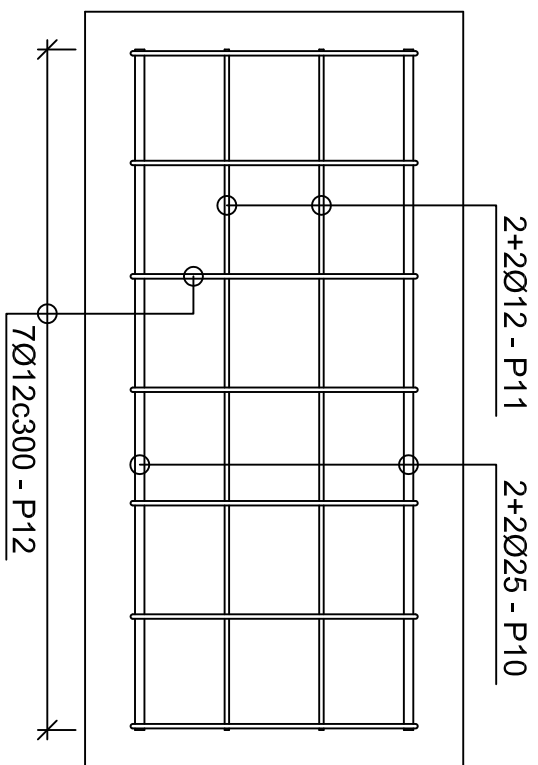
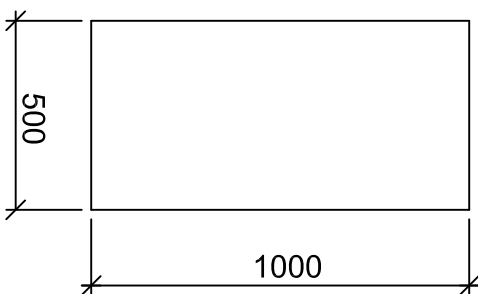
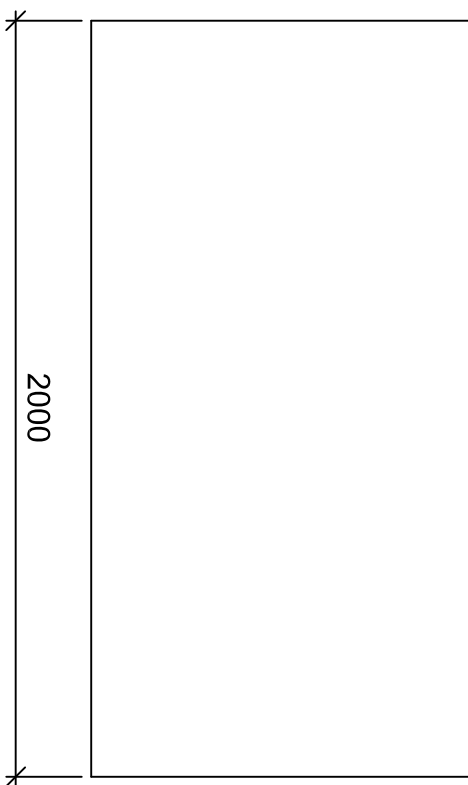
<b>Tørking, herding, overbearbeidingstid</b>	12–96 timer avhengig av påført mengde, porøsitet i betongen og relativ luftfuktighet. Beskytt den hydrofoberende overflaten mot vann og regn i ca. 24 timer etter påføring.
<b>Beskyttelsestiltak</b>	Pass på at produktet ikke spres til kjøreflater via sprøytetåken ved påføring med airless-sprøyte. Bare en tynn hinne kan redusere veigrepet betydelig. Pass også på at det ikke kommer sprøytetåke på kjøretøyer. Først og fremst kan forurensning på frontruten forringe sikten.
<b>Rengjøring av verktøy</b>	Rengjør verktøyet umiddelbart med StoDivers EV 100.
<b>Leveranse</b>	
<b>Farge</b>	Transparent
<b>Forpakning</b>	Spann 20 l
<b>Lagring</b>	
<b>Lagringsforhold</b>	Tørt og frostfritt. Unngå direkte sollys.
<b>Lagringstid</b>	Best før: Se forpakning.
<b>Øvrig</b>	
<b>Produktgruppe</b>	Hydrofobering
<b>Sikkerhet</b>	Produktet er merkepliktig. Sikkerhetsdatablad finnes på <a href="http://www.stonorge.no">www.stonorge.no</a> Observer informasjonen angående produkthåndtering, lagring og avfallshåndtering.
<b>Særskilte opplysninger</b>	
<b>CE-merking</b>	StoCryl HG 200 er CE-merket / tilfredsstillende EU-krav iht. EN 1504-2
<p>Bruk som ikke er nevnt uttrykkelig i dette tekniske faktablad, må ikke gjennomføres uten samråd med Sto Norge AS. Formålet med informasjonen er å sikre normal bruk.</p> <p>Ved offentliggjøring av et nytt teknisk faktablad, mister alle tidligere versjoner sin gyldighet.</p>	

#### Sto Norge AS


Postadresse:  
Waldemar Thranes gate 98A  
0175 Oslo

Besøksadresse:  
Waldemar Thranes gate 98B  
0175 Oslo

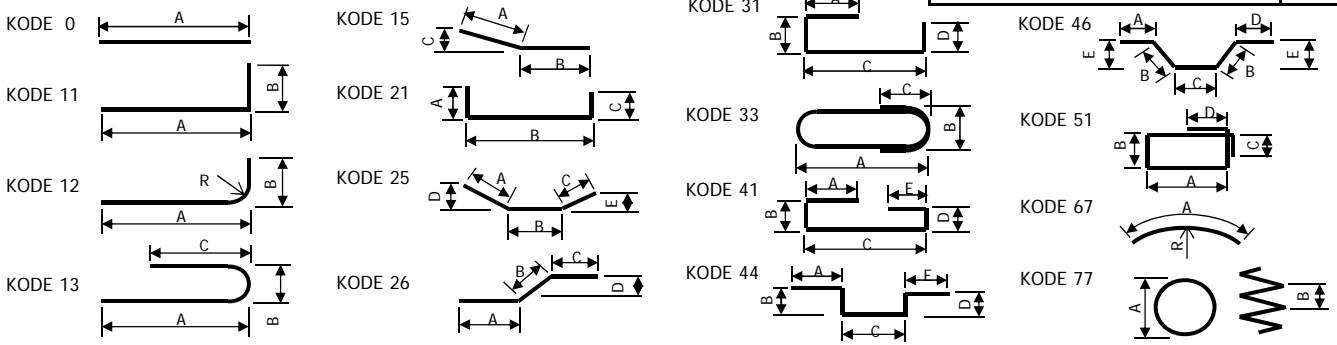
Telefon 66 81 35 00  
Telefaks 66 81 35 01  
[info.no@sto.com](mailto:info.no@sto.com)  
[www.stonorge.no](http://www.stonorge.no)



B45 LVB  
OD 120 +/-20

<b>BØYELISTE</b>   <b>Statens vegvesen</b>	PROSJEKT:	Tresfjordbrua	PROSJEKTNR.	BØYELISTE SIDE	REV.
	KONSTRUKSJON		REF. TEGN.	REV. DATO	REV. AV
	ELEMENT	FoU Overflatebehandling	STÅLKVALITET	UTARB. DATO	UTARB. AV
			B500NC		
			DOK. NR.		KONTR. AV

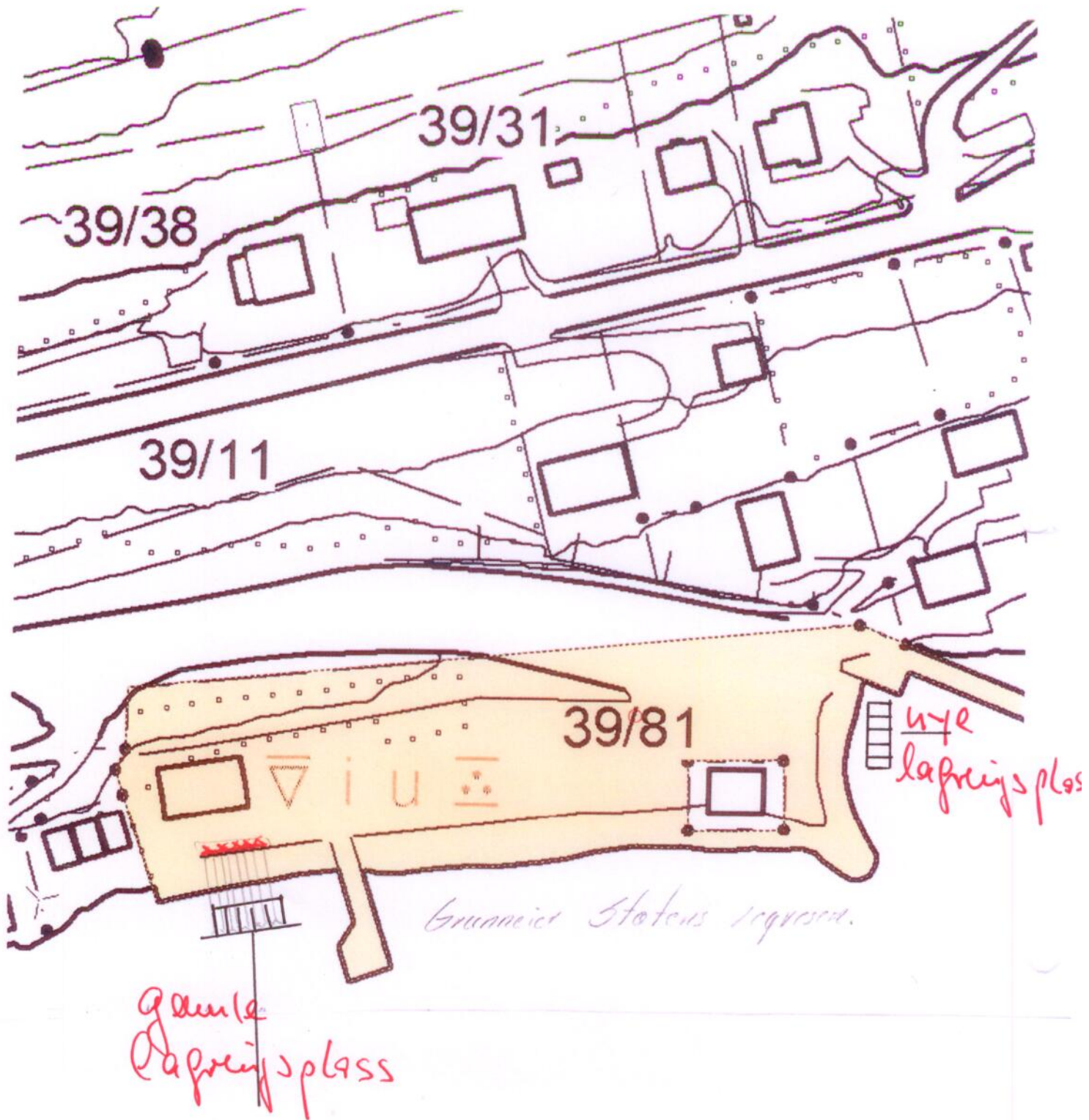
**BØYEFORMER ETTER NS 8332**









POS. NR.	DIAM. [MM]	LENGDE HVER STANG [M]	ANTALL	TOTAL LENGDE [M]	FORM-KODE	DOR DIAM. [MM]	A [MM]	B [MM]	C [MM]	D [MM]	E [MM]	R [MM]	MERKNAD	REV.
P 10	25	1.80	4	7.2	0		1800							
P 11	12	1.80	4	7.2	0		1800							
P 12	12	2.24	7	15.7	51		760	260	100	100				
P 13														
P 14														
P 15														
P 16														
P 17														
P 18														
P 19														

BØYELISTE ER I SAMSVAR MED NS 8332


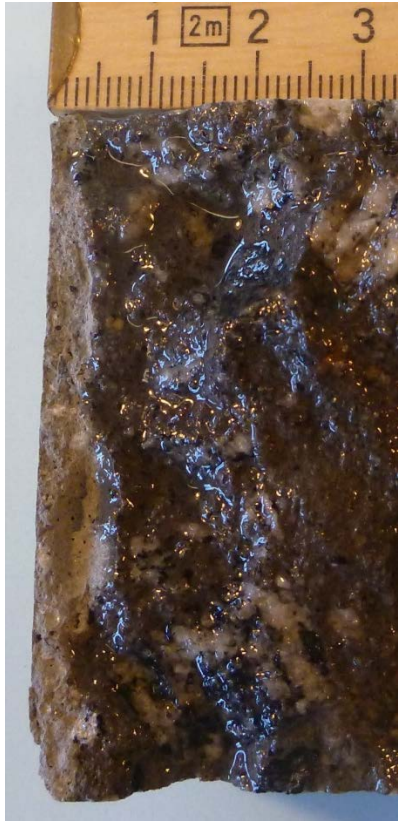


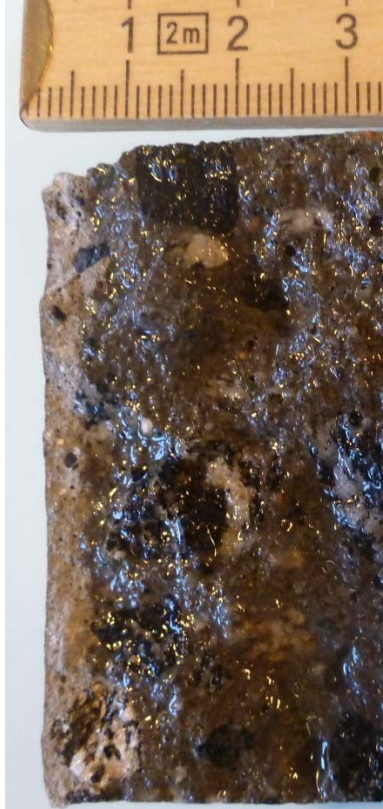

SUM SIDE	Ø5	Ø6	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40
LENGDE [M]					23				7		
VEKT [TONN]					0.02				0.03		











Element	Før eksponering (foto: Stig Helgestad, SVV)	Etter 6 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)	Etter 3 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)
1-S	 A dark, rectangular concrete sample with a smooth surface, showing a vertical crack or indentation.	 The sample is heavily eroded and discolored, showing a porous, brownish-grey surface with visible internal structure. A wooden ruler is placed below for scale.	 The sample shows significant surface erosion and discoloration, appearing more porous and brownish. A wooden ruler is placed above for scale.
2-S	 A dark, rectangular concrete sample with a smooth surface, showing a vertical crack or indentation.	 The sample is heavily eroded and discolored, showing a porous, brownish-grey surface with visible internal structure. A wooden ruler is placed below for scale.	 The sample shows significant surface erosion and discoloration, appearing more porous and brownish. A wooden ruler is placed above for scale.









Element	Før eksponering (foto: Stig Helgestad, SVV)	Etter 6 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)	Etter 3 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)
3-S	 A dark, rectangular concrete sample with a rough, porous surface, showing some internal structure and a lighter-colored base.	 The sample after 6 months of exposure, showing significant surface degradation and a dark, crystalline layer. A wooden ruler is placed above for scale, showing markings at 1, 2, and 3 cm.	 The sample after 3 months of exposure, showing a dark, crystalline layer. A wooden ruler is placed above for scale, showing markings at 1, 2, and 3 cm.
4-S	 A dark, rectangular concrete sample with a rough, porous surface. A white label with blue handwritten text "H-S-1-B" is attached to the right side.	 The sample after 6 months of exposure, showing significant surface degradation and a dark, crystalline layer. A wooden ruler is placed above for scale, showing markings at 1, 2, and 3 cm.	 The sample after 3 months of exposure, showing a dark, crystalline layer. A wooden ruler is placed above for scale, showing markings at 1, 2, and 3 cm.



Element	Før eksponering (foto: Stig Helgestad, SVV)	Etter 6 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)	Etter 3 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)
5-S	 A vertical rectangular sample of dark, wet material, possibly concrete or rock, showing a dark, glistening surface.	 The same sample after 6 months of exposure. The surface is significantly lighter and more textured, with a ruler above it showing a scale from 1 to 3 cm.	 The same sample after 3 months of exposure. The surface is lighter and more textured than the 6-month sample, with a ruler above it showing a scale from 1 to 3 cm.
6-S	 A vertical rectangular sample of dark, wet material, similar to sample 5-S, showing a dark, glistening surface.	 The same sample after 6 months of exposure. The surface is significantly lighter and more textured, with a ruler above it showing a scale from 1 to 3 cm.	 The same sample after 3 months of exposure. The surface is lighter and more textured than the 6-month sample, with a ruler above it showing a scale from 1 to 3 cm.



Element	Før eksponering (foto: Stig Helgestad, SVV)	Etter 6 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)	Etter 3 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)
7-S	 A dark, rectangular sample with a lighter, irregularly shaped area in the center, possibly a crack or a different material layer.	 The sample is heavily corroded and discolored, appearing brown and dark. A wooden ruler is placed above it for scale, showing markings from 1 to 3 cm.	 The sample shows significant corrosion and discoloration, similar to the 6-month sample. A wooden ruler is placed above it for scale, showing markings from 1 to 3 cm.
8-S	 A dark, rectangular sample with a lighter, irregularly shaped area in the center, similar to sample 7-S.	 The sample is heavily corroded and discolored, appearing brown and dark. A wooden ruler is placed above it for scale, showing markings from 1 to 3 cm.	 The sample shows significant corrosion and discoloration, similar to the 6-month sample. A wooden ruler is placed above it for scale, showing markings from 1 to 3 cm.

Element	Før eksponering (foto: Stig Helgestad, SVV)	Etter 6 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)	Etter 3 mnd eksponering (foto: Cowi, Danmark)
19-S			

<b>NBTL' Prøvingsrapport</b>				<b>Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS</b>
Oppdragsgiver(e) <b>Statens Vegvesen Vegdirektoratet</b>				Sorgenfriveien 11 7037 Trondheim Telefon: 73 945150
Oppdragsgivers referanse <b>Eva Rodum</b>				Telefax: 73 945151 E-mail: viggo.jensen@nbt.no Web: www.nbt.no
Oppdragets art <b>Avrop 20: Kloridprofiler og inntrengingsdybde av hydrofobere impregnering</b>				Organisasjonsnr. NO 984 706 138 Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19 
Prøvematerialet <b>18 stk borekjerner</b>				Ansvarlig signatur: Viggo Jensen 
Rapportnummer <b>P 14275</b>	Dato 15.09.2014	Gradering Fortrolig	Sider + bilag 1 + 1 (56s)	Saksbehandler Viggo Jensen
Innhold <b>Prøvingsresultater</b>				

## 1. Formål

Prøvingene er en del av rammeavtale på laboratorietjenester innen betong, betongkonstruksjoner, tunnel og bruvedlikehold med FOU, tilbud 2010174185 avrop 20. Formålet er å dokumentere kloridprofiler og inntrengingsdybde av hydrofobere impregnering.

## 2. Prøvematerialet

18 stk betongsyndre mottatt i perioden 05.06.2014 til 30.08.2014 i COWIS materialelaboratorium. Prøvenes merking, mottakelsestidspunkt og tidspunkt for fresing er git i tabell 1 i bilag .

## 3. Utførte prøvinger

Der er utført følgende prøvinger iht avtalen:

18 stk fotoregistrering av prøver, inntrengingsdybde av hydrofobere impregnering og kloridprofiler.

*Analysene er utført av COWI i Danmark*

## 4. Resultater

Resultatene av prøvingene er gitt i det etterfølgende vedlegg .

Vedlegg: COWI rapport prosjekt nr. A049995 utgitt 15.09.2014

*Norsk betong- og tilslagslaboratorium AS (NBTL) er et uavhengig norsk selskap. Et av formålene med selskapet er å tilby kostnadseffektiv prøving og tjenester av høy kvalitet til byggindustrien, byggherrer og betong - og tilslagsbransjen.*

SEPTEMBER 2014  
NBTL

# Avrop 20

KLORIDPROFILER OG INNTREGINGSDYBDE AV HYDROFOBERENDE IMPREGNERING







SEPTEMBER 2014  
NBTL

## Avrop 20

KLORIDPROFILER OG INNTREGINGSDYBDE AV HYDROFOBERENDE IMPREGNERING

PROJEKTNR. A049995  
DOKUMENTNR. A049995-01-14-22  
VERSION 0.3  
UDGIVELSESDATO 15. september 2014  
UDARBEJDET MHSJ  
KONTROLLERET AEH  
GODKENDT RSO



## INDHOLD

1	Indledning	6
1.1	Procedure	7
2	Fotoregistrering af kernerne	8
2.1	Metode	8
2.2	Registrering	9
3	Indtrængningsdybde af hydrofob imprægnering	27
3.1	Metode	27
3.2	Resultater	28
4	Kloridprofiler	33
4.1	Sammenfatning	33
4.2	Grafisk afbildning af kloridprofiler	34

## BILAG

Bilag A	Kloridprofiler	40
---------	----------------	----

# 1 Indledning

Denne rapport omhandler resultaterne af de specificerede prøvninger i Avrop 20 udbudt af Statens Vegvesen i 2014.

Der er lavet undersøgelse af i alt 18 kerner. Henholdsvis med hydrofob imprægnering mærket med S i kernenavn og uden hydrofob imprægnering mærket med U i kernenavn. For alle kerne er foretaget en fotoregistrering af overfladerne. Derefter er der fræset et profil fra den side hvorfra der er udboret, desuden er indtrængningsdybden bestemt for de kerner med hydrofob imprægnering. Det fræsede profil er analyseret for kloridindhold efter EN 14629.

Kernerne er udtaget i perioden fra 05.06.2014 til 30.08.2014. I den følgende tabel er specificeret tidsforløbet for de enkelte kerner.

*Tabel 1 – Viser hvilken dato kernerne er modtaget, samt dato for fræsning.*

<b>Kernenavn</b>	<b>Modtaget</b>	<b>Fræset</b>
1-S-2	12.06.2014	17-18.06.2014
2-S-2	12.06.2014	17-18.06.2014
9-U-1	12.06.2014	17-18.06.2014
10-U-1	12.06.2014	17-18.06.2014
3-S-3	20.06.2014	24-30.06.2014
4-S-3	20.06.2014	24-30.06.2014
5-S-3	20.06.2014	24-30.06.2014
6-S-3	20.06.2014	24-30.06.2014
11-U-1	20.06.2014	24-30.06.2014



<b>Kernenavn</b>	<b>Modtaget</b>	<b>Fræset</b>
12-U-1	20.06.2014	24-30.06.2014
13-U-1	20.06.2014	24-30.06.2014
14-U-1	20.06.2014	24-30.06.2014
7-S-3	26.06.2014	01-04.07.2014
8-S-3	26.06.2014	01-04.07.2014
15-U-1	26.06.2014	01-04.07.2014
16-U-1	26.06.2014	01-04.07.2014
17-U-1	01.09.2014	05-08.09.2014
18-U-1	01.09.2014	05-08.09.2014

## 1.1 Procedure

Kernerne er ved modtagelse stillet i køleskab ved ca. 5 °C, indtil de er pakket ud og fotoregistreret. Herefter er kernerne pakket ind i plast og igen lagt tilbage på køl, indtil fræsning er påbegyndt. Fræsning foretages fra den ende hvor der er boret fra.

Efter endt fræsning blev de imprægnerede kerner splittet, hvorefter begge halvdele blev lagt på køl ind til videre analyse.

På den delte kerne er indtrængningsdybden af den hydrofobe imprægnering bestemt efter den angivne metode i udbudsmaterialet for Avrop 20. Prøvningen er foretaget fra overfladen modsat udboringsiden.

For pulverprøver er en repræsentativ prøve på 10 g udtaget af det fræsedede pulver, som herefter er analyseret for kloridindhold, ved potentiometrisk titrering efter EN 14629.

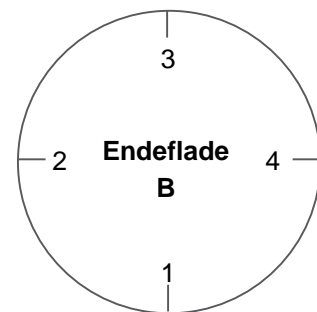
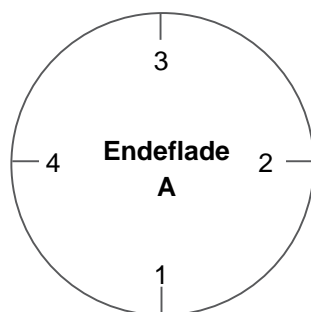
## 2 Fotoregistrering af kernerne

### 2.1 Metode

Ved modtagelse er kernerne blevet pakket ud og fotoregistreret for alle overflader efter følgende procedure.

- › Endeflade A, mærkes i ¼-dels punkterne.
- › Der tages foto af den krumme flade med henholdsvis 1,2,3 og 4 mod kamera (Figurerne herunder illustrerer placeringen af 1,2,3 og 4 for endeflade A.).
- › Der tages foto af ende A, med 1 mod bunden af billedet.
- › Der tages foto af ende B, med 1 mod bunden af billedet.

Endefladerne er fotograferet som vist herunder, med punkt 1 rettet mod underkant billede.



## 2.2 Registrering

### 2.2.1 Kerne 1-S-2

Kerne 1-S-2 har en længde på 102 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010265)



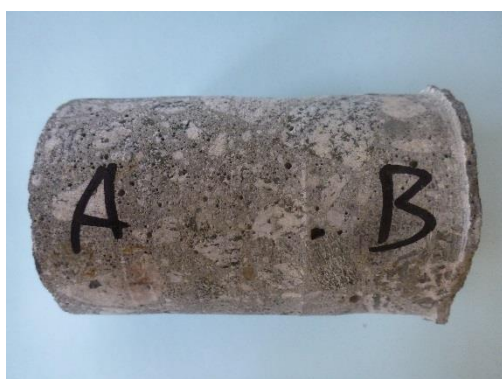
Endeflade B (P1010266)



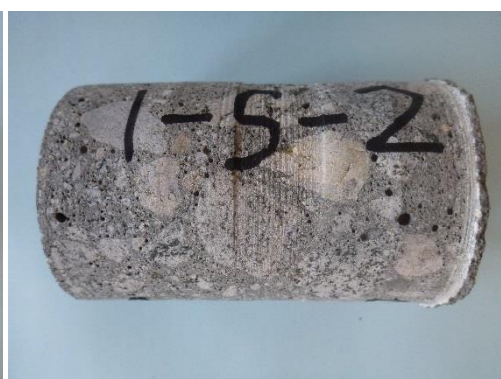
1 mod kamera (P1010258)



2 mod kamera (P1010259)



3 mod kamera (P1010261)



4 mod kamera (P1010262)

## 2.2.2 Kerne 2-S-2

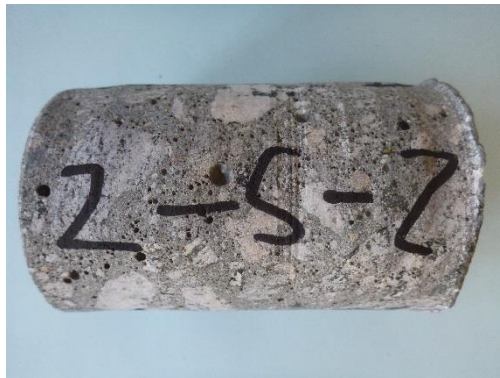
Kerne 2-S-2 har en længde på 101 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010275)



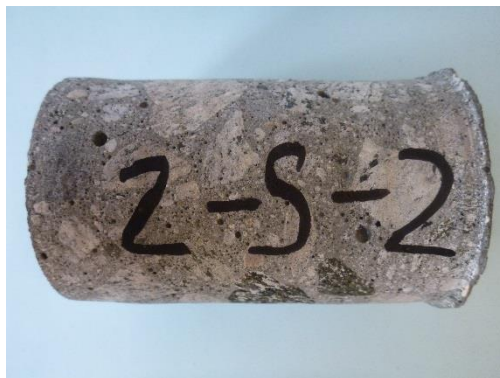
Endeflade B (P1010276)



1 mod kamera (P1010268)



2 mod kamera (P1010269)



3 mod kamera (P1010271)



4 mod kamera (P1010274)



### 2.2.3 Kerne 3-S-3

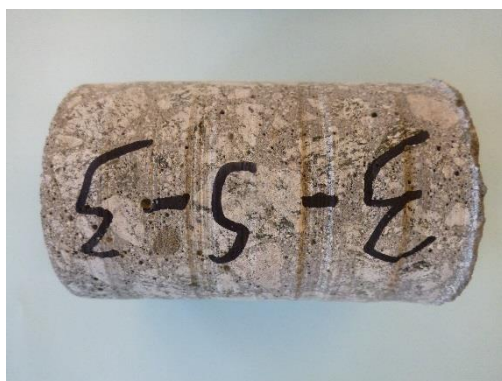
Kerne 3-S-3 har en længde på 100 mm og en diameter på 64 mm.



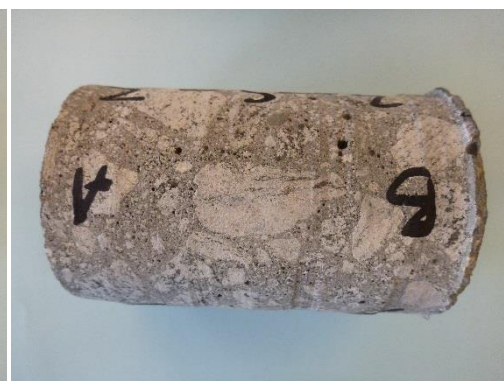
Endeflade A (P1010359)



Endeflade B (P1010361)



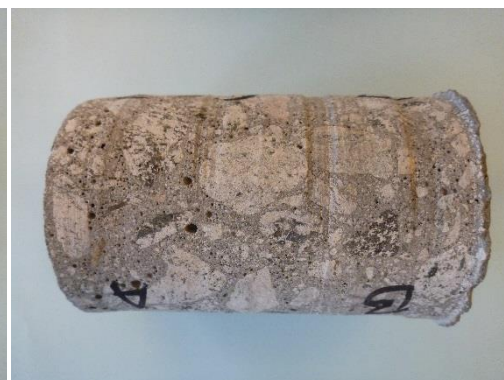
1 mod kamera (P1010351)



2 mod kamera (P1010353)



3 mod kamera (P1010355)



4 mod kamera (P1010357)



## 2.2.4 Kerne 4-S-3

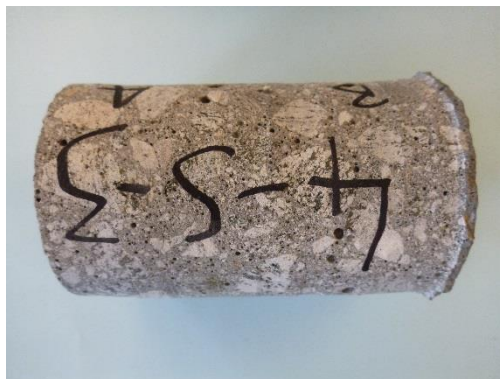
Kerne 4-S-3 har en længde på 103 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010371)



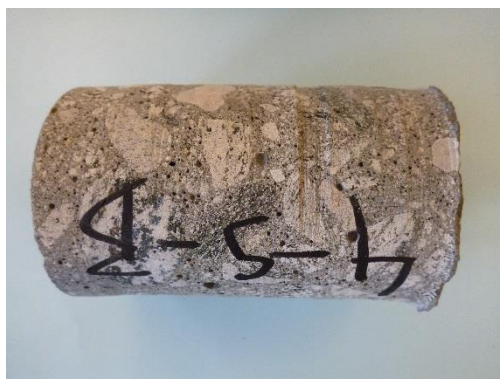
Endeflade B (P1010373)



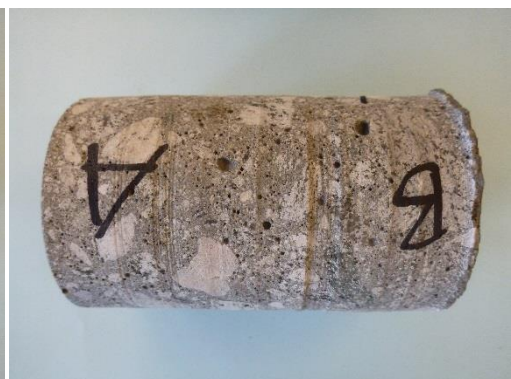
1 mod kamera (P1010363)



2 mod kamera (P1010365)



3 mod kamera (P1010367)



4 mod kamera (P1010357)

## 2.2.5 Kerne 5-S-3

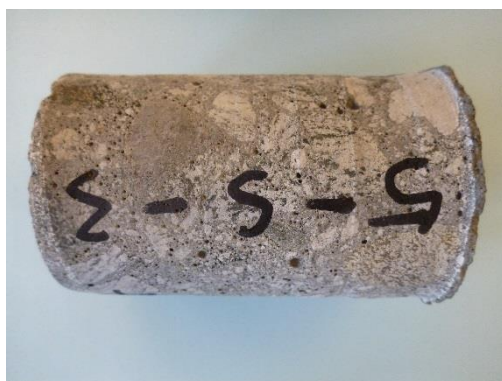
Kerne 5-S-3 har en længde på 100 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010386)



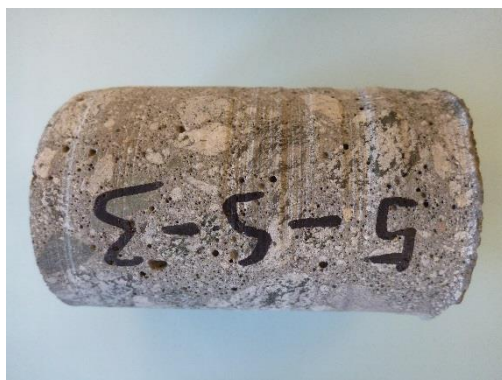
Endeflade B (P1010385)



1 mod kamera (P1010375)



2 mod kamera (P1010377)



3 mod kamera (P1010379)



4 mod kamera (P1010381)



## 2.2.6 Kerne 6-S-3

Kerne 6-S-3 har en længde på 101 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010395)



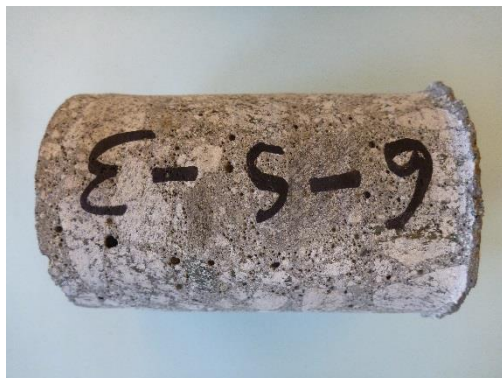
Endeflade B (P1010397)



1 mod kamera (P1010387)



2 mod kamera (P1010389)



3 mod kamera (P1010391)



4 mod kamera (P1010393)

### 2.2.7 Kerne 7-S-3

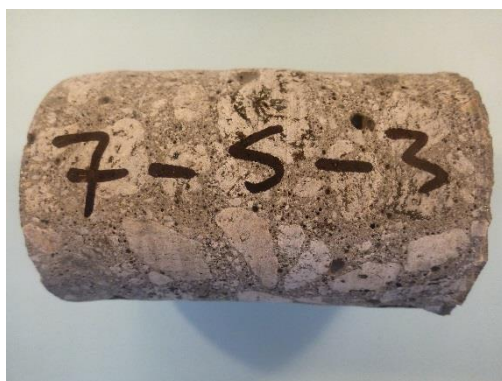
Kerne 7-S-3 har en længde på 100 mm og en diameter på 64 mm.



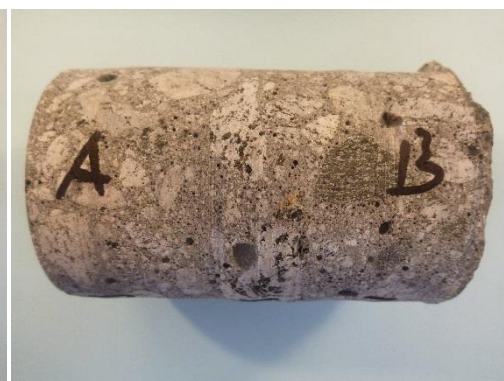
Endeflade A (P1010505)



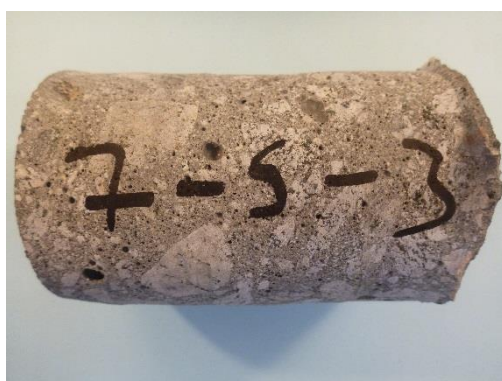
Endeflade B (P1010507)



1 mod kamera (P1010498)



2 mod kamera (P1010499)



3 mod kamera (P1010501)



4 mod kamera (P1010503)



## 2.2.8 Kerne 8-S-3

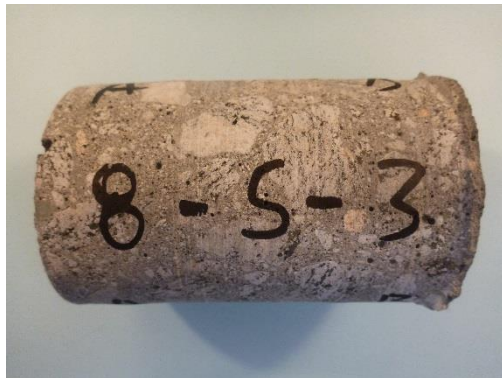
Kerne 8-S-3 har en længde på 100 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010517)



Endeflade B (P1010519)



1 mod kamera (P1010509)



2 mod kamera (P1010511)



3 mod kamera (P1010513)



4 mod kamera (P1010515)



### 2.2.9 Kerne 9-U-1

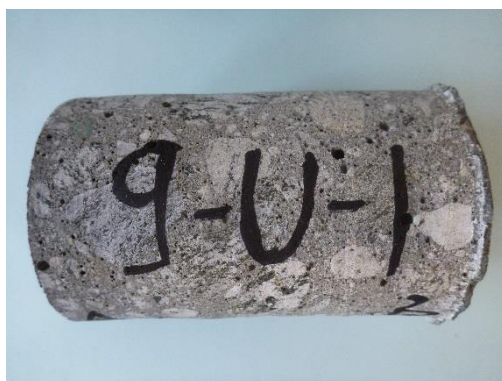
Kerne 9-U-1 har en længde på 100 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010286)



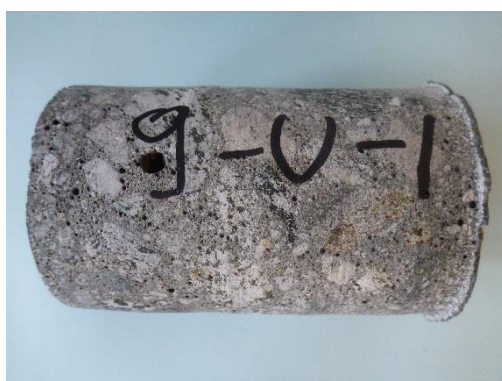
Endeflade B (P1010287)



1 mod kamera (P1010277)



2 mod kamera (P1010279)



3 mod kamera (P1010281)



4 mod kamera (P1010283)

## 2.2.10 Kerne 10-U-1

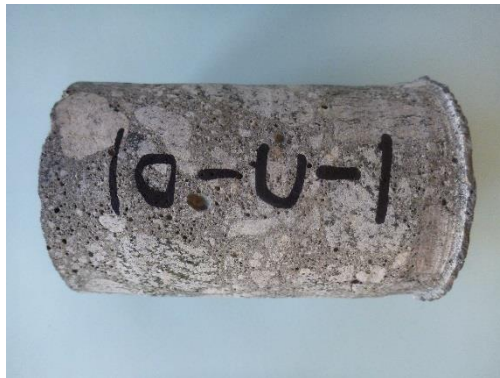
Kerne 10-U-1 har en længde på 105 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010297)



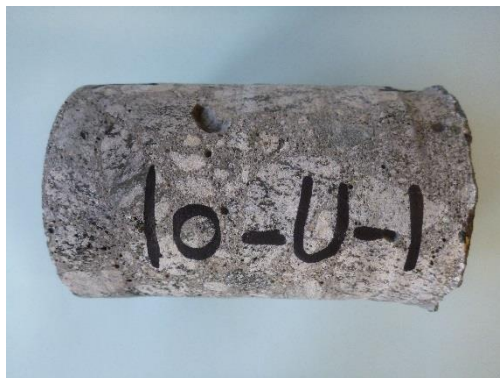
Endeflade B (P1010298)



1 mod kamera (P1010289)



2 mod kamera (P1010291)



3 mod kamera (P1010293)

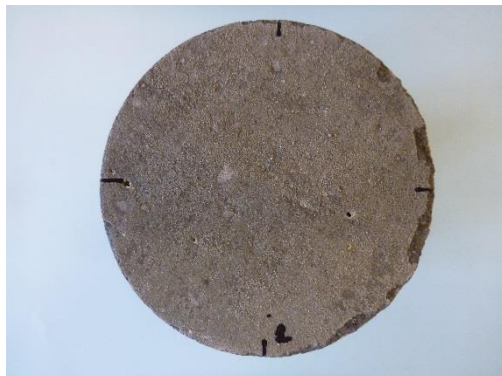


4 mod kamera (P1010295)



## 2.2.11 Kerne 11-U-1

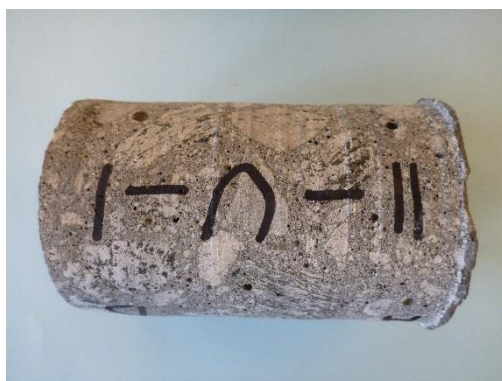
Kerne 11-U-1 har en længde på 101 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010407)



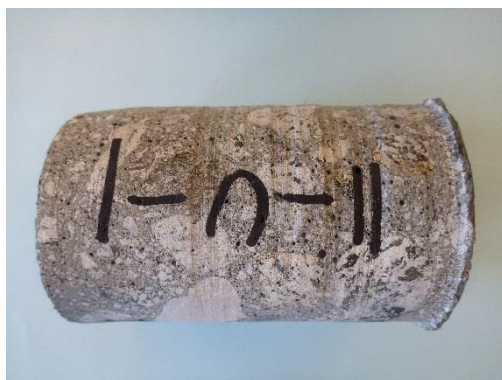
Endeflade B (P1010409)



1 mod kamera (P1010399)



2 mod kamera (P1010401)



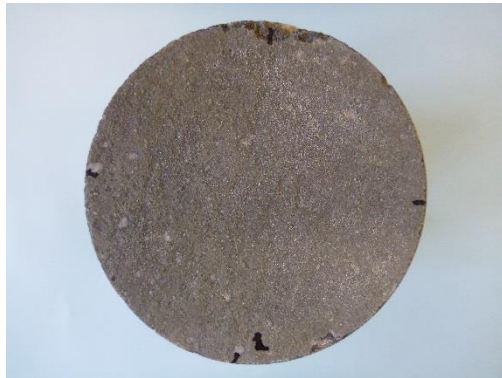
3 mod kamera (P1010403)



4 mod kamera (P1010405)

## 2.2.12 Kerne 12-U-1

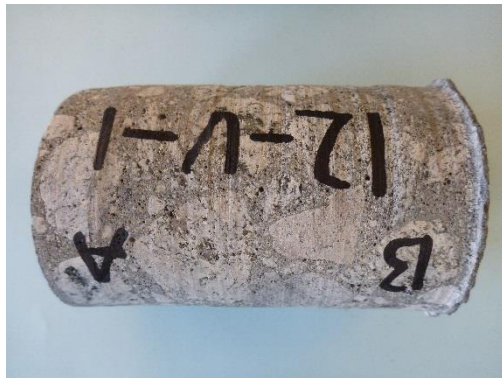
Kerne 12-U-1 har en længde på 101 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010419)



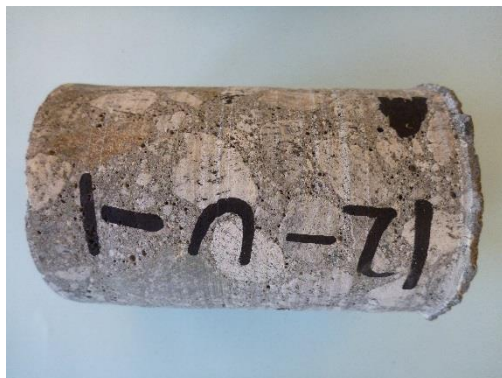
Endeflade B (P1010421)



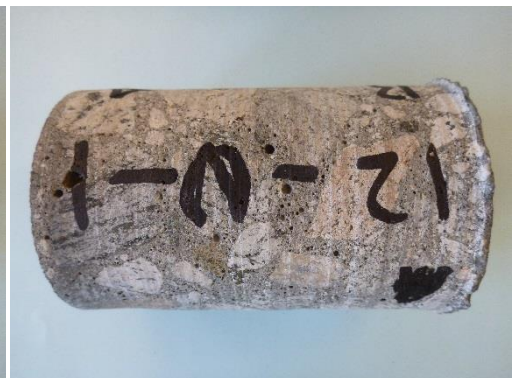
1 mod kamera (P1010411)



2 mod kamera (P1010413)



3 mod kamera (P1010415)



4 mod kamera (P1010417)



## 2.2.13 Kerne 13-U-1

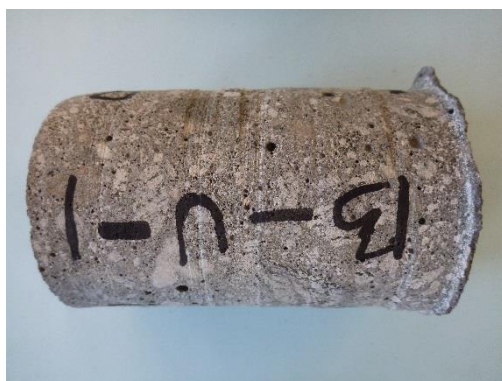
Kerne 13-U-1 har en længde på 102 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade B (P1010431)



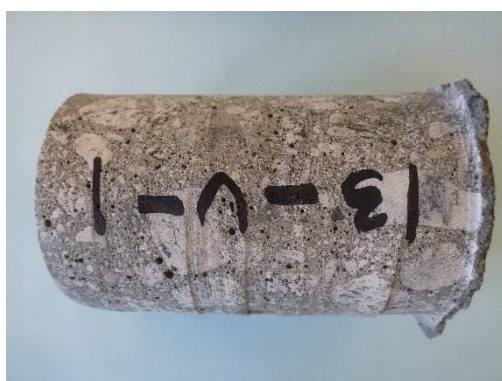
Endeflade A (P1010433)



1 mod kamera (P1010423)



2 mod kamera (P1010425)



3 mod kamera (P1010427)



4 mod kamera (P1010429)



## 2.2.14 Kerne 14-U-1

Kerne 14-U-1 har en længde på 101 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010443)



Endeflade B (P1010445)



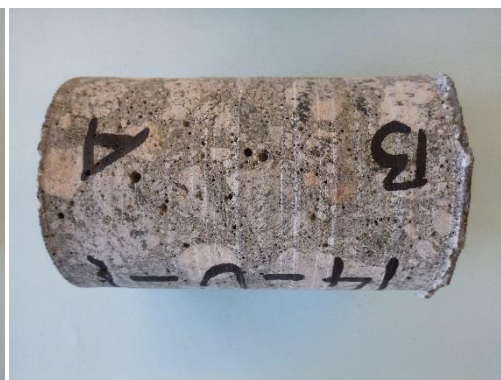
1 mod kamera (P1010435)



2 mod kamera (P1010437)



3 mod kamera (P1010439)



4 mod kamera (P1010441)

## 2.2.15 Kerne 15-U-1

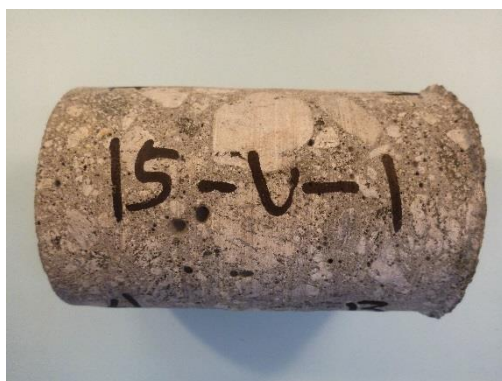
Kerne 15-U-1 har en længde på 101 mm og en diameter på 64 mm.



Endeflade A (P1010529)



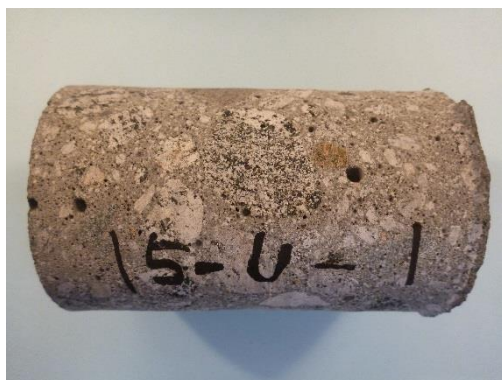
Endeflade B (P1010531)



1 mod kamera (P1010521)



2 mod kamera (P1010523)



3 mod kamera (P1010525)



4 mod kamera (P1010527)



## 2.2.16 Kerne 16-U-1

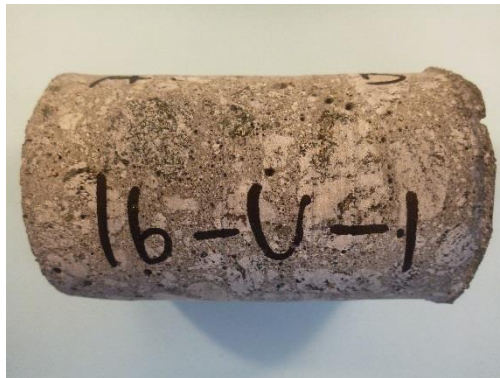
Kerne 16-U-1 har en længde på 102 mm og en diameter på 64 mm.



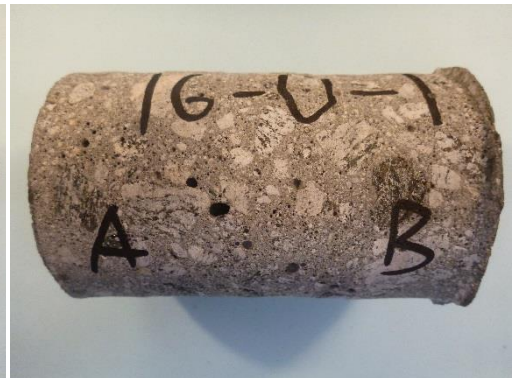
Endeflade A (P1010541)



Endeflade B (P1010543)



1 mod kamera (P1010533)



2 mod kamera (P1010535)



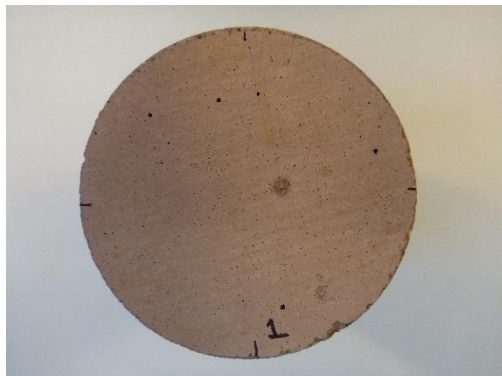
3 mod kamera (P1010537)



4 mod kamera (P1010539)

## 2.2.17 Kerne 17-U-1

Kerne 17-U-1 har en længde på 101 mm og en diameter på 64 mm.



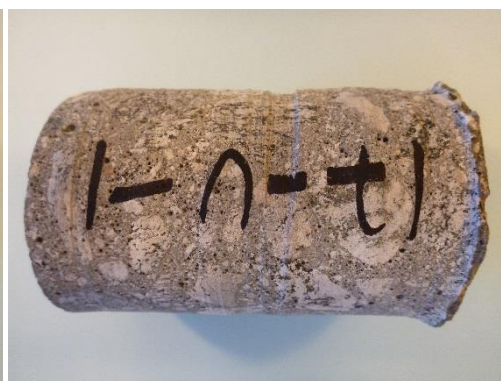
Endeflade A (P1010754)



Endeflade B (P1010756)



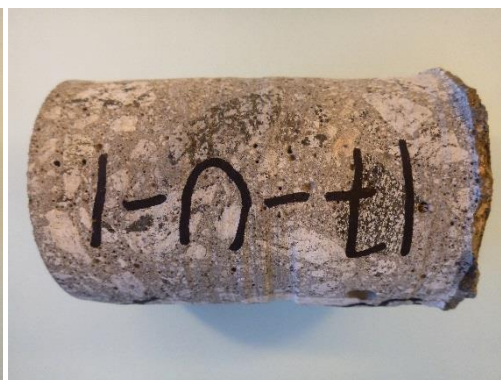
1 mod kamera (P1010746)



2 mod kamera (P1010748)



3 mod kamera (P1010750)

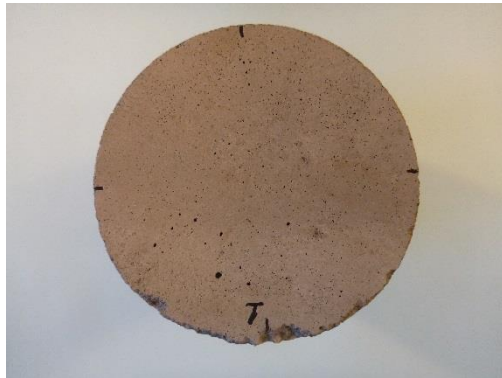


4 mod kamera (P1010752)

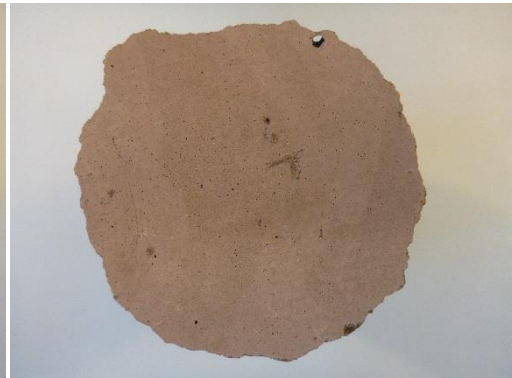


## 2.2.18 Kerne 18-U-1

Kerne 18-U-1 har en længde på 100 mm og en diameter på 64 mm.



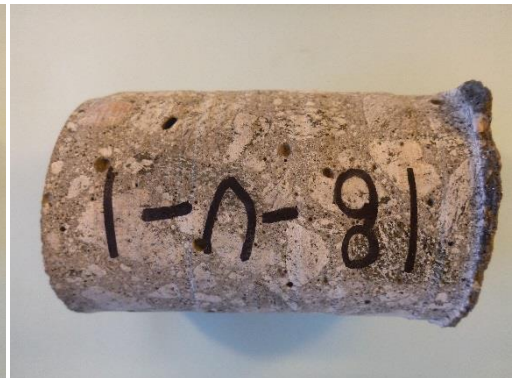
Endeflade A (P1010766)



Endeflade B (P1010768)



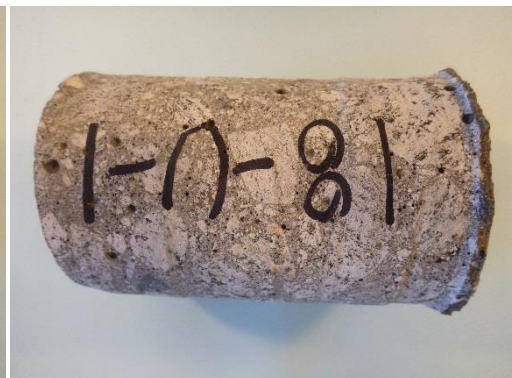
1 mod kamera (P1010758)



2 mod kamera (P1010760)



3 mod kamera (P1010762)



4 mod kamera (P1010764)

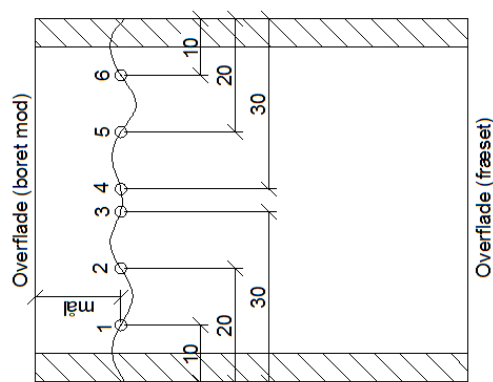
### 3 Indtrængningsdybde af hydrofob imprægnering

For de kerner der er imprægneret med hydrofob imprægnering bestemmes indtrængningsdybden for det påførte produkt, mærket S i kernenavnet.

#### 3.1 Metode

Metoden til bestemmelse af indtrængningsdybden er beskrevet herunder.

- 1 Kernen splittes på langs.
- 2 Der påføres vanddråber ved hjælp af pipette fra den kant der er blevet fræset, mod den imprægnerede overflade.
- 3 Den imprægnerede beton vil ikke suge vand, mens den ikke imprægnerede beton vil suge vand og blive mørkere.
- 4 Imprægneringsfronten måles nu ved hjælp af lineal for hver cm hen over bredden. Aflæste værdier angives til nærmeste 0,5 mm. Middelværdien beregnes og angives til nærmeste 0,1 mm.
- 5 Er målepunktet placeret i et tilslag rykkes punktet, eller evt. udelades.
- 6 Der tages et foto af emnet, der dokumenterer indtrængningsdybden.

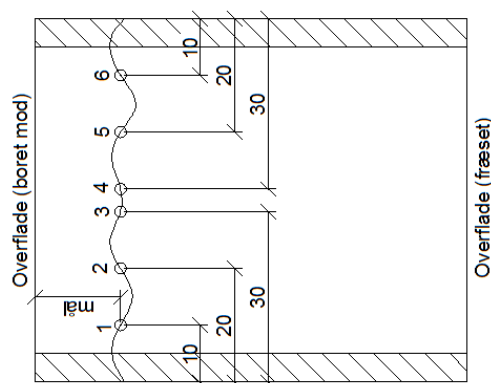


## 3.2 Resultater

I Tabel 2 er vist resultatet af målingen af indtrængningsdybden for den hydrofobe imprægnering.

Tabel 2 – Oversigt over målte indtrængningsdybder for den hydrofobe imprægnering.

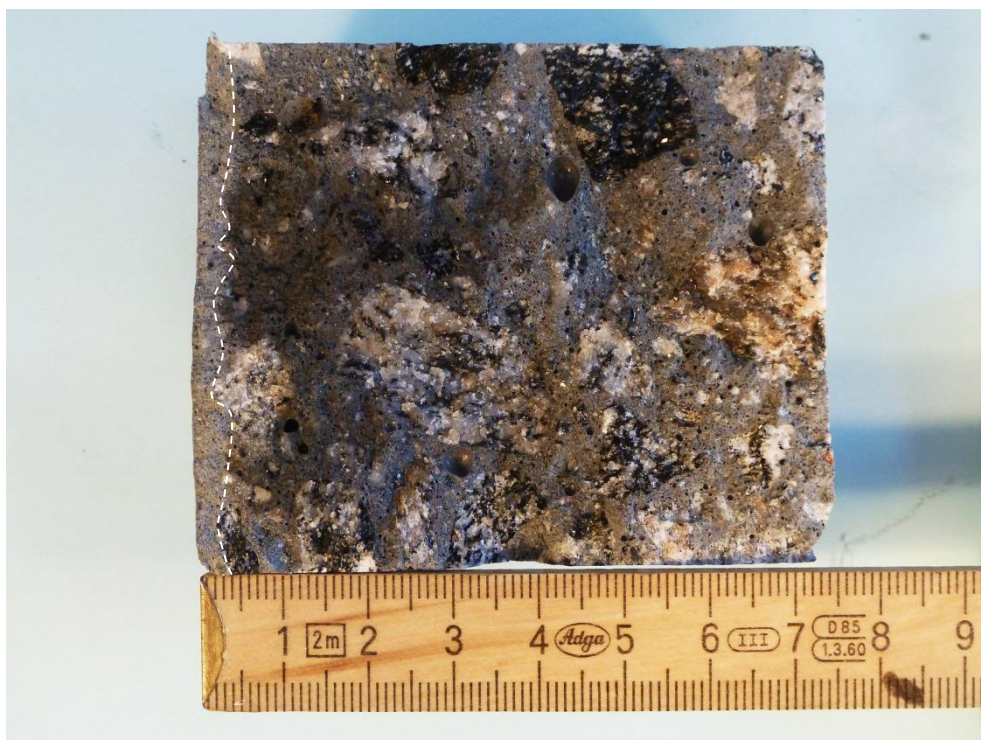
Kerne	Afstand fra overflade [mm]						Middel [mm]
	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	Punkt 5	Punkt 6	
1-S-2	3,0	4,5	2,5	3,5	6,5	3,5	3,9
2-S-2	3,0	4,0	3,0	3,0	2,5	4,0	3,3
3-S-3	4,0	5,5	5,0	4,5	5,0	4,0	4,7
4-S-3	4,0	4,5	4,0	3,5	4,0	5,0	4,2
5-S-3	5,5	6,5	4,5	5,0	3,5	3,0	4,7
6-S-3	3,5	4,0	4,0	3,5	3,5	5,0	3,9
7-S-3	3,0	3,0	6,0	5,0	6,5	5,0	4,8
8-S-3	3,0	4,0	2,5	2,5	3,5	3,5	3,2



Følgende billeder viser kernerne umiddelbart efter afsluttet undersøgelse af indtrængningsdybden af den hydrofobe imprægnering. De imprægnerede områder fremstår lysere grå end de ikke imprægnerede områder. For hver billederne af imprægneringsfronten angivet med en hvid stiplede linje. Kernen er vendt på billeder, som angivet på figuren herover. Enkelte steder er målepunktet rykket, da der var tilslag.



Kerne 1-S-2 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræsede overflade. Den imprægnerede del (de yderste 3-5 mm fra venstre) fremstår lysere end den øvrige del af kernen.



Kerne 2-S-2 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræsede overflade. Den imprægnerede del (de yderste 3-5 mm fra venstre) fremstår lysere end den øvrige del af kernen.





Kerne 3-S-3 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste 3-5 mm fra venstre) fremstår  
lysere end den øvrige del af kernen.



Kerne 4-S-3 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste 3-5 mm fra venstre) fremstår  
lysere end den øvrige del af kernen.





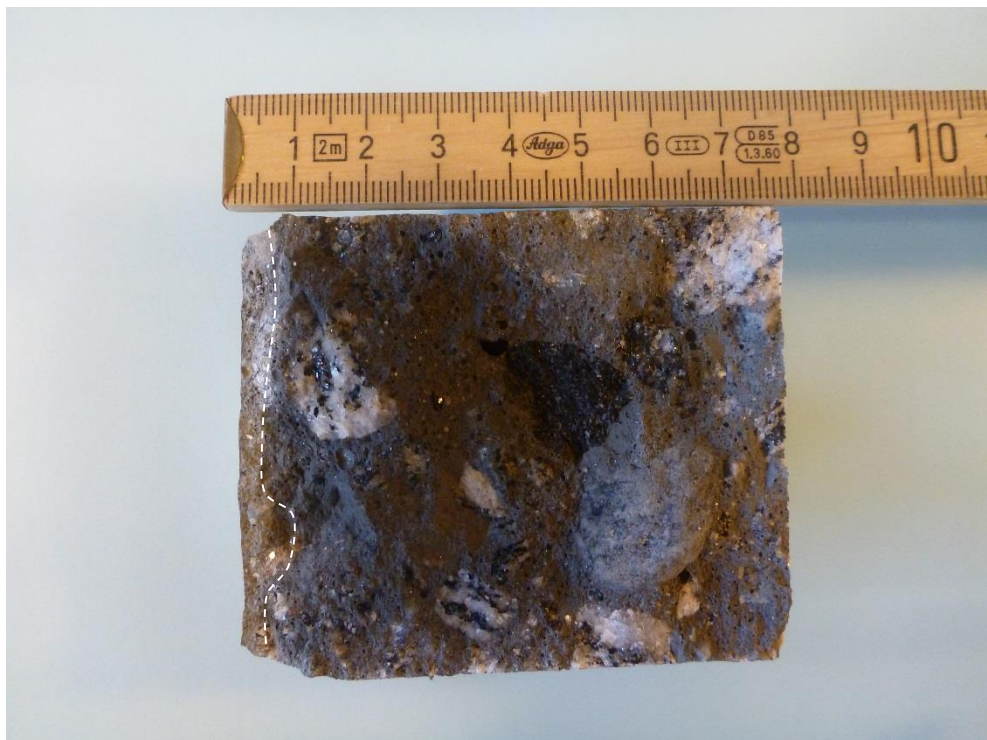
Kerne 5-S-3 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræsede overflade. Den imprægnerede del (de yderste 3-5 mm fra venstre) fremstår lysere end den øvrige del af kernen.



Kerne 6-S-3 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræsede overflade. Den imprægnerede del (de yderste 3-5 mm fra venstre) fremstår lysere end den øvrige del af kernen.



Kerne 7-S-3 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste 3-5 mm fra venstre) fremstår  
lysere end den øvrige del af kernen.



Kerne 8-S-3 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste 3-5 mm fra venstre) fremstår  
lysere end den øvrige del af kernen.

## 4 Kloridprofiler

Kloridprofilerne er bestemt ved potentiometrisk titrering efter EN 14629.

Hver af de modtagne kerner fræses fra den overflade hvorfra der er udboret i følgende trin: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-12, 12-16, 16-20 og 20-24 mm.

Resultaterne for de enkelte kerner er vedlagt som Bilag A, der er kort sammenfattet i følgende afsnit.

### 4.1 Sammenfatning

Følgende tabel viser kloridindholdet i de forskellige niveauer for de forskellige kerner.

Tabel 3 – Viser kloridindholdet af de enkelte niveauer i % af betonvægten.

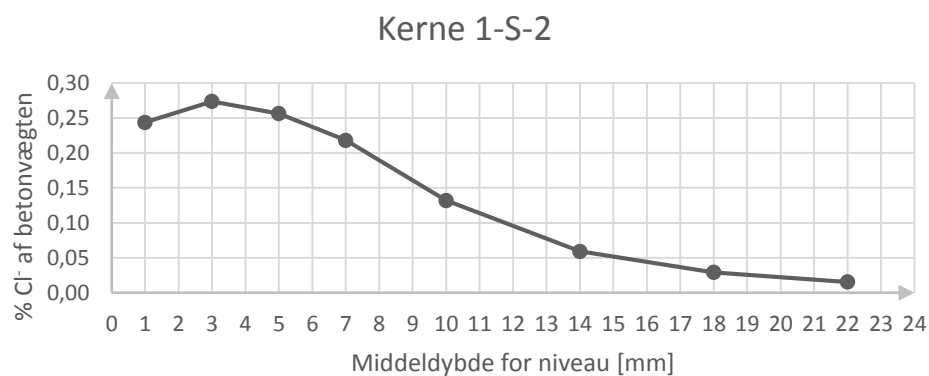
Kerne	0-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	6-8 mm	8-12 mm	12-16 mm	16-20 mm	20-24 mm
<b>1-S-2</b>	0,24	0,27	0,26	0,22	0,13	0,06	0,03	0,02
<b>2-S-2</b>	0,27	0,28	0,25	0,21	0,13	0,07	0,04	0,01
<b>3-S-3</b>	0,14	0,22	0,20	0,14	0,08	0,03	0,02	0,01
<b>4-S-3</b>	0,07	0,23	0,25	0,17	0,11	0,06	0,02	0,01
<b>5-S-3</b>	0,10	0,18	0,19	0,16	0,10	0,05	0,02	0,01
<b>6-S-3</b>	0,12	0,19	0,19	0,14	0,08	0,05	0,02	0,01
<b>7-S-3</b>	0,07	0,12	0,10	0,07	0,04	0,01	0,00	0,00
<b>8-S-3</b>	0,09	0,13	0,10	0,06	0,03	0,01	0,00	0,00



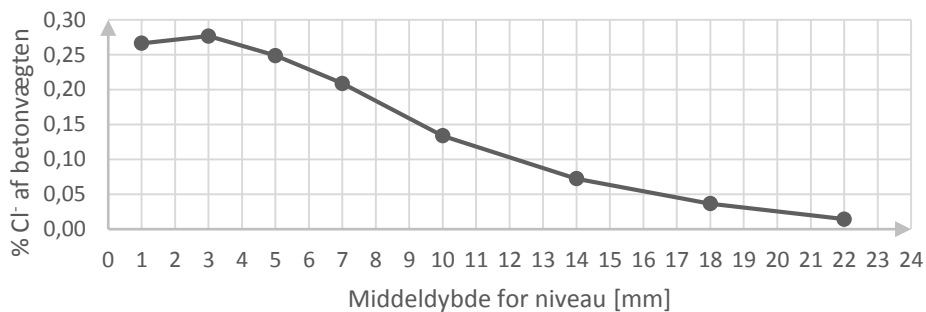
Kerne	0-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	6-8 mm	8-12 mm	12-16 mm	16-20 mm	20-24 mm
<b>9-U-1</b>	0,58	0,75	0,61	0,43	0,27	0,19	0,14	0,01
<b>10-U-1</b>	0,50	0,59	0,47	0,37	0,31	0,22	0,12	0,06
<b>11-U-1</b>	0,45	0,62	0,50	0,39	0,28	0,15	0,09	0,06
<b>12-U-1</b>	0,51	0,47	0,37	0,32	0,25	0,18	0,13	0,06
<b>13-U-1</b>	0,21	0,56	0,47	0,43	0,30	0,17	0,10	0,06
<b>14-U-1</b>	0,56	0,58	0,48	0,36	0,26	0,14	0,08	0,04
<b>15-U-1</b>	0,26	0,47	0,39	0,32	0,20	0,10	0,07	0,04
<b>16-U-1</b>	0,29	0,46	0,39	0,30	0,18	0,10	0,05	0,02
<b>17-U-1</b>	0,09	0,12	0,29	0,21	0,13	0,07	0,04	0,02
<b>18-U-1</b>	0,09	0,11	0,24	0,19	0,12	0,06	0,03	0,02

## 4.2 Grafisk afbildning af kloridprofiler

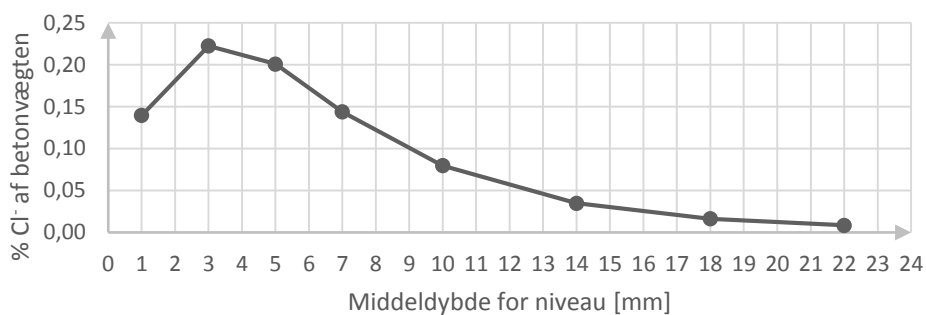
Følgende figurer viser kloridprofilerne for de enkelte kerner.



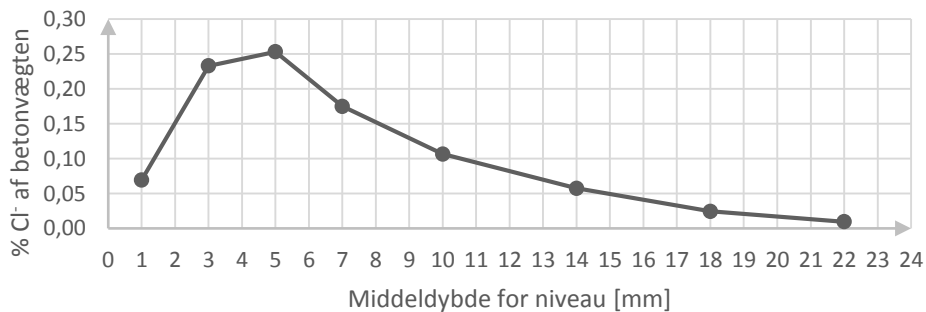
Kerne 2-S-2



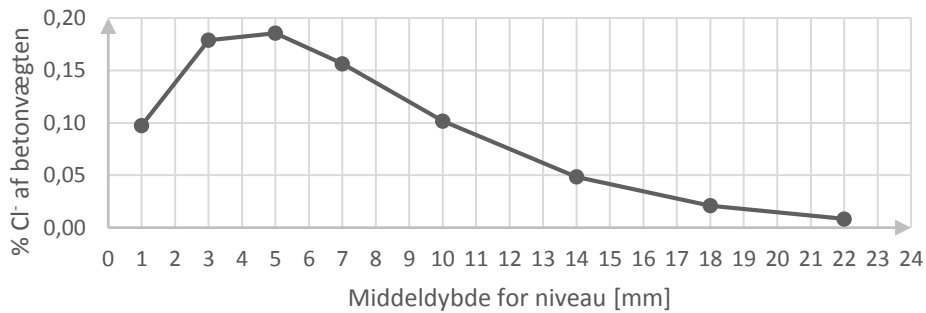
Kerne 3-S-3



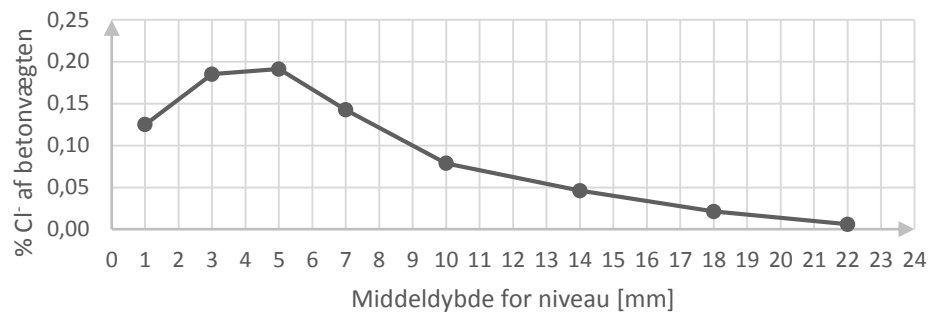
Kerne 4-S-3



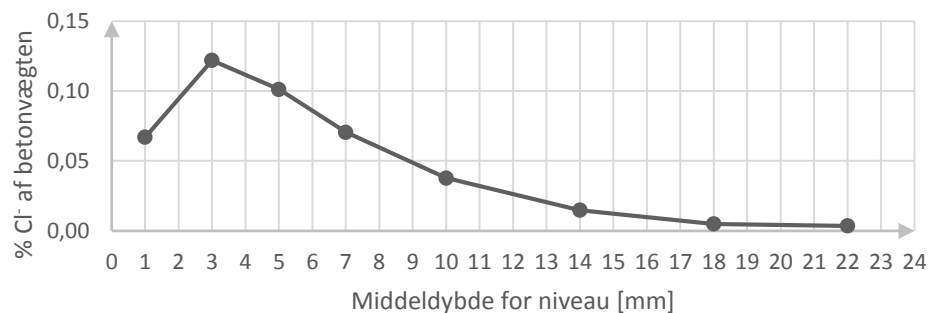
Kerne 5-S-3



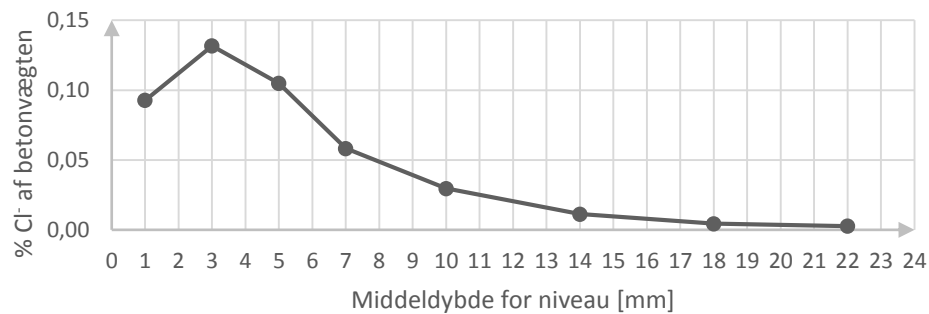
### Kerne 6-S-3



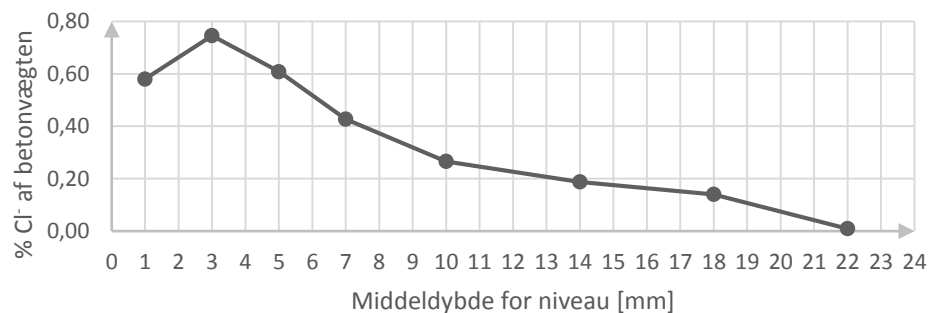
### Kerne 7-S-3



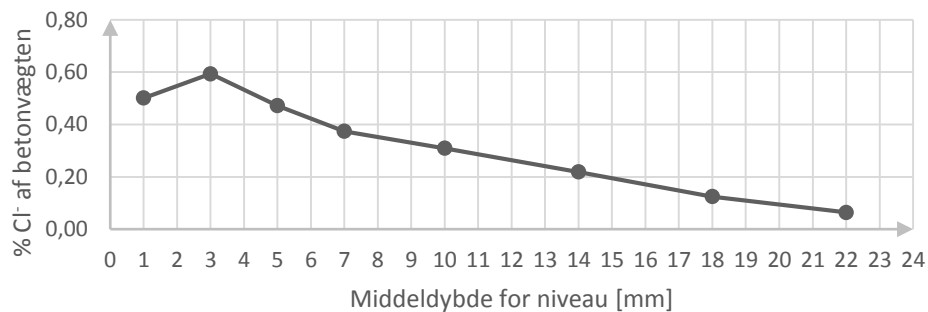
### Kerne 8-S-3



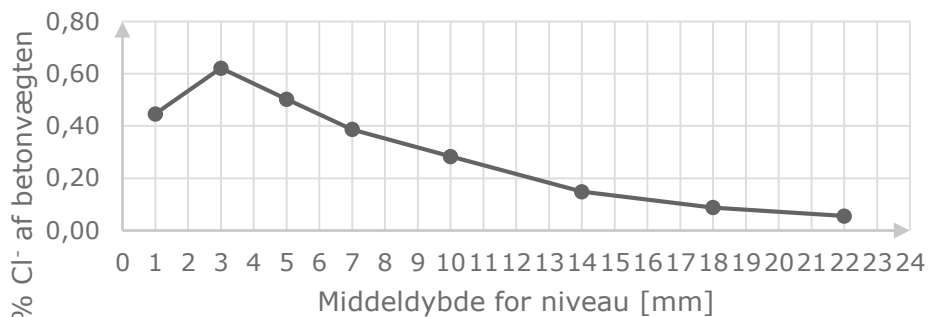
### Kerne 9-U-1



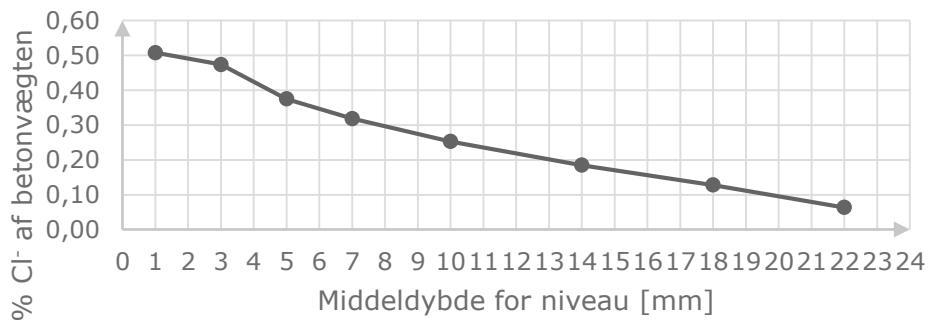
Kerne 10-U-1



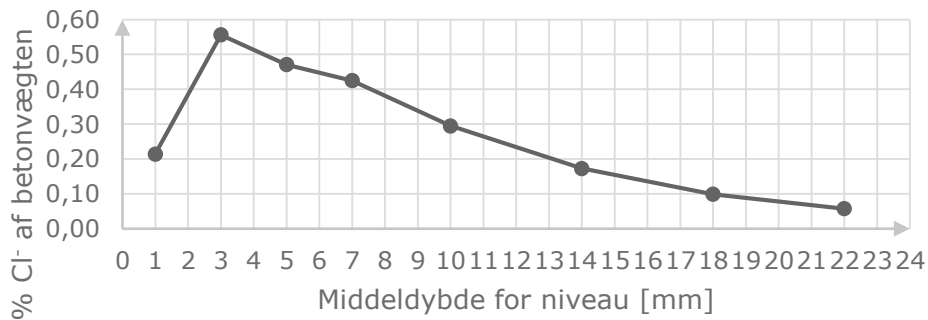
Kerne 11-U-1



Kerne 12-U-1

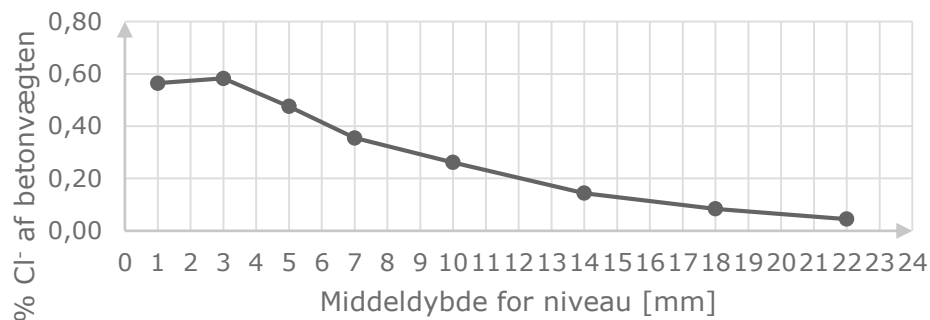


Kerne 13-U-1

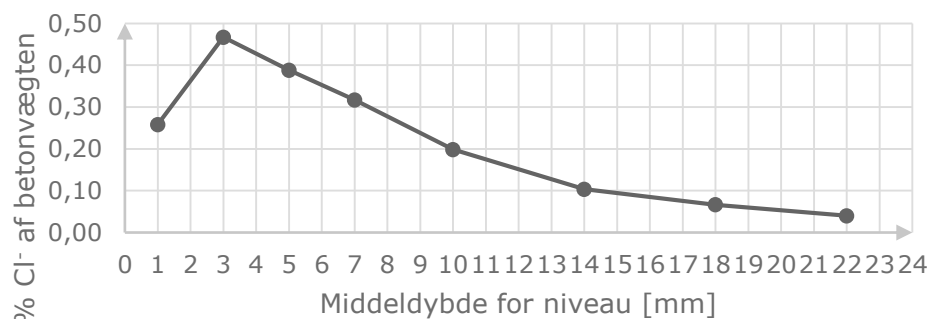




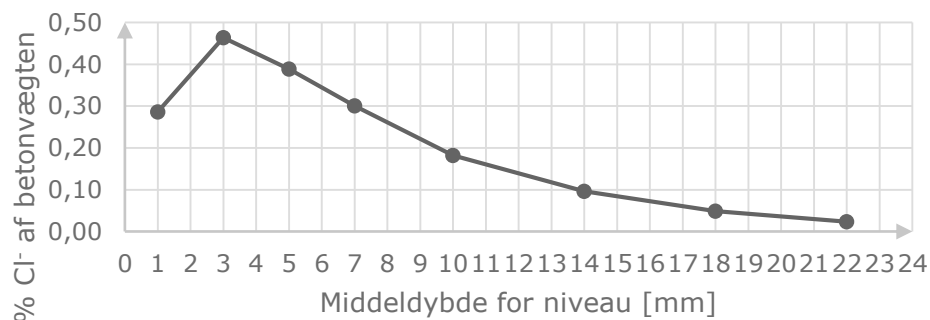
### Kerne 14-U-1



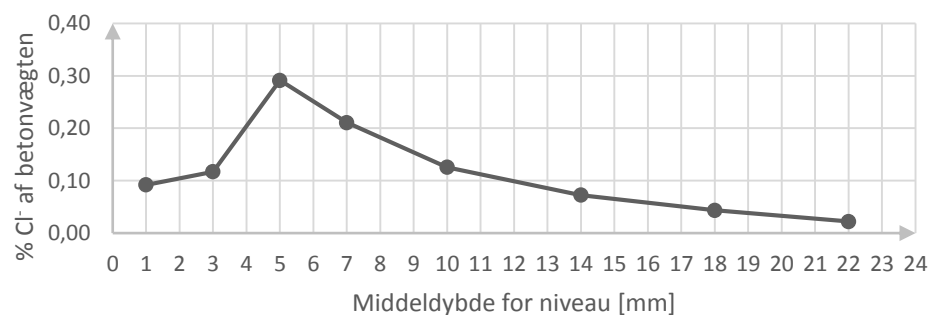
### Kerne 15-U-1



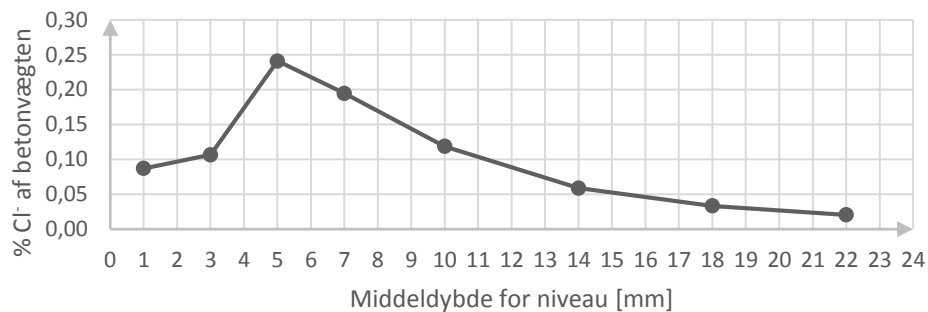
### Kerne 16-U-1



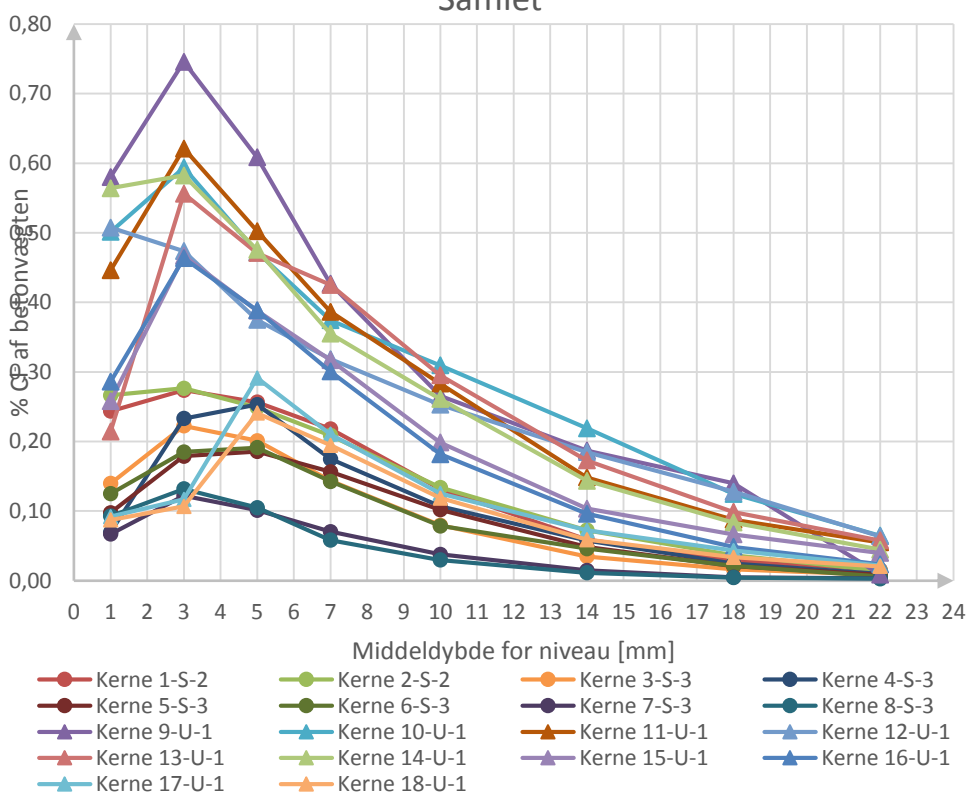
### Kerne 17-U-1



### Kerne 18-U-1



### Samlet



## Bilag A Kloridprofiler

### COWI Materialelaboratorium

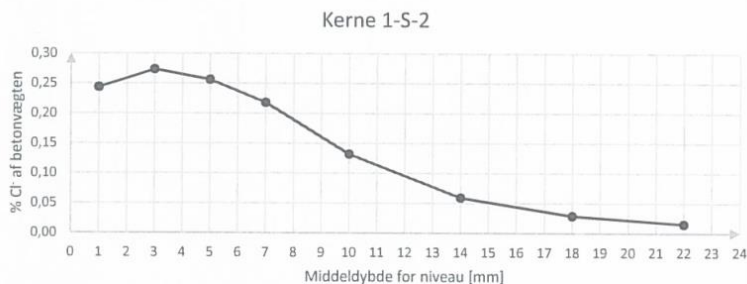
#### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
Dato: 24-06-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 1-S-2	0-2	10,00	0,24
	2-4	10,00	0,27
	4-6	10,00	0,26
	6-8	10,00	0,22
	8-12	10,00	0,13
	12-16	10,00	0,06
	16-20	10,00	0,03
	20-24	10,00	0,02



### COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MH5

Godkendt: MH5

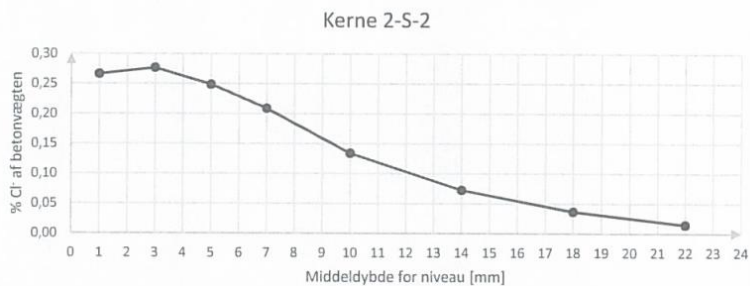
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 24-06-2014 Rekvirent: NBTL

Proveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prove- belegelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 2-S-2	0-2	10,00	0,27
	2-4	10,00	0,28
	4-6	10,00	0,25
	6-8	10,00	0,21
	8-12	10,00	0,13
	12-16	10,00	0,07
	16-20	10,00	0,04
	20-24	10,00	0,01

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BelKontrolleret: MHSGodkendt: MHS



### COWI Materialelaboratorium

#### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

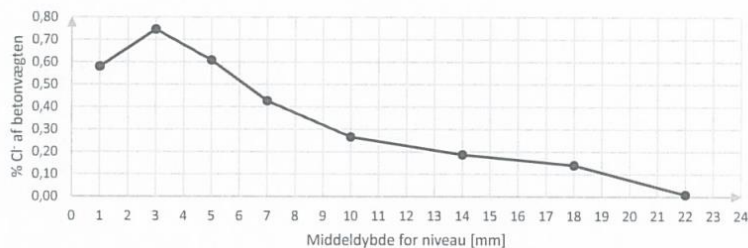
Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 24-06-2014 Rekvisit: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 9-U-1	0-2	10,00	0,58
	2-4	10,00	0,75
	4-6	10,00	0,61
	6-8	5,33	0,43
	8-12	10,02	0,27
	12-16	10,00	0,19
	16-20	10,00	0,14
	20-24	10,00	0,01

Kerne 9-U-1



### COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet:

Kontrolleret:

Godkendt:

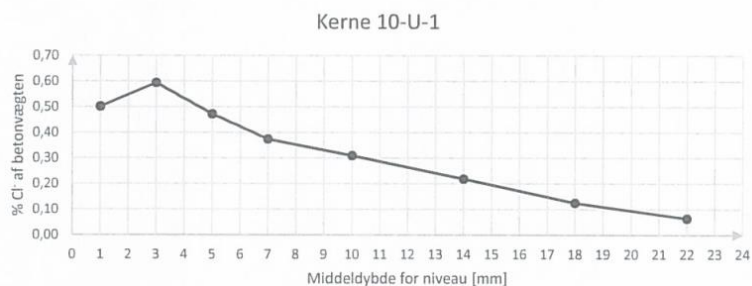
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
Dato: 24/25-06-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl af betonvægten
Kerne 10-U-1	0-2	10,00	0,50
	2-4	10,00	0,59
	4-6	10,00	0,47
	6-8	5,00	0,37
	8-12	10,00	0,31
	12-16	10,00	0,22
	16-20	10,00	0,12
	20-24	10,00	0,06

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BeluKontrolleret: MHSGodkendt: MHS

O:\A045000\A049995\001 Klorid - Titrering\P14-16.xlsx  
Sheet: side 4

COWI

### COWI Materialelaboratorium

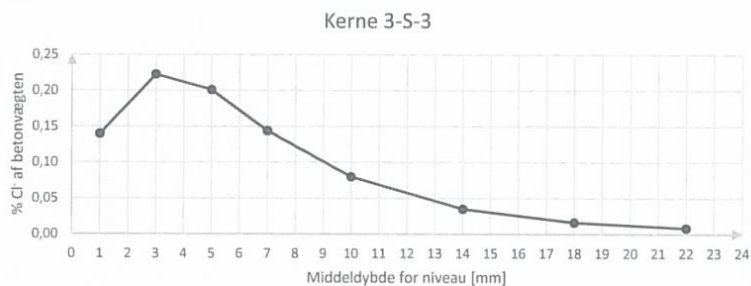
#### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 23-07-2014 Rekvisit: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonavægten
Kerne 3-S-3	0-2	10,00	0,14
	2-4	10,00	0,22
	4-6	10,00	0,20
	6-8	10,00	0,14
	8-12	10,00	0,08
	12-16	10,00	0,03
	16-20	10,00	0,02
	20-24	10,00	0,01



### COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet:

Kontrolleret:

Godkendt:

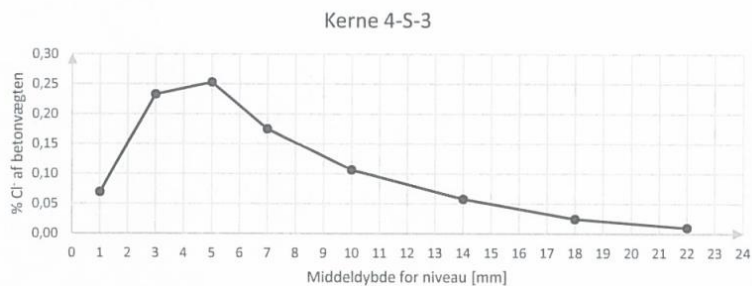
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 23-07-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 4-S-3	0-2	6,58	0,07
	2-4	10,00	0,23
	4-6	10,00	0,25
	6-8	10,00	0,17
	8-12	10,00	0,11
	12-16	10,00	0,06
	16-20	10,00	0,02
	20-24	10,00	0,01

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Kontrolleret: Godkendt:



### COWI Materialelaboratorium

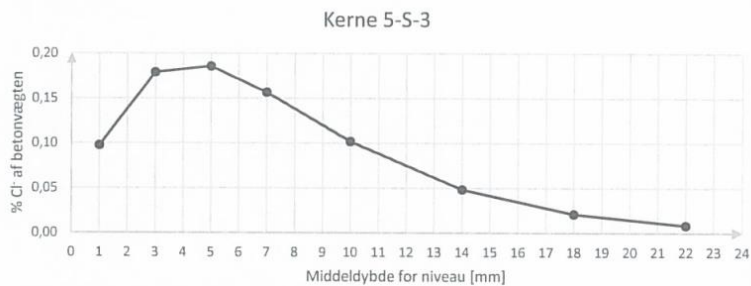
#### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 23-07-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 5-S-3	0-2	10,00	0,10
	2-4	8,67	0,18
	4-6	10,00	0,19
	6-8	10,00	0,16
	8-12	10,00	0,10
	12-16	10,00	0,05
	16-20	10,00	0,02
	20-24	10,00	0,01



### COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MBS

Godkendt: MBS

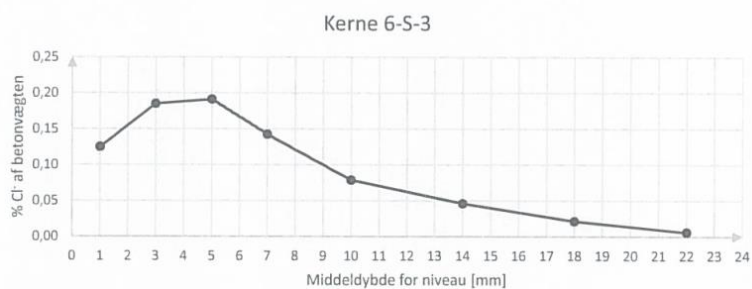
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
Dato: 25-07-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 6-S-3	0-2	10,00	0,12
	2-4	10,00	0,19
	4-6	10,00	0,19
	6-8	10,00	0,14
	8-12	10,00	0,08
	12-16	10,00	0,05
	16-20	10,00	0,02
	20-24	10,00	0,01

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BELNKontrolleret: MHSGodkendt: MHS

### COWI Materialelaboratorium

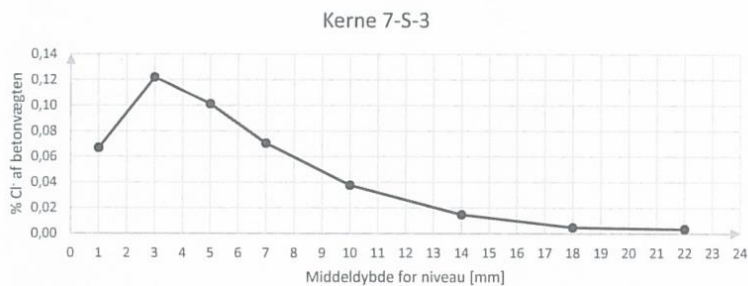
#### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 24-07-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 7-S-3	0-2	10,00	0,07
	2-4	10,00	0,12
	4-6	10,00	0,10
	6-8	10,00	0,07
	8-12	10,00	0,04
	12-16	10,00	0,01
	16-20	10,00	0,00
	20-24	10,00	0,00



### COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Edn

Kontrolleret: MHS

Godkendt: MHS

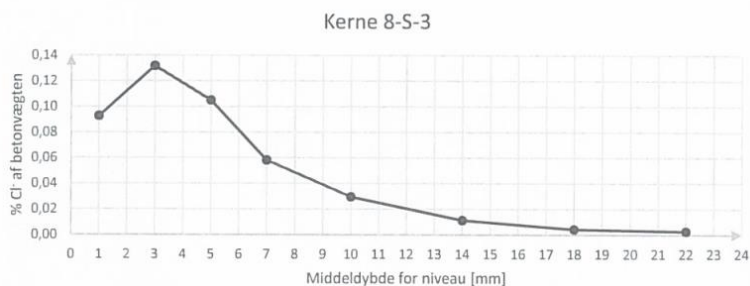
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 25-07-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- belegelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl af betonvægten
<b>Kerne 8-S-3</b>	0-2	10,01	0,09
	2-4	10,00	0,13
	4-6	10,00	0,10
	6-8	10,00	0,06
	8-12	10,00	0,03
	12-16	10,00	0,01
	16-20	10,00	0,00
	20-24	10,00	0,00

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BelKontrolleret: MHSGodkendt: MHS



### COWI Materielaboratorium

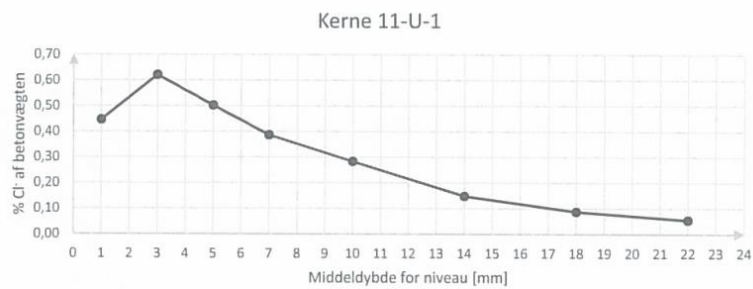
#### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 30-07-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 11-U-1	0-2	10,00	0,45
	2-4	10,00	0,62
	4-6	10,00	0,50
	6-8	10,00	0,39
	8-12	10,00	0,28
	12-16	10,00	0,15
	16-20	10,00	0,09
	20-24	10,00	0,06



### COWI Materielaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Bel

Kontrolleret: MHS

Godkendt: MHS

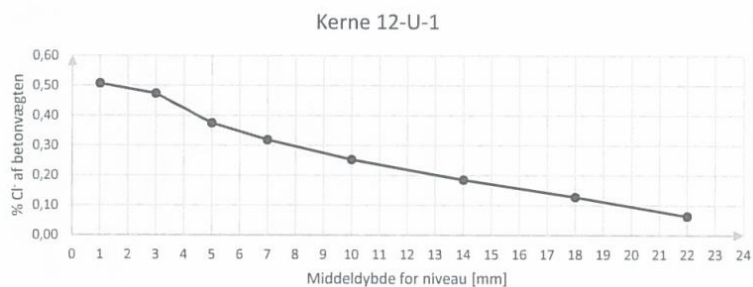
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
Dato: 30-07-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 12-U-1	0-2	10,00	0,51
	2-4	10,00	0,47
	4-6	10,00	0,37
	6-8	10,00	0,32
	8-12	10,00	0,25
	12-16	10,00	0,18
	16-20	10,00	0,13
	20-24	10,00	0,06

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Kontrolleret: Godkendt:

### COWI Materielaboratorium

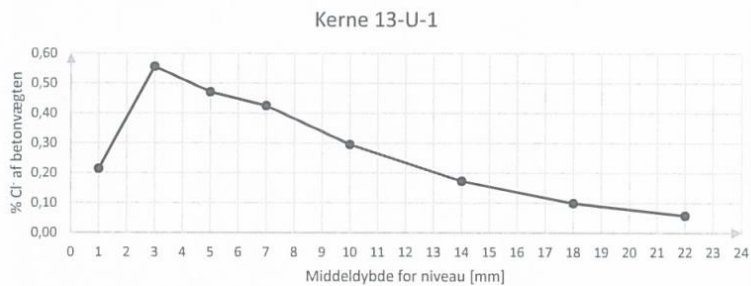
#### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 31-07-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 13-U-1	0-2	4,26	0,21
	2-4	10,00	0,56
	4-6	10,00	0,47
	6-8	10,00	0,43
	8-12	10,00	0,30
	12-16	10,00	0,17
	16-20	10,00	0,10
	20-24	10,00	0,06



### COWI Materielaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Beth

Kontrolleret: MHS

Godkendt: MHS

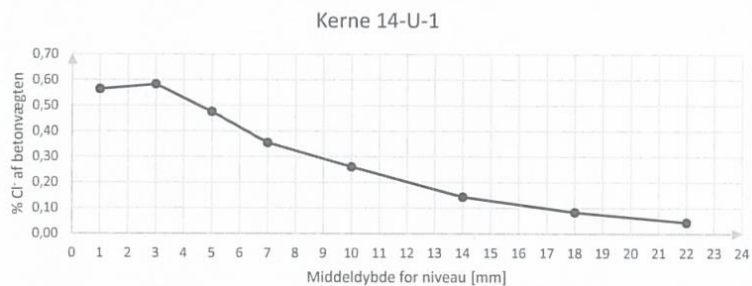
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 31-07-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 14-U-1	0-2	10,00	0,56
	2-4	10,00	0,58
	4-6	10,00	0,48
	6-8	10,00	0,36
	8-12	10,00	0,26
	12-16	10,00	0,14
	16-20	10,00	0,08
	20-24	10,00	0,04

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BeluKontrolleret: MHSGodkendt: MHS



### COWI Materialelaboratorium

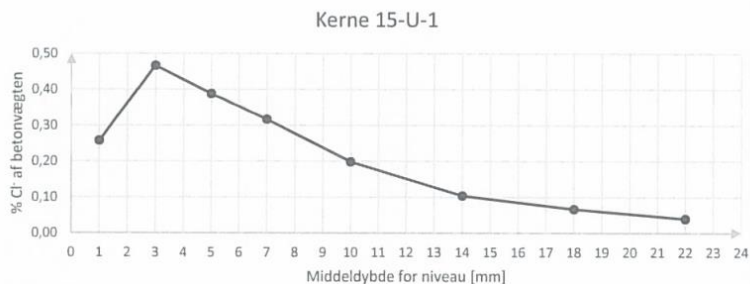
#### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 31-07-2014 Rekvisitent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 15-U-1	0-2	10,00	0,26
	2-4	10,00	0,47
	4-6	10,00	0,39
	6-8	10,00	0,32
	8-12	10,00	0,20
	12-16	10,00	0,10
	16-20	10,00	0,07
	20-24	10,00	0,04



### COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet:

Kontrolleret:

Godkendt:

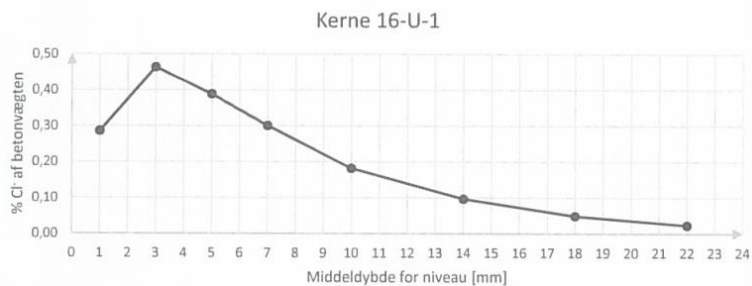
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 01-08-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereferencen: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 16-U-1	0-2	10,00	0,29
	2-4	10,00	0,46
	4-6	10,00	0,39
	6-8	10,00	0,30
	8-12	10,00	0,18
	12-16	10,00	0,10
	16-20	10,00	0,05
	20-24	10,00	0,02

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BelnKontrolleret: MHSGodkendt: MHS

### COWI Materialelaboratorium

#### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

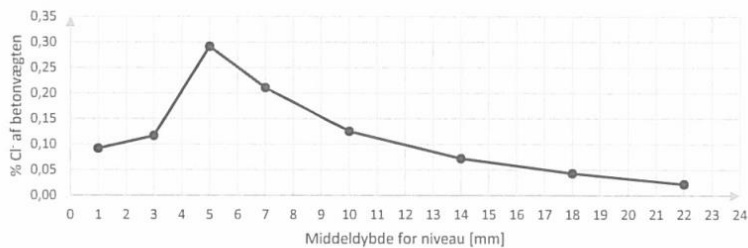
Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
Dato: 10-09-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 17-U-1	0-2	10,00	0,09
	2-4	10,00	0,12
	4-6	10,00	0,29
	6-8	10,00	0,21
	8-12	10,00	0,13
	12-16	10,00	0,07
	16-20	10,00	0,04
	20-24	10,00	0,02

Kerne 17-U-1



### COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet:

Kontrolleret:

Godkendt:

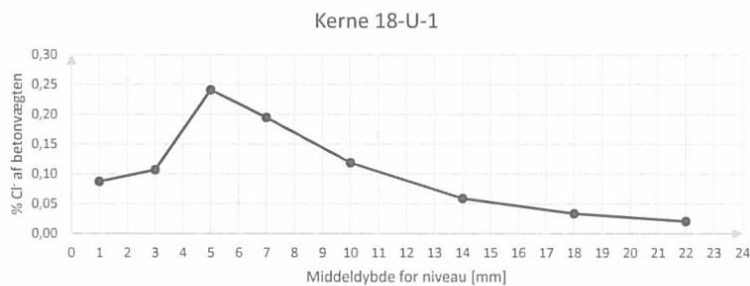
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A049995 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 14-16 Init: BELN  
 Dato: 10-09-2014 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
<b>Kerne 18-U-1</b>	0-2	10,00	0,09
	2-4	10,00	0,11
	4-6	10,00	0,24
	6-8	10,00	0,19
	8-12	10,00	0,12
	12-16	10,00	0,06
	16-20	10,00	0,03
	20-24	10,00	0,02

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Kontrolleret: Godkendt:



<b>NBTL' Prøvingsrapport</b>				<b>Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS</b>
Oppdragsgiver(e) <b>Statens Vegvesen Vegdirektoratet</b>				Sorgenfriveien 11 7037 Trondheim Telefon: 73 945150
Oppdragsgivers referanse <b>Eva Rodum</b>				Telefax: 73 945151 E-mail: viggo.jensen@nbt.no Web: www.nbt.no
Oppdragets art <b>Avrop 20 del 2: Kloridprofiler og inntrengingsdybde av hydrofobere impregnering</b>				Organisasjonsnr. NO 984 706 138 Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19 
Prøvematerialet <b>22 stk borekjerner</b>				Ansvarlig signatur: Viggo Jensen 
Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandler
<b>P 14275-2</b>	03.03.2015	Fortrolig	1 + 1 (46s)	Viggo Jensen
Innhold <b>Prøvingsresultater</b>				

## 1. Formål

Prøvingene er en del av rammeavtale på laboratorietjenester innen betong, betongkonstruksjoner, tunnel og bruvedlikehold med FOU, tilbud 2010174185 avrop 20 del 2. Formålet er å dokumentere kloridprofiler og inntrengingsdybde av hydrofobere impregnering.

## 2. Prøvematerialet

22 stk betongsyndre mottatt 15. januar 2015 i COWIS materialelaboratorium. Prøvenes merking og tidspunkt for fresing er git i tabell 1 i bilag .

## 3. Utførte prøvinger

Der er utført følgende prøvinger iht avtalen:

Inntrengingsdybde av hydrofobere impregnering og kloridprofiler.

*Analysene er utført av COWI i Danmark*

## 4. Resultater

Resultatene av prøvingene er gitt i det etterfølgende vedlegg .

Vedlegg: COWI rapport prosjekt nr. A066123 utgitt februar 2015

*Norsk betong- og tilslagslaboratorium AS (NBTL) er et uavhengig norsk selskap. Et av formålene med selskapet er å tilby kostnadseffektiv prøving og tjenester av høy kvalitet til byggindustrien, byggherrer og betong - og tilslagsbransjen.*

FEBRUAR 2015  
NBTL

# Avrop 20 – del 2

KLORIDPROFILER OG INNTREGINGSDYBDE AV HYDROFOBERENDE IMPREGNERING



FEBRUAR 2015  
NBTL

## Avrop 20 – del 2

KLORIDPROFILER OG INNTREGINGSDYBDE AV HYDROFOBERENDE IMPREGNERING

PROJEKTNR. A066123  
DOKUMENTNR. A066123-00-15-01  
VERSION 1.0  
UDGIVELSESDATO 27. februar 2015  
UDARBEJDET MHSJ  
KONTROLLERET RSO  
GODKENDT RSO





## INDHOLD

1	Indledning	6
1.1	Procedure	7
2	Indtrængningsdybde af hydrofob imprægnering	8
2.1	Metode	8
2.2	Resultater	9
3	Kloridprofiler	14
3.1	Sammenfatning	14
3.2	Grafisk afbildning af kloridprofiler	16

## BILAG

Bilag A	Kloridprofiler	24
---------	----------------	----

# 1 Indledning

Denne rapport omhandler resultaterne af de specificerede prøvninger i Avrop 20 udbudt af Statens Vegvesen i 2014. Der er forudgående for undersøgelser i denne rapport gennemført et tilsvarende forsøgsprogram i perioden fra juni til september 2014, derfor betegnes denne rapport som del 2 af Avrop 20.

Rapporten omhandler undersøgelser af i alt 22 borekerner. De 10 kerner med hydrofob imprægnering er mærket med S i kernenavn og de 12 kerner uden hydrofob imprægnering er mærket med U i kernenavn.

COWIs Materialelaboratorium modtog den 15. januar alle 22 kerner. Efter modtagelsen er kernerne lagt på køl, indtil fræsning er påbegyndt for de enkelte kerner. Dato for fræsning af de enkelte kerner fremgår af Tabel 1.

*Tabel 1 – Viser dato for fræsning af de enkelte kerner.*

<b>Kernenavn</b>	<b>Fræset</b>
1-S-3	19.01.2015
2-S-3	20.01.2015
3-S-4	20.01.2015
4-S-4	21.01.2015
5-S-4	21.01.2015
6-S-4	22.01.2015
7-S-4	23.01.2015
8-S-4	23.01.2015
9-U-2	29.01.2015

<b>Kernenavn</b>	<b>Fræset</b>
10-U-2	29.01.2015
11-U-2	30.01.2015
12-U-2	30.01.2015
13-U-2	02.02.2015
14-U-2	02.02.2015
15-U-2	02.02.2015
16-U-2	02.02.2015
17-U-2	03.02.2015
18-U-2	03.02.2015
19-S-4	05.02.2015
19-S-5	10.02.2015
19-U-1	10.02.2015
19-U-2	11.02.2015

## 1.1 Procedure

Kernerne blev ved modtagelse lagt i køleskab ved +5°C, indtil profilfræsning. Fræsningen blev foretaget fra den ende, hvorfra der er boret, mærket som ende A på kernen.

Efter fræsning blev de imprægnerede kerner splittet på langs, hvorefter begge kernehelvede blev lagt på køl indtil videre analyse.

For de splittede kerner, blev indtrængningsdybden af den hydrofobe imprægnering bestemt efter den angivne metode i udbudsmaterialet for Avrop 20. Prøvningen er foretaget fra overfladen modsat udbringingsiden, mærket som ende B på kernen.

Fra hvert trin af profilfræsningen blev der udtaget en repræsentativ prøve på 10 g af det fræsedede betonpulver, som herefter blev analyseret for kloridindhold ved potentiometrisk titrering efter EN 14629.

## 2 Indtrængningsdybde af hydrofob imprægnering

For kernerne 1-S-3, 2-S-3, 3-S-4, 4-S-4, 5-S-4, 6-S-4, 7-S-4 og 8-S-4 (i alt 8 kerner) blev indtrængningsdybden af den hydrofobe imprægnering undersøgt.

### 2.1 Metode

Der blev anvendt følgende metode til bestemmelse af indtrængningsdybden.

- 1 Kernen blev splittet på langs.
- 2 Der blev påført vanddråber ved hjælp af pipette fra den fræsedede side, mod den imprægnerede overflade.
- 3 Den imprægnerede beton suger ikke vand, forbliver oprindelig farve, mens den ikke imprægnerede beton suger vand og blev mørkere.
- 4 Imprægneringsfronten blev målt ved hjælp af lineal for hver cm hen over bredden. Aflæste værdier er angivet til nærmeste 0,5 mm. Middelværdien blev beregnet og er angivet til nærmeste 0,1 mm.
- 5 Var målepunktet placeret i et tilslag er punktet rykket, eller evt. udeladt.
- 6 Foto blev taget emnet, der dokumenterer indtrængningsdybden.

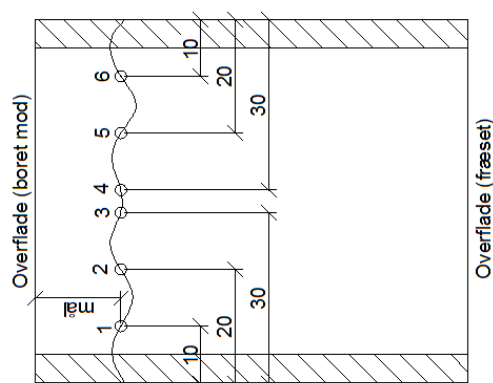


## 2.2 Resultater

I Tabel 2 er vist resultatet af målingen af indtrængningsdybden for den hydrofobe imprægnering.

Tabel 2 – Oversigt over målte indtrængningsdybder for den hydrofobe imprægnering. \*Målepunkt flyttet pga. tilslag.

Kerne	Afstand fra overflade [mm]						Middel [mm]
	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	Punkt 5	Punkt 6	
1-S-3	2,0	3,0	2,5	2,0	3,0	2,5	<b>2,5</b>
2-S-3	3,0	3,0	2,5	4,0	3,5*	2,5	<b>3,1</b>
3-S-4	3,0	3,5	4,0	4,0	3,0	3,5	<b>3,5</b>
4-S-4	2,5	3,0	3,5	3,5	5,0	3,5	<b>3,5</b>
5-S-4	3,5	2,5*	4,0	4,0	4,0	5,0	<b>3,8</b>
6-S-4	2,0*	3,0	3,0	2,5	3,0	3,5	<b>2,8</b>
7-S-4	3,5	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0*	<b>4,1</b>
8-S-4	2,0	2,5	3,0	2,0	3,0	2,5	<b>2,5</b>



De efterfølgende billeder viser kernerne umiddelbart efter afsluttet undersøgelse af indtrængningsdybden af den hydrofobe imprægnering. De imprægnerede områder fremstår lysere grå end de ikke imprægnerede områder. På hvert billede er imprægneringsfronten angivet med en hvid stiplede linje for at fremhæve overgangen mellem imprægneret og ikke imprægneret beton. Kernen er vendt på billedet, som vist på figuren herover. Enkelte steder er målepunktet rykket, da tilslag udgjorde målepunktet.



Kerne 1-S-3 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste mm fra venstre) fremstår lysere  
end den øvrige del af kernen.



Kerne 2-S-3 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste mm fra venstre) fremstår lysere  
end den øvrige del af kernen.





Kerne 3-S-4 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste mm fra venstre) fremstår lysere  
end den øvrige del af kernen.



Kerne 4-S-4 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste mm fra venstre) fremstår lysere  
end den øvrige del af kernen.



Kerne 5-S-4 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræsede overflade. Den imprægnerede del (de yderste mm fra venstre) fremstår lysere end den øvrige del af kernen.



Kerne 6-S-4 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræsede overflade. Den imprægnerede del (de yderste mm fra venstre) fremstår lysere end den øvrige del af kernen.





Kerne 7-S-4 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
 sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste mm fra venstre) fremstår lysere  
 end den øvrige del af kernen.



Kerne 8-S-4 – Til venstre ses den eksponerede overflade, mod højre ses den fræ-  
 sede overflade. Den imprægnerede del (de yderste mm fra venstre) fremstår lysere  
 end den øvrige del af kernen.



### 3 Kloridprofiler

Kloridprofilerne er bestemt ved potentiometrisk titrering efter EN 14629.

Hver af de modtagne kerner blev fræset fra den overflade hvorfra den blev, udbo-  
ret i følgende niveauer: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-12, 12-16, 16-20, 20-24 og 24-28 mm.

Datarapport for de enkelte kerner er vedlagt som Bilag A, resultaterne er kort  
sammenfattet i det følgende afsnit.

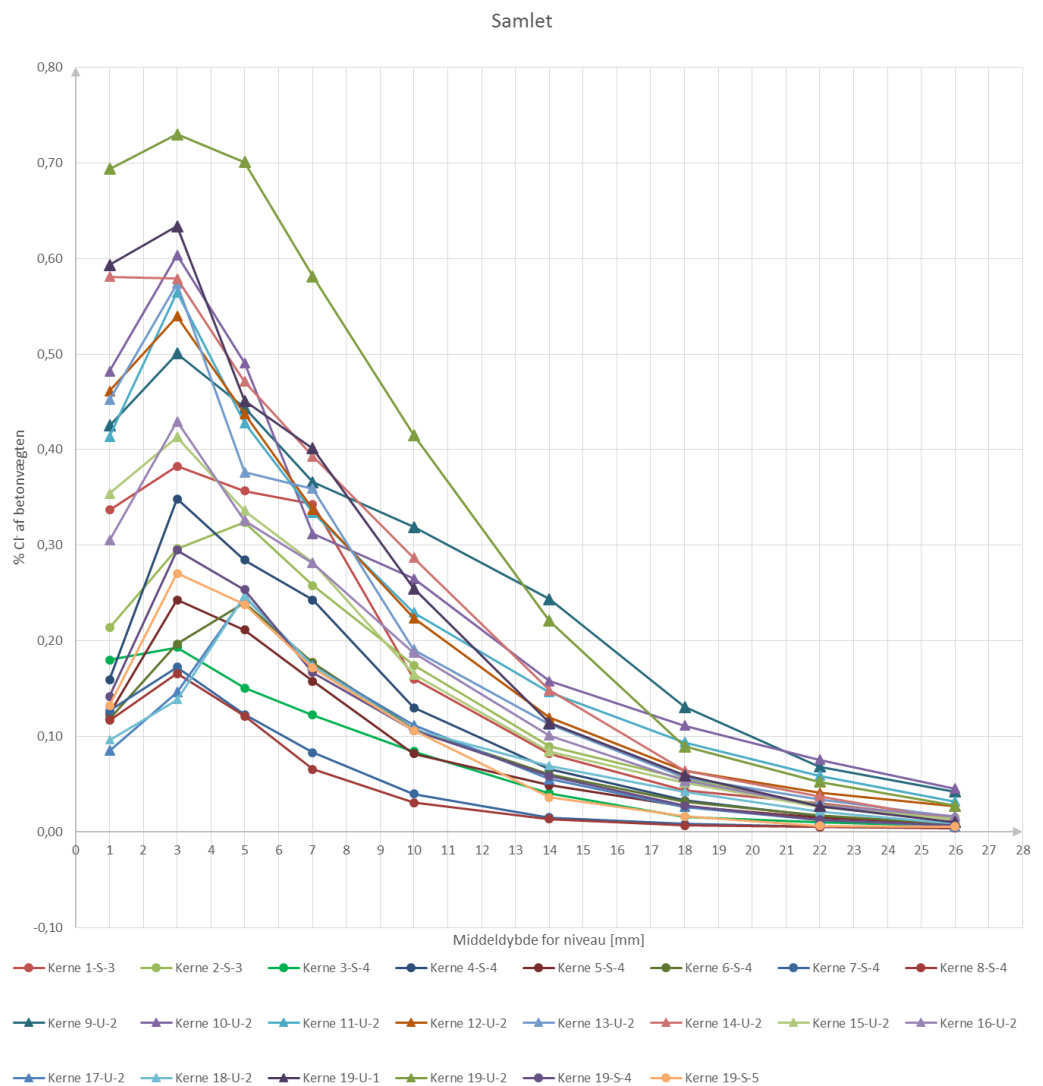
#### 3.1 Sammenfatning

Følgende tabel viser kloridindholdet i de forskellige niveauer for de forskellige ker-  
ner.

Tabel 3 – Viser kloridindholdet af de enkelte niveauer i % Cl af betonvægten.

Kerne	0-2 mm	2-4 mm	4-6 mm	6-8 mm	8-12 mm	12-16 mm	16-20 mm	20-24 mm	24-28 mm
1-S-3	0,34	0,38	0,36	0,34	0,16	0,08	0,04	0,03	0,01
2-S-3	0,21	0,30	0,32	0,26	0,17	0,09	0,06	0,03	0,02
3-S-4	0,18	0,19	0,15	0,12	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
4-S-4	0,16	0,35	0,28	0,24	0,13	0,07	0,03	0,02	0,01
5-S-4	0,12	0,24	0,21	0,16	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01
6-S-4	0,12	0,20	0,24	0,18	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01
7-S-4	0,13	0,17	0,12	0,08	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00
8-S-4	0,12	0,17	0,12	0,07	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00

<b>Kerne</b>	<b>0-2 mm</b>	<b>2-4 mm</b>	<b>4-6 mm</b>	<b>6-8 mm</b>	<b>8-12 mm</b>	<b>12-16 mm</b>	<b>16-20 mm</b>	<b>20-24 mm</b>	<b>24-28 mm</b>
9-U-2	0,43	0,50	0,44	0,37	0,32	0,24	0,13	0,07	0,04
10-U-2	0,48	0,60	0,49	0,31	0,27	0,16	0,11	0,08	0,05
11-U-2	0,41	0,56	0,43	0,33	0,23	0,15	0,09	0,06	0,03
12-U-2	0,46	0,54	0,44	0,34	0,22	0,12	0,06	0,04	0,03
13-U-2	0,45	0,57	0,38	0,36	0,19	0,11	0,06	0,03	0,02
14-U-2	0,58	0,58	0,47	0,39	0,29	0,15	0,06	0,04	0,01
15-U-2	0,34	0,41	0,34	0,28	0,16	0,08	0,05	0,03	0,01
16-U-2	0,31	0,43	0,33	0,28	0,19	0,10	0,05	0,03	0,02
17-U-2	0,08	0,15	0,25	0,17	0,11	0,06	0,03	0,01	0,01
18-U-2	0,10	0,14	0,25	0,17	0,11	0,07	0,04	0,02	0,01
19-S-4	0,14	0,29	0,25	0,17	0,11	0,06	0,03	0,01	0,01
19-S-5	0,13	0,27	0,24	0,17	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01
19-U-1	0,59	0,63	0,45	0,40	0,25	0,11	0,06	0,03	0,01
19-U-2	0,69	0,73	0,70	0,58	0,42	0,22	0,09	0,05	0,03

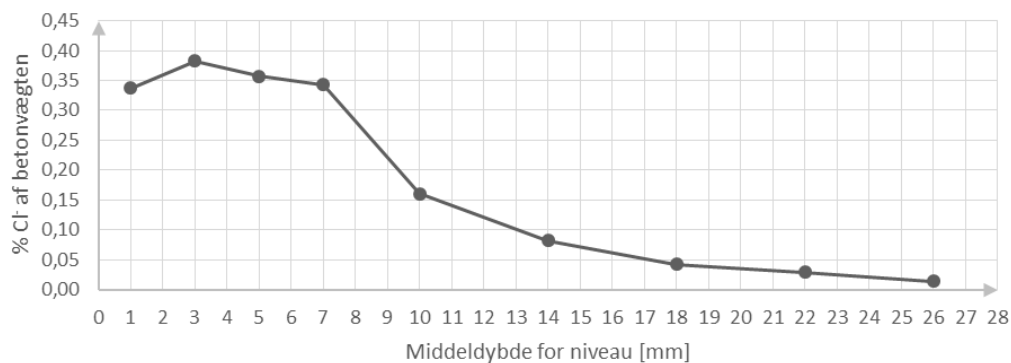


Figur 1 – Viser samlet plot for alle kloridprofiler.

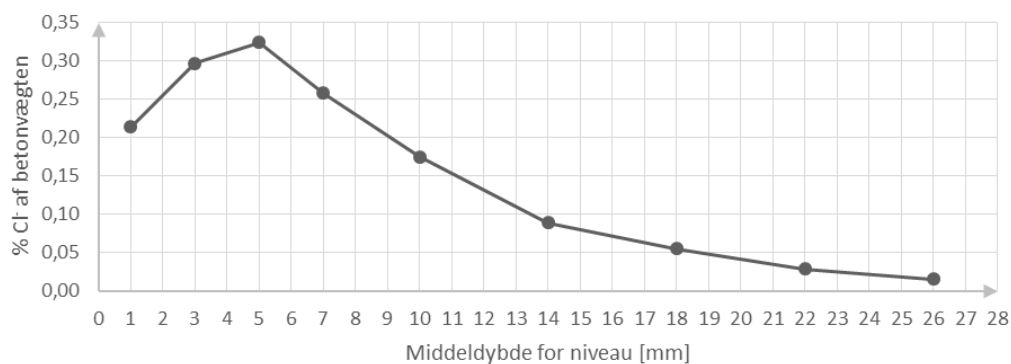
## 3.2 Grafisk afbildning af kloridprofiler

De efterfølgende figurer viser kloridprofilerne for de enkelte kerner.

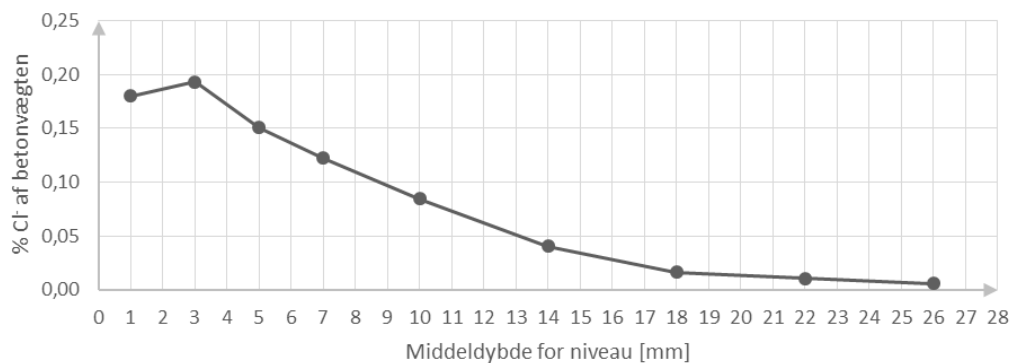
Kerne 1-S-3



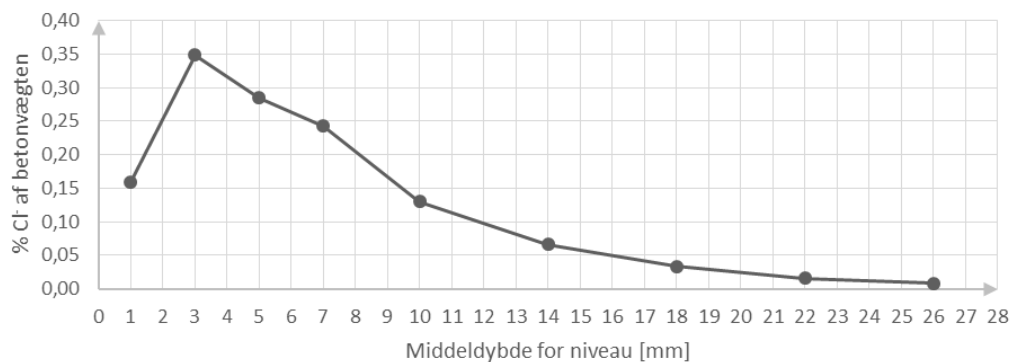
Kerne 2-S-3



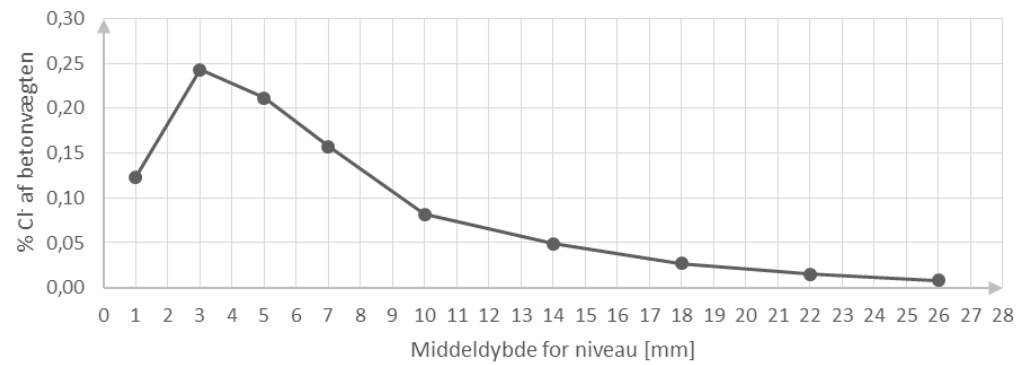
Kerne 3-S-4



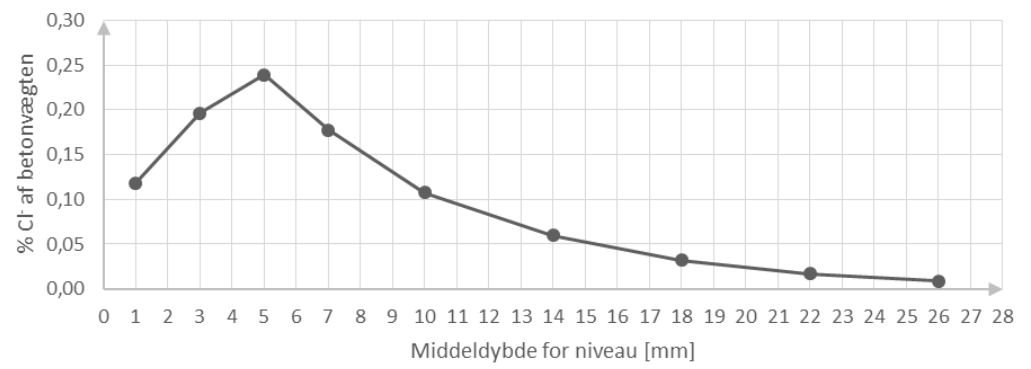
Kerne 4-S-4



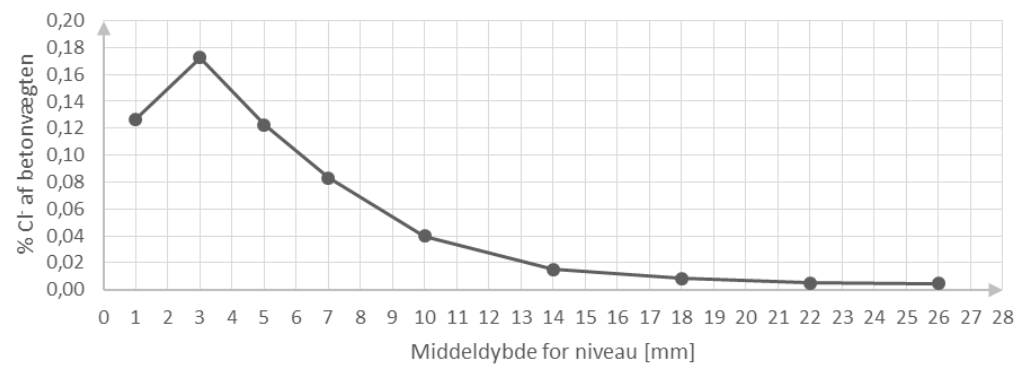
Kerne 5-S-4



Kerne 6-S-4

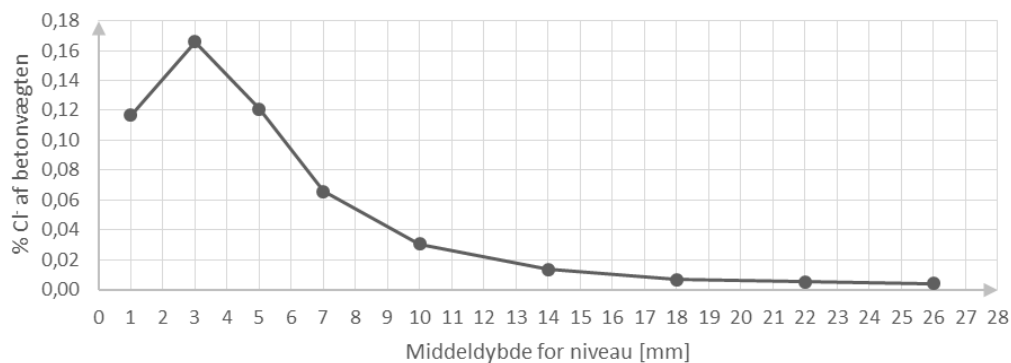


Kerne 7-S-4

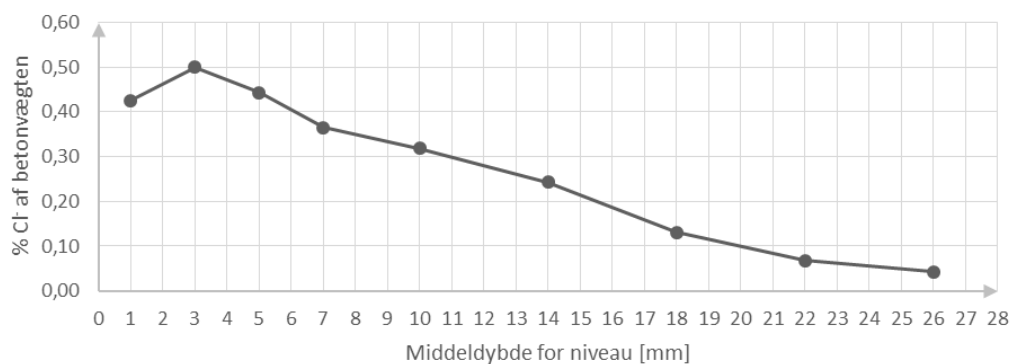




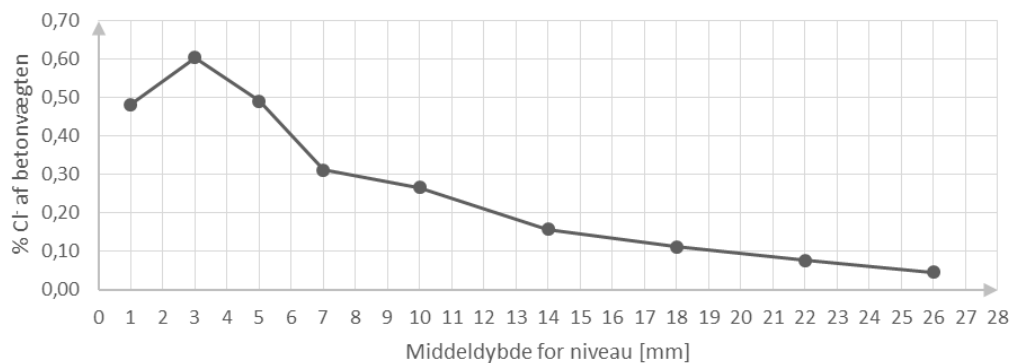
Kerne 8-S-4



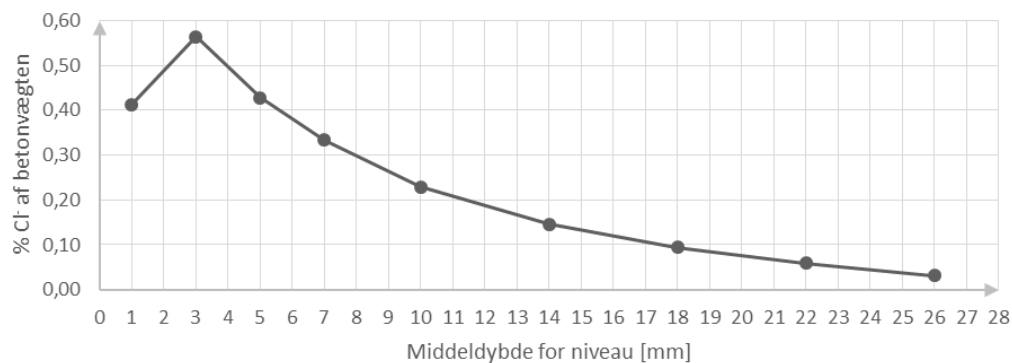
Kerne 9-U-2



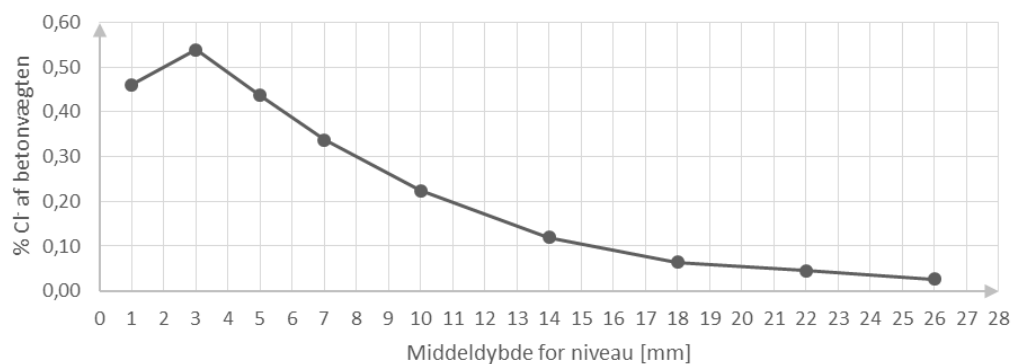
Kerne 10-U-2



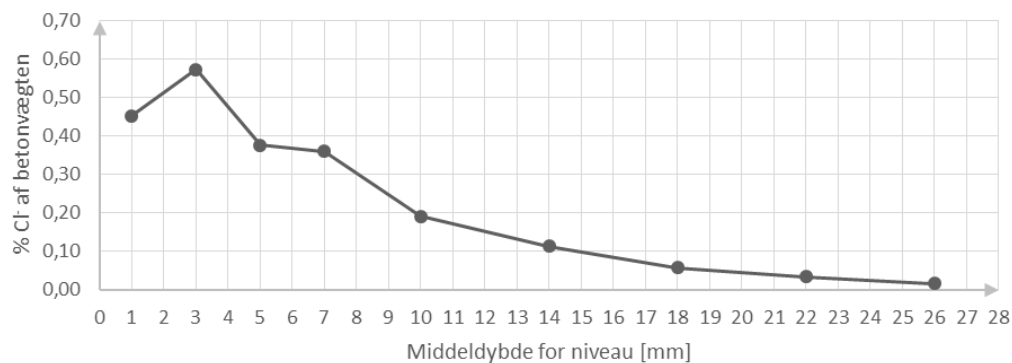
Kerne 11-U-2



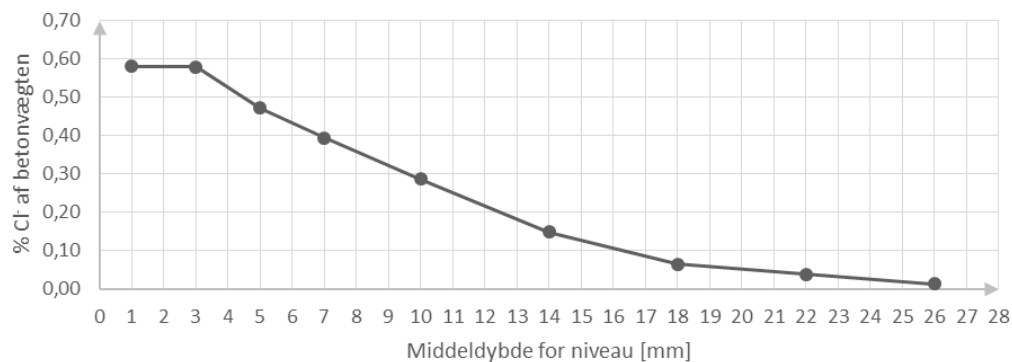
Kerne 12-U-2



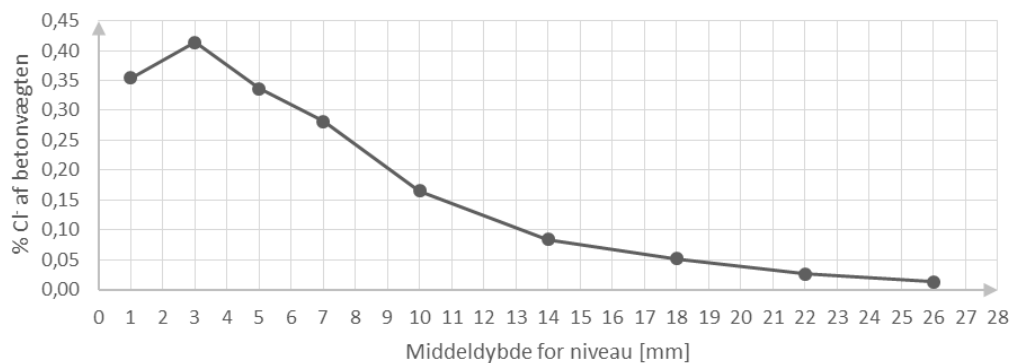
Kerne 13-U-2



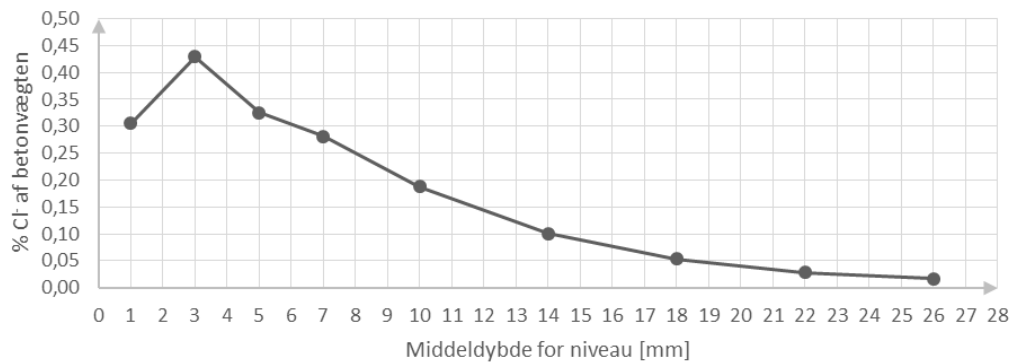
Kerne 14-U-2



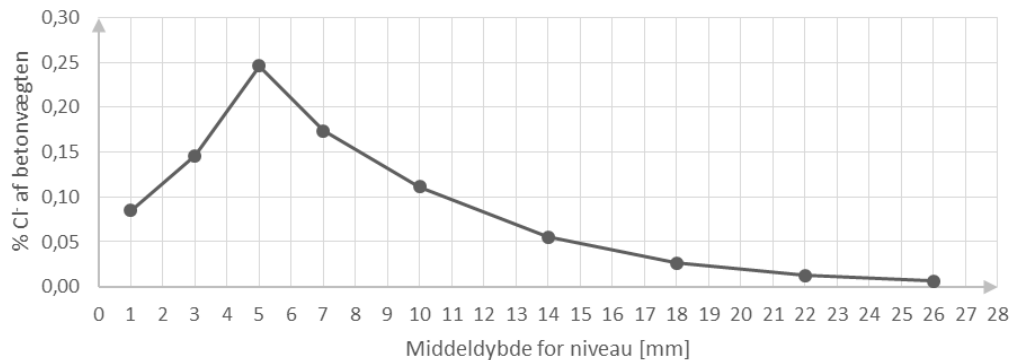
Kerne 15-U-2



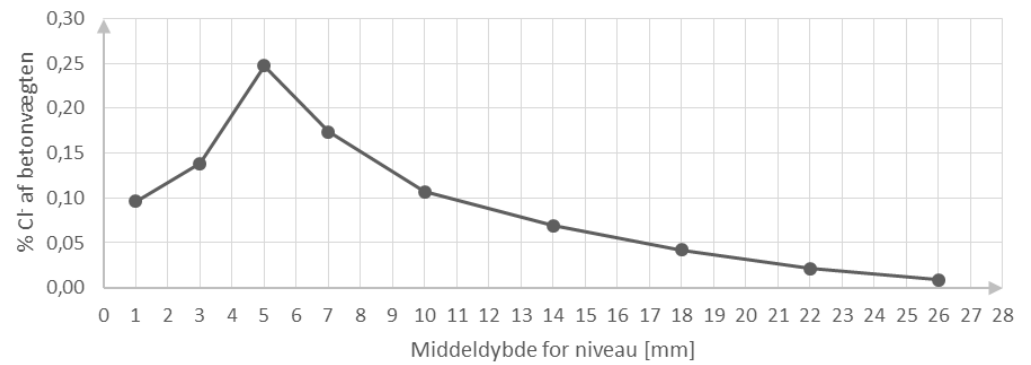
Kerne 16-U-2



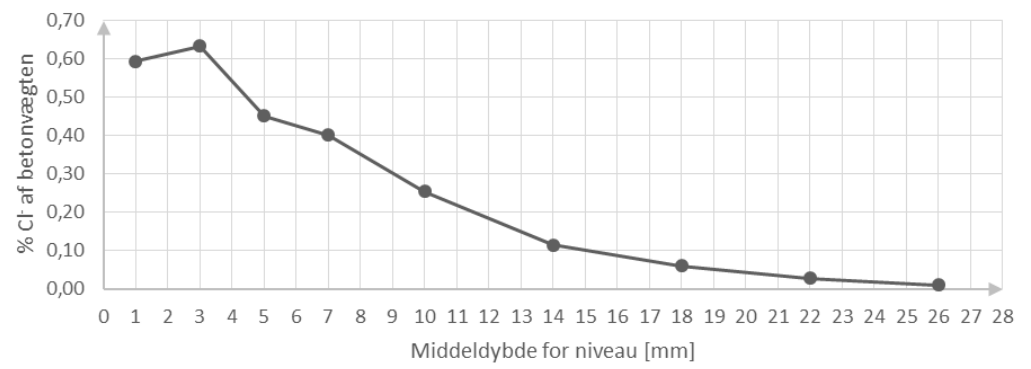
Kerne 17-U-2



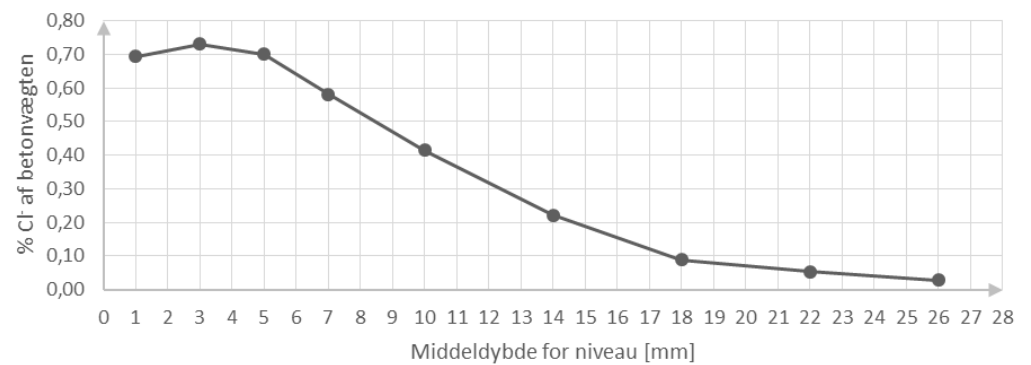
Kerne 18-U-2



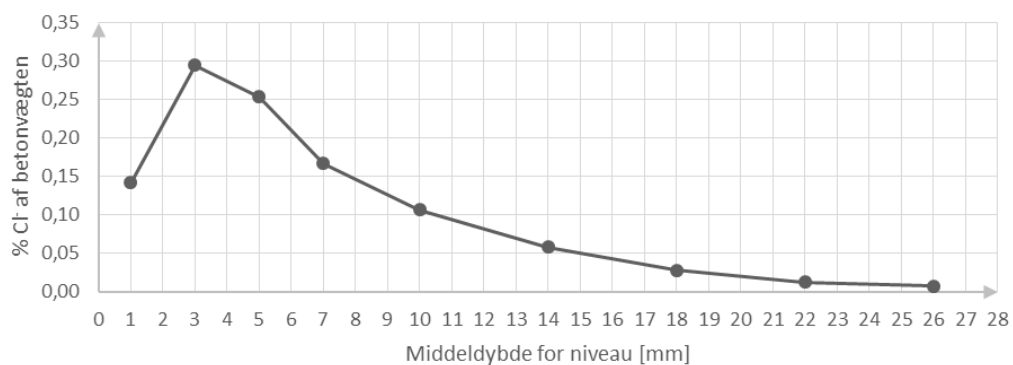
Kerne 19-U-1



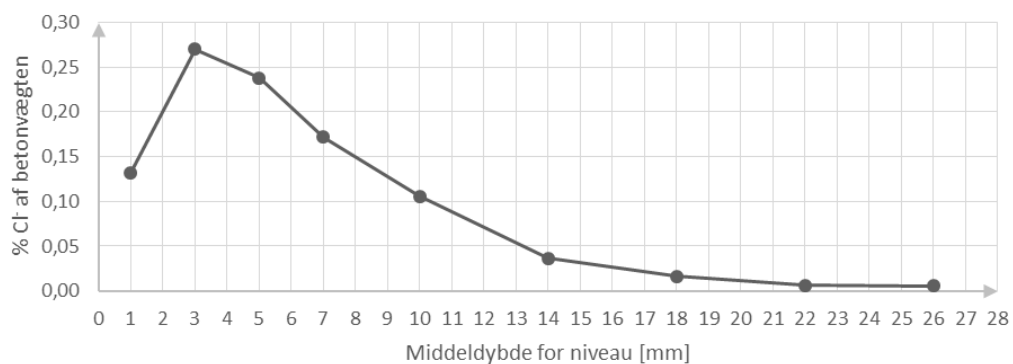
Kerne 19-U-2



Kerne 19-S-4



Kerne 19-S-5





## Bilag A Kloridprofiler

**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

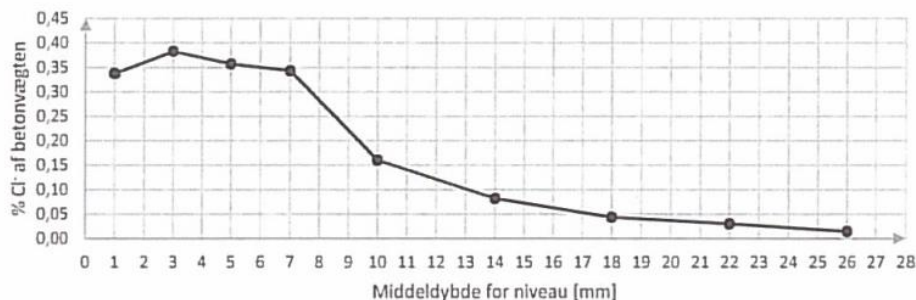
Sagsnr.: A66123                      Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01                      Init: BELN  
 Dato: 28-01-2015                      Rekvirent: NBTL

Proveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prove- betegnelse	Dybde mm	Provemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 1-S-3	0-2	10,00	0,34
	2-4	10,00	0,38
	4-6	10,00	0,36
	6-8	10,00	0,34
	8-12	10,00	0,16
	12-16	10,00	0,08
	16-20	10,00	0,04
	20-24	10,00	0,03
	24-28	10,00	0,01

Kerne 1-S-3

**COWI Materialelaboratorium**

## Bemærkninger:

Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BelnKontrolleret: MHSJGodkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 1

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

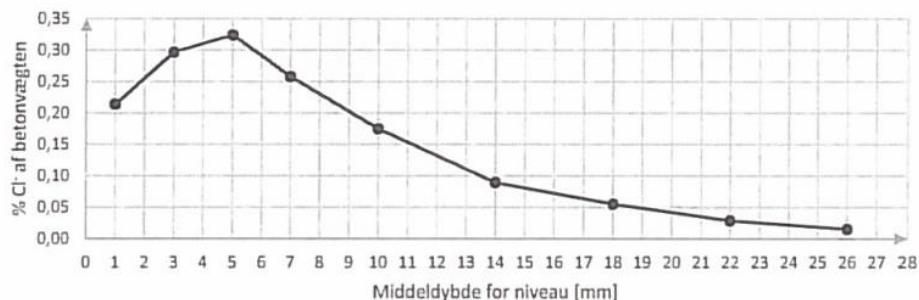
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 30-01-2015 Rekvirent: NBTL

Proveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prove- belegelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 2-S-3	0-2	3,05	0,21
	2-4	4,22	0,30
	4-6	10,00	0,32
	6-8	10,00	0,26
	8-12	10,00	0,17
	12-16	10,00	0,09
	16-20	10,00	0,06
	20-24	10,00	0,03
	24-28	10,00	0,02

Kerne 2-S-3



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1,65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1,57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BLN

Kontrolleret: MHSJ

Godkendt: PSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titring/Copy of P15-01.xlsx>  
Sheet: side 2

COWI

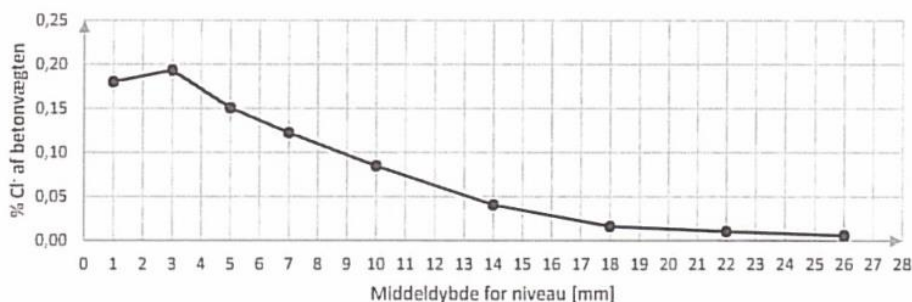
**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
 Dato: 30-01-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

Resultatskema: Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl af betonvægten
Kerne 3-S-4	0-2	10,00	0,18
	2-4	10,00	0,19
	4-6	10,00	0,15
	6-8	10,00	0,12
	8-12	10,00	0,08
	12-16	10,00	0,04
	16-20	10,00	0,02
	20-24	10,00	0,01
	24-28	10,00	0,01

Kerne 3-S-4

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BelnKontrolleret: MHSJGodkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 3

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

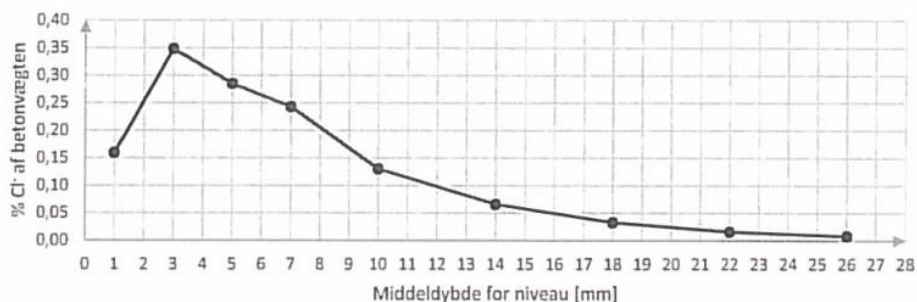
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 04-02-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 4-S-4	0-2	10,00	0,16
	2-4	10,00	0,35
	4-6	10,00	0,28
	6-8	10,00	0,24
	8-12	10,00	0,13
	12-16	10,00	0,07
	16-20	10,00	0,03
	20-24	10,00	0,02
	24-28	10,00	0,01

Kerne 4-S-4



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MHSJ

Godkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
Sheet: side 4

COWI



**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

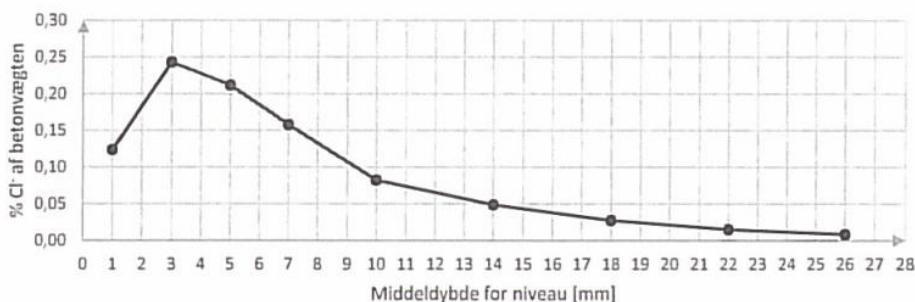
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
 Dato: 06-02-20015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 5-S-4	0-2	10,00	0,12
	2-4	10,00	0,24
	4-6	10,00	0,21
	6-8	10,00	0,16
	8-12	10,00	0,08
	12-16	10,00	0,05
	16-20	10,00	0,03
	20-24	10,00	0,01
	24-28	10,00	0,01

Kerne 5-S-4

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1,65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1,57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BelnKontrolleret: MHSJGodkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 5

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

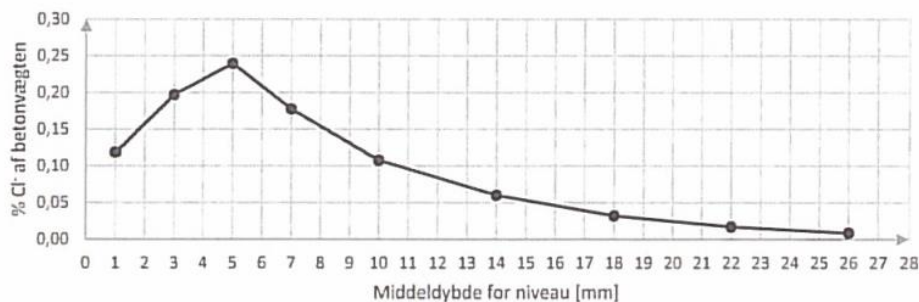
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 06-02-20015 Rekvirent: NBTL

Proveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prove- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl af betonvægten
<b>Kerne 6-S-4</b>	0-2	10,00	0,12
	2-4	10,00	0,20
	4-6	10,00	0,24
	6-8	10,00	0,18
	8-12	10,00	0,11
	12-16	10,00	0,06
	16-20	10,00	0,03
	20-24	10,00	0,02
	24-28	10,00	0,01

Kerne 6-S-4



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1,65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1,57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MHSO

Godkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titring/Copy of P15-01.xlsx>  
Sheet: side 6

COWI

**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

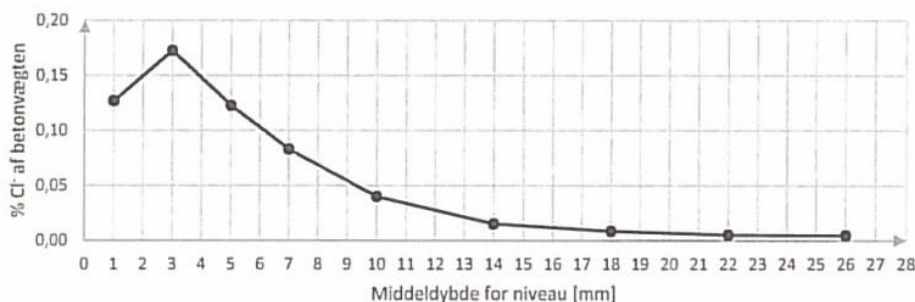
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 09-02-20015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 7-S-4	0-2	10,00	0,13
	2-4	10,00	0,17
	4-6	10,00	0,12
	6-8	10,00	0,08
	8-12	10,00	0,04
	12-16	10,00	0,01
	16-20	10,00	0,01
	20-24	10,00	0,01
	24-28	10,00	0,00

Kerne 7-S-4

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Kontrolleret: Godkendt: 

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titration/Copy of P15-01.xlsx>  
Sheet: side 7

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

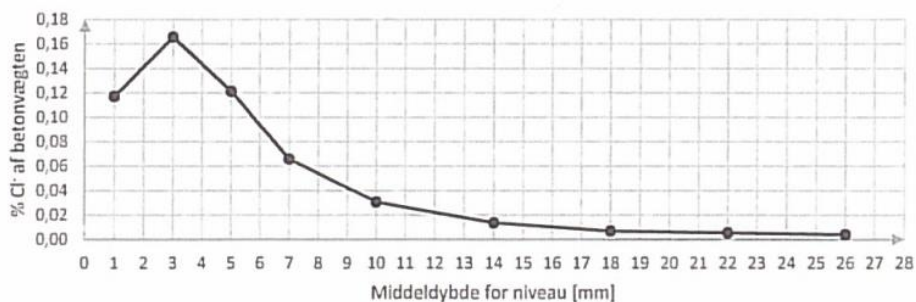
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 09-02-20015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 8-S-4	0-2	10,00	0,12
	2-4	10,00	0,17
	4-6	10,00	0,12
	6-8	10,00	0,07
	8-12	10,00	0,03
	12-16	10,00	0,01
	16-20	10,00	0,01
	20-24	10,00	0,01
	24-28	10,00	0,00

Kerne 8-S-4



## COWI Materialelaboratorium

### Bemærkninger:

Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Belu

Kontrolleret: MHSO

Godkendt: TSSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
Sheet: side 8

COWI

**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

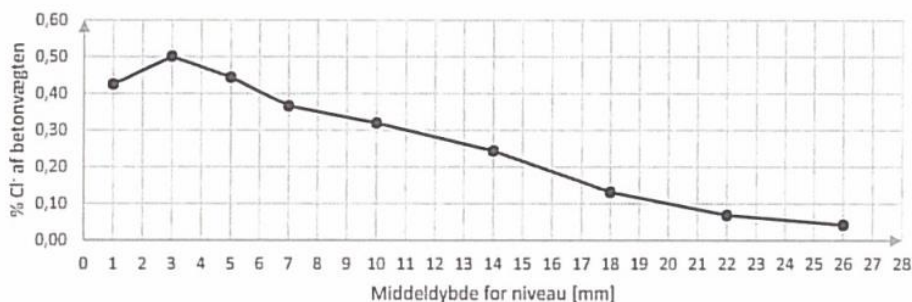
Sagsnr.: A66123                      Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01                      Init: BELN  
 Dato: 16-02-2015                      Rekvirent: NBTL

Proveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prove- betegnelse	Dybde mm	Provemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 9-U-2	0-2	10,00	0,43
	2-4	10,00	0,50
	4-6	10,00	0,44
	6-8	10,00	0,37
	8-12	10,00	0,32
	12-16	10,00	0,24
	16-20	10,00	0,13
	20-24	10,00	0,07
	24-28	10,00	0,04

Kerne 9-U-2

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1,65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1,57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BelKontrolleret: MHSJGodkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 9

COWI



## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

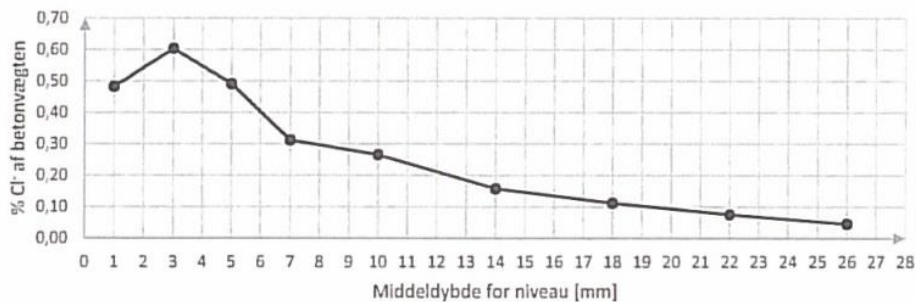
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
 Dato: 16-02-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 10-U-2	0-2	10,00	0,48
	2-4	10,00	0,60
	4-6	10,00	0,49
	6-8	10,00	0,31
	8-12	10,00	0,27
	12-16	10,00	0,16
	16-20	10,00	0,11
	20-24	10,00	0,08
	24-28	10,00	0,05

Kerne 10-U-2



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MHS

Godkendt: PSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 10

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

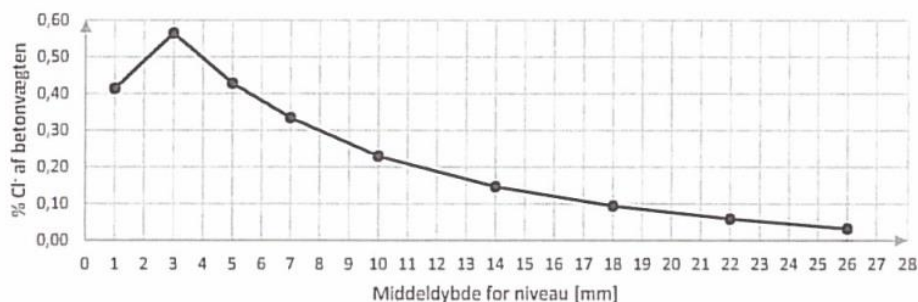
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
 Dato: 17-02-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 11-U-2	0-2	10,00	0,41
	2-4	10,00	0,56
	4-6	10,00	0,43
	6-8	10,00	0,33
	8-12	10,00	0,23
	12-16	10,00	0,15
	16-20	10,00	0,09
	20-24	10,00	0,06
	24-28	10,00	0,03

Kerne 11-U-2



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1,65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1,57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet:

Kontrolleret:

Godkendt:

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 11

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

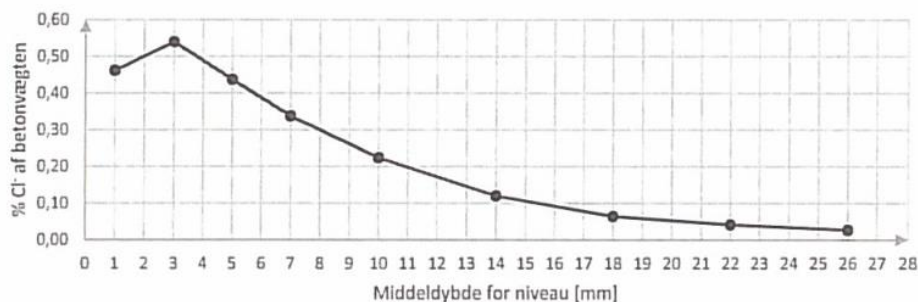
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 17-02-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 12-U-2	0-2	10,00	0,46
	2-4	10,00	0,54
	4-6	10,00	0,44
	6-8	10,00	0,34
	8-12	10,00	0,22
	12-16	10,00	0,12
	16-20	10,00	0,06
	20-24	10,00	0,04
	24-28	10,00	0,03

Kerne 12-U-2



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BELN

Kontrolleret: MHS

Godkendt: RSE

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titring/Copy of P15-01.xlsx>  
Sheet: side 12

COWI

**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

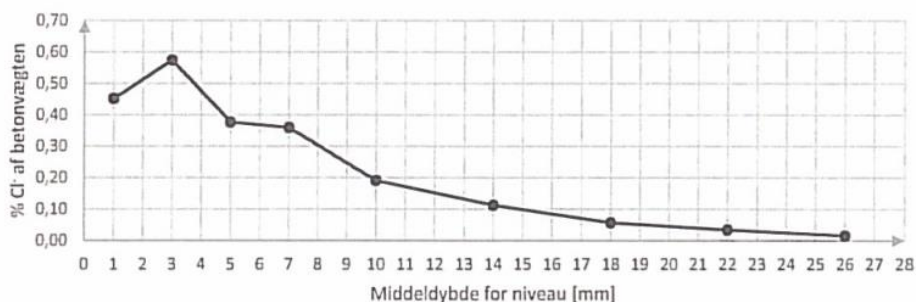
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
 Dato: 17-02-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 13-U-2	0-2	10,00	0,45
	2-4	10,00	0,57
	4-6	10,00	0,38
	6-8	10,00	0,36
	8-12	10,00	0,19
	12-16	10,00	0,11
	16-20	10,00	0,06
	20-24	10,00	0,03
	24-28	10,00	0,02

Kerne 13-U-2

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6.8

Udarbejdet: BelnKontrolleret: MHSJGodkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titration/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 13

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

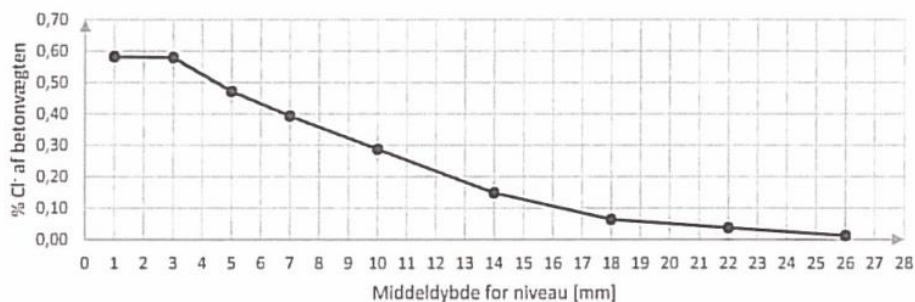
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 17-02-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 14-U-2	0-2	10,00	0,58
	2-4	10,00	0,58
	4-6	10,00	0,47
	6-8	9,98	0,39
	8-12	10,00	0,29
	12-16	10,00	0,15
	16-20	10,00	0,06
	20-24	10,00	0,04
	24-28	10,00	0,01

Kerne 14-U-2



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Belu

Kontrolleret: MHSD

Godkendt: RGO

\\projects.cowiportal.com\ps\A066123\Documents\03 Project documents\004 Kemiske analyser\001 Klorid  
Titring\P15-01.xlsx  
Sheet: side 14

COWI



## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

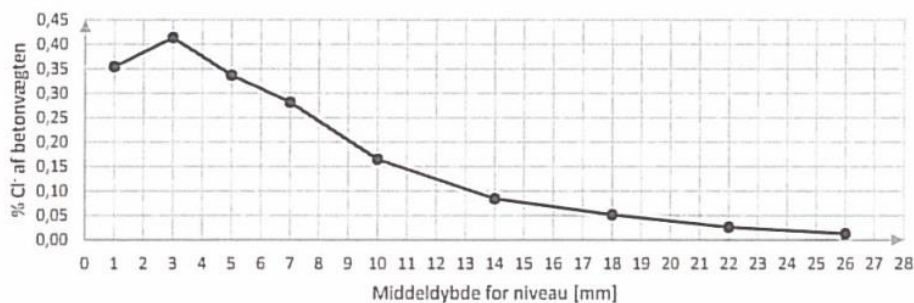
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
 Dato: 18-02-2015 Rekvirent: NBTL

Proveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prove- betegnelse	Dybde mm	Provemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 15-U-2	0-2	10,00	0,35
	2-4	10,00	0,41
	4-6	10,00	0,34
	6-8	10,00	0,28
	8-12	10,00	0,16
	12-16	10,00	0,08
	16-20	10,00	0,05
	20-24	10,00	0,03
	24-28	10,00	0,01

Kerne 15-U-2



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BELN

Kontrolleret: MHS

Godkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 15

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

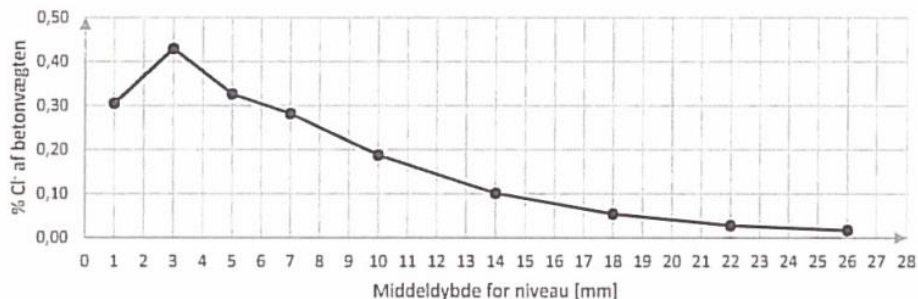
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 18-02-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 16-U-2	0-2	10,00	0,31
	2-4	10,00	0,43
	4-6	10,00	0,33
	6-8	10,00	0,28
	8-12	10,00	0,19
	12-16	10,00	0,10
	16-20	10,00	0,05
	20-24	10,00	0,03
	24-28	10,00	0,02

Kerne 16-U-2



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MSS

Godkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
Sheet: side 16

COWI

**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

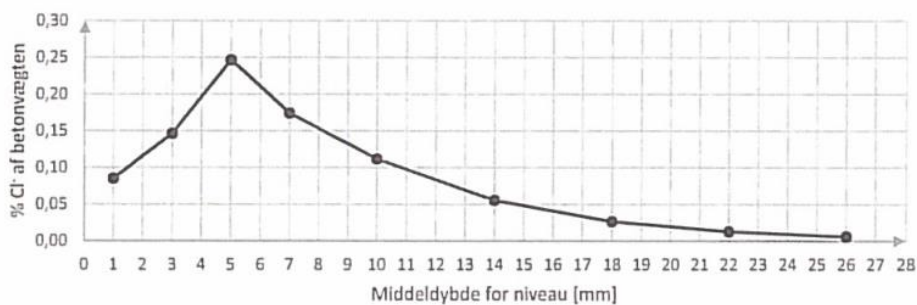
Sagsnr.: A66123                      Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01                      Init: BELN  
 Dato: 19-02-2015                      Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 17-U-2	0-2	10,00	0,08
	2-4	10,00	0,15
	4-6	10,00	0,25
	6-8	10,00	0,17
	8-12	10,00	0,11
	12-16	10,00	0,06
	16-20	10,00	0,03
	20-24	10,00	0,01
	24-28	10,00	0,01

Kerne 17-U-2

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BELNKontrolleret: MSSGodkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 17

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

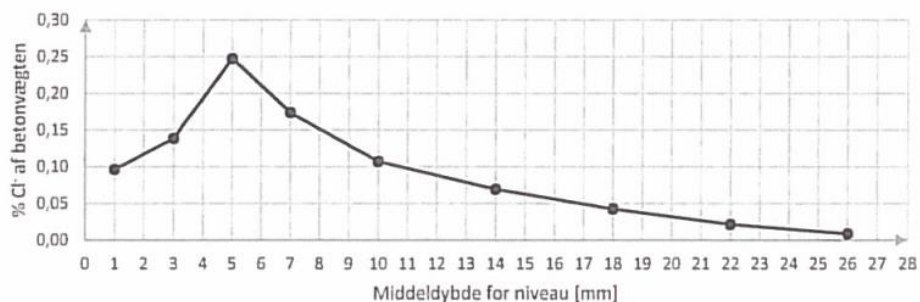
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 19-02-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
<b>Kerne 18-U-2</b>	0-2	10,00	0,10
	2-4	10,00	0,14
	4-6	10,00	0,25
	6-8	10,00	0,17
	8-12	10,00	0,11
	12-16	10,00	0,07
	16-20	10,00	0,04
	20-24	10,00	0,02
	24-28	10,00	0,01

Kerne 18-U-2



## COWI Materialelaboratorium

### Bemærkninger:

Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BELN

Kontrolleret: MDSJ

Godkendt: RSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titring/Copy of P15-01.xlsx>  
Sheet: side 18

COWI

**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

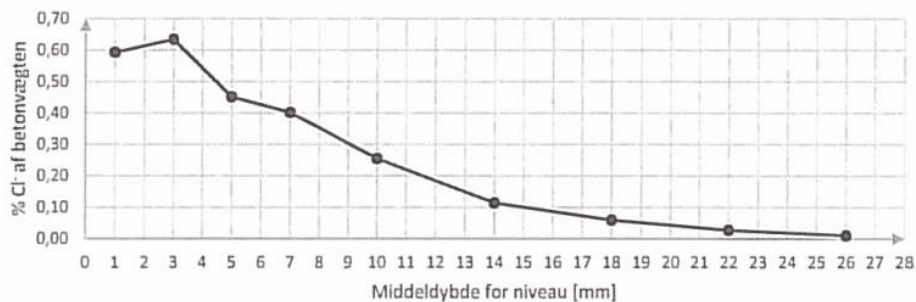
Sagsnr.: A66123      Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01      Init: BELN  
 Dato: 19-02-2015      Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 19-U-1	0-2	10,00	0,59
	2-4	10,00	0,63
	4-6	10,00	0,45
	6-8	10,00	0,40
	8-12	10,00	0,25
	12-16	10,00	0,11
	16-20	10,00	0,06
	20-24	10,00	0,03
	24-28	10,00	0,01

Kerne 19-U-1

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BELNKontrolleret: MHSGodkendt: PSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 19

COWI



## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

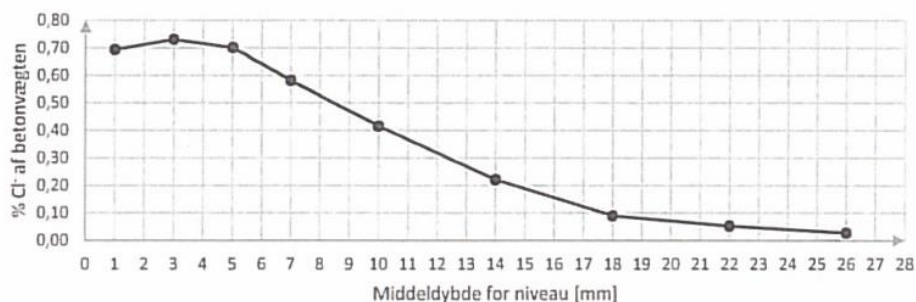
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 20-02-2015 Rekvirent: NBTL

Proveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prove- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 19-U-2	0-2	10,00	0,69
	2-4	10,00	0,73
	4-6	10,00	0,70
	6-8	10,00	0,58
	8-12	10,00	0,42
	12-16	10,00	0,22
	16-20	10,00	0,09
	20-24	10,00	0,05
	24-28	10,00	0,03

Kerne 19-U-2



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MHS

Godkendt: PSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titring/Copy of P15-01.xlsx>  
Sheet: side 20

COWI

**COWI Materialelaboratorium****Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering**

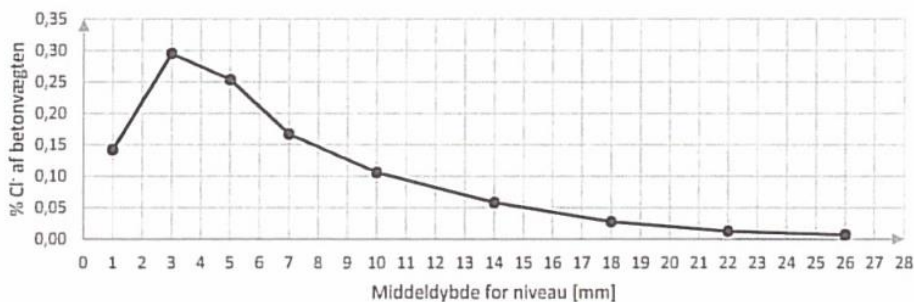
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
 Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
 Dato: 20-02-2015 Rekvirent: NBTL

Prøveudtagningsmetode: Fræset  
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

## Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 19-S-4	0-2	10,00	0,14
	2-4	10,00	0,29
	4-6	10,00	0,25
	6-8	10,00	0,17
	8-12	10,00	0,11
	12-16	10,00	0,06
	16-20	10,00	0,03
	20-24	10,00	0,01
	24-28	10,00	0,01

Kerne 19-S-4

**COWI Materialelaboratorium**

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
 Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
 Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
 Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: BELNKontrolleret: MHSOGodkendt: PSO

<http://projects.cowiportal.com/ps/A066123/Documents/03 Project documents/004 Kemiske analyser/001 Klorid Titrering/Copy of P15-01.xlsx>  
 Sheet: side 21

COWI

## COWI Materialelaboratorium

### Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

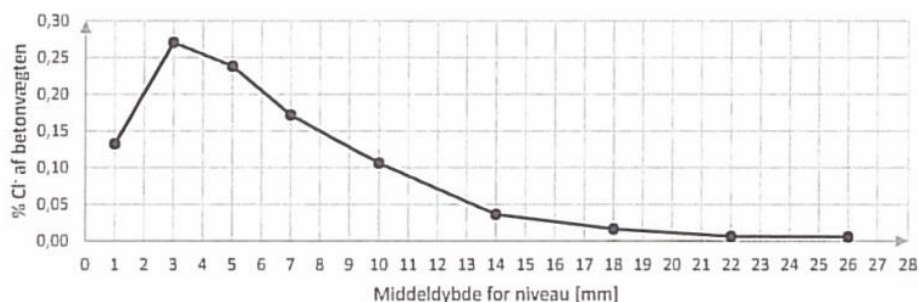
Sagsnr.: A66123 Sagsnavn: Avrop 20  
Lab. Nr.: 15-01 Init: BELN  
Dato: 24-02-2015 Rekvirent: NBTL

Proveudtagningsmetode: Fræset  
Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold  
Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

#### Resultatskema:

Prove- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl <sup>-</sup> af betonvægten
Kerne 19-S-5	0-2	10,00	0,13
	2-4	10,00	0,27
	4-6	10,00	0,24
	6-8	10,00	0,17
	8-12	10,00	0,11
	12-16	10,00	0,04
	16-20	10,00	0,02
	20-24	10,00	0,01
	24-28	10,00	0,01

Kerne 19-S-5



## COWI Materialelaboratorium

Bemærkninger: Kloridindholdet er angivet som masse% af tør beton, og kan omregnes til:  
Natriumklorid% ved at gange med 1.65  
Kalciumklorid% ved at gange med 1.57  
Kloridindhold i forhold til cementvægten ved at gange med 6-8

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MNS

Godkendt: RSO

\\projects.cowiportal.com\ps\A066123\Documents\03 Project documents\004 Kemiske analyser\001 Klorid  
Titring\P15-01.xlsx  
Sheet: side 22

COWI



Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Publikasjonsekspedisjonen  
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO  
Tlf: (+47 915) 02030  
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**