



Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

## BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:  Bygg – Konstruksjonsteknikk	Vårsemesteret, 2021  Åpen / Konfidensiell
Forfatter:  Ida Moen	 ..... (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Kjell Tore Fosså Veileder(e): Kjell Tore Fosså	
Tittel på bacheloroppgaven:  Kloridinntrengning i miljøbetong ved tidlig alder  Engelsk tittel:  Chloride ingress in green concrete at early age	
Studiepoeng: 20	
Emneord:  Miljøbetong Kloridinntrengning Kloriddiffusjonskoeffisient Overflatebehandling Trykkfasthet	Sidetall: 49  + vedlegg/annet: 56  Stavanger, 15.05.2021

## Forord

Denne oppgaven er skrevet våren 2021 som en avsluttende del av bachelorprogrammet Bygg - konstruksjonsteknikk ved Universitetet i Stavanger, institutt for maskin, bygg og materialteknologi. Temaet for oppgaven er permeabilitet i tidlig alder ved ulike betongsammensetninger. De ulike sammensetningene består av seks ulike sementtyper med ellers like resepter.

Min motivasjon for oppgaven var å skrive om et aktuelt og fremtidsrettet tema for kommende ingeniører. Miljøvennlige og bærekraftige tiltak i bygg- og anleggsbransjen vil være svært nødvendig i tiden fremover. Det har blitt gjennomført egne forsøk for å kunne undersøke den praktiske bruken av miljøvennlig betong, i tillegg til litterære funn.

Jeg ønsker å takke Professor Kjell Tore Fosså for god veiledning og faglige råd gjennom våren. Jeg ønsker også og rette en stor takk til Senioringeniør Samdar Kakay og Overingeniør Jarle Berge for god hjelp og tilrettelegging på UiS sitt betong-laboratorium i forbindelse med den praktiske delen av oppgaven. Mine medstudenter Yousef Tayyem og Daniel Kvamme som har utført en lignende praktisk oppgave har også vært svært hjelpsomme under det praktiske arbeidet på laboratoriet.

Stavanger 15. mai 2021

  
\_\_\_\_\_  
Ida Moen

## Sammendrag

Det må stadig oftere legges til rette for miljøvennlige og bærekraftige tiltak i bygg- og anleggsindustrien. Miljøbetong er et av mange tiltak mot en grønnere fremtid. Miljøbetong er betong der sementen er tilsatt eller erstattet med tilsetningsmaterialer. Typiske pozzolaner og hydraulisk bindemiddel som brukes er; flygeaske, silikastøv og slagg. Miljøsementen er kjent for å ha en senere herdeutvikling, noe som kan føre til en porøs betong med høy permeabilitet. Hensikten med denne oppgaven er å studere hvordan permeabiliteten påvirkes av ulike sementtyper og overflatebehandling i tidlig alder.

Arbeidet er delt i to deler: et litteraturstudium og en eksperimentell del der et laboratorium-program er utført. Oppgaven løses ved å se på teori som allerede finnes på feltet i sammenheng med resultatene fra eget arbeid i laboratorium. I laboratorium-programmet ble det utarbeidet totalt 6 betongresepter med varierende sementtyper:

- Norcem Anlegg CEM I med 6% silikastøv
- Norcem Anlegg FA CEM II/A-V
- Norcem Anlegg FA CEM II/A-V med 3% silikastøv
- Norcem Standard FA CEM II/B-M
- Schwenk Miljøsement CEM II/B-S
- Schwenk Lavvarmesement CEM III/B

Trykkfastheten av reseptene blir testet etter 7, 28 og 56 døgn. Resterende del av reseptene ble eksponert for saltvann i 35 døgn i henhold til en akselerert metode bygget på NT Build 443, før kloriddiffusjonskoeffisient ble målt. Av prøveobjektene eksponert for saltvann fikk de tre ulike overflatebehandlinger basert på vannavvisende impregnering og herdemembran. Kloridinnholdet ble målt ved å benytte Rapid Chloride Test.

På bakgrunn av det eksperimentelle som er utført i denne oppgaven, kan det konkluderes med at valg av sementtype og overflatebehandling har stor betydning for kloridinntrengning i betongen. Både herdemembran og impregnering gir økt motstand mot klorider, men det viser seg at vannavvisende impregnering eller en kombinasjon av herdemembran og impregnering virker best. Av sementtypene ser man at lavvarmesement med betydelige mengder slagg gir svært god effekt mot kloridinntrengning i tidlig alder, til tross for sen herdeutvikling. Man ser ikke like stor effekt i reseptene med flygeaske i sementen og tilsatt silikastøv. Det kan være at eksponering i 35 døgn ikke er tilstrekkelig for å få full effekt av egenskapene til disse pozzolanene.

## Figurliste

Figur 1 - Sementpastaens sammensetning [17].....	9
Figur 2 - Effekt av mengde slagg på diffusjon av klorid- og natriumioner for sementpasta med masseforhold 0,60. 28 dagers herding ved 21° C. [11] .....	12
Figur 3 - Illustrasjon over hvordan overflatebehandlingene trekker inn i betongen [25].....	13
Figur 4 – Synkmål [27].....	14
Figur 5 - Synkutbredelsesmål [39] .....	15
Figur 6 - Nominell størrelse av terning, d [31] .....	15
Figur 7 - Tilfredsstillende bruddform for terningformede prøvelegemer [33] .....	17
Figur 8 - Former til utstøping .....	23
Figur 9 - Benkbormaskin .....	24
Figur 11 - Kalibrering med kalibreringsvæsker .....	24
Figur 10 - RCT-koffert.....	24
Figur 12 - Testing av betongprøver .....	25
Figur 13 - Testing av trykkfasthet.....	26
Figur 14 - Fasthetsutvikling av betongresepter .....	28
Figur 15 - Eksempel på kloridprofil, dette fra terning A1.....	29
Figur 16 - Kloriddiffusjonskoeffisient av betong .....	30
Figur 17 - Tilfredsstillende bruddform, resept B ved 28 døgn .....	32
Figur 18 - Prinsipielt kloridprofil [37] .....	33
Figur 19 - Diffusjonskoeffisient for resept E og F med ulik slaggmengde .....	34
Figur 20 - Diffusjonskoeffisient av resept B, C og D med sementtype Anlegg FA og Standard FA .....	35
Figur 21 - Diffusjonskoeffisient av resept A og C med henholdsvis Anlegg og Anlegg FA, og tilsatt silika .....	36

## Tabelliste

Tabell 1 - Lavkarbonklasser med grenseverdier for klimagassutslipp [5] .....	7
Tabell 2 - Største kloridinnhold i betong [20] .....	10
Tabell 3 - Sammenheng mellom diffusivitet og motstandsevne mot kloridinntrengning etter 28 døgn [22].....	11
Tabell 4 - Tidsplan av praktisk oppgave .....	19
Tabell 5 - Betongresept A.....	21
Tabell 6 - Betongresept B.....	21
Tabell 7 - Betongresept C.....	21
Tabell 8 - Betongresept D .....	21
Tabell 9 - Betongresept E .....	22
Tabell 10 - Betongresept F .....	22
Tabell 11 - Synkutbredelse og synkmål.....	27
Tabell 12 - Densitet av betong .....	27
Tabell 13 - Fasthetsutvikling av betongresepter .....	28
Tabell 14 - Kloriddiffusjonskoeffisient av betong .....	30
Tabell 15 - Diffusjonskoeffisienter med uanvendbare resultater markert rødt .....	34
Tabell 16 – Avvik mellom målte og verifiserte kalibreringsverdier.....	38



# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>i</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>ii</b>
<b>Figurliste</b> .....	<b>iii</b>
<b>Tabelliste</b> .....	<b>iii</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Oppgavebeskrivelse .....	2
1.2 Avgrensninger .....	3
<b>2. Teori</b> .....	<b>4</b>
2.1 <i>Betongteknologi</i> .....	4
2.1.1 <i>Tilslag</i> .....	4
2.1.2 <i>Sement</i> .....	4
2.1.3 <i>Tilsetningsstoffer</i> .....	5
2.1.4 <i>Tilsetningsmaterialer</i> .....	5
2.2 <i>Miljøbetong</i> .....	7
2.3 <i>Permeabilitet i tidlig alder</i> .....	8
2.4 <i>Kloridinntrengning</i> .....	9
2.4.1 <i>Effekt av flygeaske, slagg og silikastøv</i> .....	12
2.5 <i>Overflatebehandlinger</i> .....	13
<b>3. Metode</b> .....	<b>14</b>
3.1 <i>Litteratursøk</i> .....	14
3.2 <i>Synkmål</i> .....	14
3.3 <i>Synkutbredelse</i> .....	15
3.4 <i>Utstøpning</i> .....	15
3.5 <i>Densitet</i> .....	16
3.6 <i>Trykktesting</i> .....	16
3.7 <i>Akselerert prøvemetode NT Build 443</i> .....	17
3.8 <i>Analysemetode med 14.641 - Kloridinnhold i betong ved RCT-test</i> .....	18
<b>4. Eksperimentelt</b> .....	<b>19</b>
4.1 <i>Laboratorieprogram</i> .....	19
4.2 <i>Betongresepter</i> .....	20
4.3 <i>Blanding av betong</i> .....	22
4.4 <i>Prøving av fersk betong</i> .....	22
4.5 <i>Utstøping</i> .....	23
4.6 <i>Overflatebehandling</i> .....	23
4.7 <i>Prøving av kloridinntrengning</i> .....	23

4.8	<i>Prøving av herdnet betong</i>	25
<b>5.</b>	<b>Resultat</b>	<b>27</b>
5.1	<i>Betongegenskaper</i>	27
5.2	<i>Fasthetsutvikling</i>	28
5.3	<i>Kloridinntrengning</i>	29
<b>6.</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>31</b>
6.1	<i>Betongegenskaper</i>	31
6.2	<i>Trykkfasthet</i>	31
6.3	<i>Kloridinntrengning</i>	33
6.3.1	<i>Effekt av sementtype</i>	34
6.3.2	<i>Effekt av overflatebehandling</i>	36
6.4	<i>Feilkilder</i>	37
<b>7.</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>40</b>
<b>8.</b>	<b>Referanser</b>	<b>42</b>
<b>9.</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>44</b>
	<i>Vedlegg A – Tilslagsgradering</i>	44
	<i>Vedlegg B - Betongresepter</i>	44
	<i>Vedlegg C - Trykkfasthetsrapport</i>	44
	<i>Vedlegg D - Excel-ark med klorid</i>	44
	<i>Vedlegg E – Prosedyrer:</i>	44
	<i>Vedlegg F – Materialdatablader</i>	44

# 1. Innledning

Verden slik man kjenner den i dag står ovenfor et alvorlig klimaproblem med for høye utslipp av forurensede gasser som varmer opp atmosfæren vår. Utslipp av karbondioksid er en av de største utfordringene verden står ovenfor. Stortinget vedtok i 2008 og 2012 klimaforliket som satte klare mål for Norges klimapolitikk. Deriblant at utslippene skulle reduseres med 30 % av utslipp målt i 1990 innen år 2020, og at Norge skal være helt karbonnøytralt i 2030 [1]. Det jobbes målrettet med å redusere CO<sub>2</sub>-utslippet, og med å komme opp med bærekraftige alternativer.

Bygg- og anleggsbransjen er en bransje tilknyttet store klimagassutslipp, særlig på grunn av sin enorme bruk av betong. Globalt er betong et av de viktigste byggematerialene vi har, og det utgjør en stor del av alle konstruksjoner på verdensbasis. Bare her i Norge ble det i 2013 produsert rundt 1,6 millioner tonn sement i året, mens Kina som sto for det største forbruket hadde en produksjon på hele 2,4 milliarder tonn [2]. Det høye forbruket av betong har også en bakside. Ved produksjon av sement kreves store mengder termisk og mekanisk energi for å oppnå den høye temperaturen i sementovnene, og det spaltes store mengder CO<sub>2</sub> i prosessen av kalsineringen av kalkstein [3]. Rundt 90 % av utslippene rundt betongproduksjonen oppstår faktisk fra sementen. Uten noen form for tiltak for å redusere utslipp, antas det at det oppstår ca. 1 tonn CO<sub>2</sub> per tonn med ferdigprodusert Portlandklinker. Denne framstillingen er noe utdatert da det har vært en positiv utvikling innen miljøtiltak og teknologiutnyttelse både globalt og regionalt de siste årene [4]. Ser man likevel på disse tallene i tillegg til den totale produksjonen av sement på verdensbasis, som i 2016 var på 4,3 milliarder tonn, blir utslippene globalt svært høye. Dette utgjør faktisk 5-8% av verdens totale menneskeskapte klimagassutslipp [5].

For å redusere klimagassutslippene i betongbransjen er det iverksatt flere tiltak som kan hjelpe mot en grønnere fremtid. Bruk av substituttmaterialer i sement, eller som en egen komponent i betongblandingen, har økt betydelig de siste årene. Det er også blitt mer fokus på økt levetid av eksisterende og nye betongkonstruksjoner og materialgjenvinning. Innenfor produksjon av sement finnes det betydelige muligheter for å effektivisere, og dermed også redusere utslipp av klimagasser. [4].

Norcem, som er Norges eneste produsent av sement, har en visjon om å klare klimaforliket og ha null CO<sub>2</sub>-utslipp av sine produkter innen 2030. Som ett av flere tiltak for å redusere noe av CO<sub>2</sub>-utslippet, er det forsøkt å redusere mengden av sement i betongblandingen. Sementen erstattes av substituttmaterialer med tilnærmet lik kjemisk sammensetning. Disse materialene kalles pozzolaner eller hydrauliske bindemiddel. Pozzolaner som silikastøv, flygeaske og slagg er gode erstatte av sementen [6]. Disse pozzolanene er ofte restprodukter fra andre industrier som kullkraftverk og stålproduksjon, og regnes derfor som CO<sub>2</sub>-frie. Ved å redusere mengden sement reduseres også CO<sub>2</sub>-utslippet både på grunn av

reduksjon i selve prosessen med kalsineringen, og dermed også reduksjon i energibehovet til ovnene.

## 1.1 Oppgavebeskrivelse

Som det kommer frem av innledningen, er trolig miljøsementer fremtidens sementer, men hva vil være konsekvensen av dette? Miljøsementer er kjent for å ofte ha en langsommere herdeutvikling, og følgelig vil den da også være mer porøs i tidlig alder. Det kan bety at en konstruksjon av miljøbetong i kystnære strøk kan ha dårligere forutsetninger enn hva den ville hatt med betong av ren Portlandsement. Økt porøsitet betyr som regel økt permeabilitet i betongen, og bestandigheten kan svekkes. Utgangspunktet for denne oppgaven blir derfor å sammenligne en rekke sementtyper i en ellers svært lik betongresept, og studere permeabiliteten til betongen i tidlig alder. I kystnære strøk er betongen eksponert for aggressive miljøer, og oppgaven vil derfor se på kloridinntrengning i tidlig alder av betong som er eksponert for saltvann. Betongen som undersøkes blir også overflatebehandlet med produkter med den hensikt å redusere kloridinntrengningen. Trykkfasthet av de ulike betongtypene vil legges vekt på i forhold til betongens bestandighet. Oppgaven løses ved å se på teori som allerede finnes på feltet i sammenheng med resultatene fra eget arbeid i laboratorium. Hovedformålet med denne oppgaven blir derfor å karakterisere betongens egenskaper ut ifra kloriddiffusjonskoeffisienten  $D_0$  ved tidlig alder. Spørsmål av interesse er derfor hvordan de ulike sementtypene og overflatebehandlingen vil påvirke resultatet av kloriddiffusjonskoeffisienten,  $D_0$ . Det er utarbeidet noen forventninger som stilles til resultatet av den praktiske delen av oppgaven:

- *Flygeaske har lang reaksjonstid, og vil trolig retardere egenskapsutviklingen i tidlig alder av betongen.*
- *Slagg reagerer raskere enn flygeaske, og vil gi bedre motstand mot klorider i tidlig alder.*
- *Silikastøv har kortere reaksjonstid sammenlignet med både flygeaske og slagg. Blandingene med silikastøv vil trolig ha god kloridmotstand i tidlig alder.*
- *Økende trykkfasthet ved økende alder. Lavest fasthet ved reseptene med høy andel sementerstatning.*
- *Prøveobjektene med overflatebehandling i form av impregneringer og lignende, vil ha lavere diffusjonskoeffisient enn referanseobjektene.*

I første del av oppgaven presenteres teori om betong, permeabilitet, kloridinntrengning og overflatebehandlingen. Videre presiseres metode for den praktiske oppgaven, før arbeidet på laboratoriet beskrives. Resultatet fra oppgaven fremstilles mot slutten, og drøftes. Mulige feilkilder som kan ha påvirket resultatet blir også presentert. Avslutningsvis kommer en konklusjon av oppgaven.

## 1.2 Avgrensninger

Som nevnt innledningsvis finnes det flere temaer som er svært viktig i klimadiskusjonen for å kunne redusere klimagasser forbundet med betongproduksjon. I denne oppgaven blir det kun studert hvilken effekt bruk av pozzolaner som et substitutt til sement har på betongen i det miljøvennlige aspektet.

Tilsetningsmaterialene som blir omtalt i denne oppgaven regnes som karbonnøytrale siden de er restprodukt etter produksjon. Produksjonen disse kommer fra er industri som er tungt miljøbelastet, og som er kilder til store CO<sub>2</sub>-utslipp. Dette er klimagassutslipp som det jobbes med å redusere, og i fremtiden kanskje kunne avvikle helt. Tilsetning av flygeaske, slagg og silikastøv er miljøvennlige løsninger som baserer seg på miljøverstingene i verden. Hva gjør man den dagen man ikke lenger har kullkraftverk? Siden tilgangen på materialene allerede er begrenset, vil det få store konsekvenser for sement- og betongindustri. Dette er problemstillinger som det er viktig å være klar over, men dette blir ikke behandlet i denne oppgaven.

Betongkonstruksjoner har lang levetid, og på grunn av den langsomme effekten av noen av tilsetningsmaterialene får man nødvendigvis ikke hele bildet av effekten før ved økende alder, men på grunn av begrenset tid er det kun sett på betongens egenskaper og utvikling etter 35 døgn eksponering.

Det er heller ikke tatt noe hensyn til det økonomiske aspektet når det kommer til sementtyper og overflatebehandling i oppgaven.

## 2. Teori

### 2.1 Betongteknologi

Betong er sammensatt av vann, tilslag, sement og tilsetningsstoffer. Sammensetningen av disse råmaterialene sammen med utførelse, herding og utforming vil påvirke hvor bestandig betongen vil være. Det er derfor viktig å være klar over hvor stor rolle hvert element spiller inn for å få god bestandig betong som tilfredsstillende kravene til sitt bruk.

#### 2.1.1 Tilslag

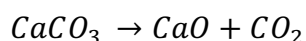
Tilslaget i betongen består vanligvis av sand og stein. Hvilke typer sand og stein varierer ut ifra tilgjengelighet og geografisk lokasjon, men kommer ofte fra morene-, breelv- og elveavsetninger. Tilslaget utgjør som regel rundt 65 -75 % av betongblandingen, og er en viktig del for betongens egenskaper i alle stadier. Betongens bestandighet og styrke påvirkes av tilslagets kvalitet, størrelse, mengde og kjemiske sammensetning, og det er derfor viktig å velge tilslag av god kvalitet.

Det er kornstørrelsen som skiller de ulike tilslagene, der sand er det fineste fra 0-8 mm, mens singel, pukk og stein er de groveste fra 8-32 mm. Forholdet mellom det fine og grove tilslaget bestemmes vanligvis gjennom en sikteanalyse. Ved å benytte sikteanalysen kan ønskede fraksjoner produseres, og man ønsker en jevn gradering av fraksjonene for å unngå eventuelle hulrom og dårlig komprimering i betongen. [7]

Vannabsorpsjon i tilslag er den mengden vann som tilslagskornene absorberer. Denne vannabsorpsjonen må være kjent under blanding av betong, for å proporsjonere vannet riktig. Hvor mye som blir absorbert vil påvirke mengden vann som tilsettes resepten. [8]

#### 2.1.2 Sement

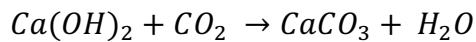
Sement er den viktigste delen i betongen, og selve limet mellom de andre elementene i blandingen. Råmaterialet i sement er kalkstein, eller eventuelt andre materialer med høyt kalkinnhold, som blandes med gips. Produksjonen av sement består av å brenne kalkstein sammen med materialer som kvarts, leire eller skifer. Denne blandingen varmes opp til høy temperatur og kalsineres. Det betyr at  $CO_2$  brennes ut fra kalksteinen. I det kalksteinen kalsineres skjer følgende reaksjon:



Kalkstein  $\rightarrow$  brent kalk + karbondioksid

Den brente kalken har nå blitt omdannet til klinkermineraler. Klinkeren males opp og blandes sammen med gips. Andre tilsetningsstoffer i form av pozzolaner kan også bli tilsatt i blandingen som nå kalles sement. Når sement skal benyttes og blandes med vann og

eventuelt herder, skjer en ny reaksjon:



Portlanditt + karbondioksid → Kalkstein + vann

Vannet og kalksteinen danner Portlanditt i betongen som reagerer med CO<sub>2</sub> i luften rundt. Det vil si at betongen tar opp og binder noe av forurensningen av karbondioksider i luften. Dette vil være bra for miljø, men ikke for bestandigheten i betongen. Karbondioksidene reduserer pH-verdien i betongen, som øker risikoen for korrosjon i armeringen. Derfor ønskes det en tett og bestandig betongblanding for å motvirke karboniseringen. [3] [9]

V/C-tallet er forholdet mellom sement- og vannmengde i blandingen. Lavt v/c-tall fører til høy fasthet og bestandighet i betongen. V/C-tallet blir lavere, jo mindre vann som tilsettes blandingen. Permeabiliteten og porøsiteten vil også påvirkes av v/c-tallet, ved lavt forhold får vil disse faktorene også bli lave. [8]

### 2.1.3 Tilsetningsstoffer

For å optimalisere betongens egenskaper og kvaliteter benyttes kjemiske tilsetningsstoffer. Disse stoffene kan påvirke betongen både i fersk og herdnet tilstand. Man ønsker som regel alltid å ha en fersk blanding som er lettest mulig å arbeide med, og en blanding som gir høy fasthet i herdnet tilstand. For å oppnå best mulig resultat, er det mange faktorer som må oppfylles, og i områder med svært vekslende temperatur- og værforhold og ulike produksjonskrav kan det oppstå mange utfordringer. Tilsetningsstoffene tilsettes for å virke imot disse utfordringene, og listen over ulike kjemisk tilsetningsstoffer er lang. Det finnes blant annet antifrost-, korrosjonsdempende, akselererende- og plastiserende stoffer. Disse er med på å gjøre betongen mer egnet for sitt bruk, og øker levetiden og kvaliteten på betongen. Et tilsetningsstoff som ofte benyttes er superplastifiserende tilsetningsstoff. Det øker støpbarheten uten å endre noe av vanninnholdet. Dette gjør at vannmengden kan reduseres, men man kan fortsatt opprettholde støpbarheten. For mye superplastifiserende kan derimot føre til en veldig flytende blanding, der tilslaget og massen vil skille seg, og bør unngås. [15]

### 2.1.4 Tilsetningsmaterialer

Pozzolan er et tilsetningsmaterial som danner bindestoffer når det reagerer med kalsiumhydroksid (CaOH<sub>2</sub>). Man får en lignende reaksjon som ved å blande vann og portlandsement. Derfor kan pozzolaner benyttes som en erstatning for deler av portlandsementen [10]. Ordet «pozzolan» kommer fra byen Pozzuoli i Italia, som ligger nær vulkanen Vesuv. Her fant man allerede i oldtiden aske fra vulkanen, og blandet det sammen med brent kalk. Denne blandingen gav et bindingsmiddel med egenskaper likt sement, som kunne brukes til å bygge store byggverk [11]. I dag finnes det både naturlige og kjemiske pozzolaner, som alle har et høyt innhold av silisiumforbindelser. De finnes naturlig i bergarter med vulkansk opprinnelse, og kan også fremstilles kunstig ved å brenne

leirmaterialer eller ved å utvinne flygeaske fra kullkraftverk [12]. Noen av de mest brukte pozzolanene er flygeaske og silikastøv.

Flygeaske er små partikler av aske som blir dannet som et biprodukt ved kullkraftverk. Flygeaske bidrar til at betongen blir tettere, og reduserer varmeutvikling på grunn av sin langsomme reaksjon. Siden asken er et restprodukt regnes det som et karbonnøytralt produkt, selv om kullkraftverk er en versting for utslipp av forurensede gasser. Flygeasken kan dermed i tillegg til å bedre egenskapene, også føre til å redusere det totale CO<sub>2</sub>-utslippet i forbindelse med betongproduksjon. Problemet med denne typen pozzolan er at stadig flere av Europas kullkraftverk stenges ned. Det fører til en begrenset og varierende tilgang på flygeaske i Europa. [13]

Silikastøv er i likhet med flygeaske også et biprodukt fra annen produksjon. Støvet oppstår ved rensing av gassene som dannes ved produksjon av ferrosilisium og silisium. Gassene som kommer fra ovnene reagerer med oksygen, og sammen former disse små partikler av silikastøv. Sammensetningen av partiklene varierer ut ifra hvilken type metall som blir produsert, men silisiumoksid er uansett hovedbestanddelen. Fra produksjonen av ferrosilisium og silisium i Norge er innholdet av SiO<sub>2</sub> meget høyt.

Silikastøvet kan gi betongen en rekke gode effekter, og regnes som et av det mest reaktive pozzolanet. Siden det også er et biprodukt, vil betongen få et mindre CO<sub>2</sub>-avtrykk en ved bruk av bare portlandsement. Silikastøvet bidrar til å fylle hulrom i betongblandingen, og gir en økning i tetthet og styrke. Det endrer også vannbehovet, da den store overflaten til partiklene binder vann til seg. Selv om Norge er ledende på produksjon av ferrosilisium, er likevel ikke tilgangen stor på verdensbasis. [10]

Slagg er et hydraulisk bindemiddel med begrenset pozzolansk reaktivitet. Det betyr at slagg ikke reagerer kjemisk på samme måte som flygeaske og silikastøv, men på tilsvarende måte som når Portlandsement blir hydratisert [11]. Slagg er også et karbonnøytralt restprodukt fra masovnene i jernproduksjon. Slagget er dannet av oksider av kalsium, silisium og aluminium. Den kjemiske sammensetningen kan variere mye ut ifra hvordan jernproduksjonen utføres, og hvordan avfallet blir håndtert. For å kunne benytte slagget i betongproduksjon må det avkjøles svært hurtig slik at det dannes reaktivt glass i stede for krystallisering. Denne avkjølingen medfører at slagget granuleres. Slagget blir deretter malt, før det benyttes som en erstatning av sement i betongen. [10]

Felles for disse tilsetningsmaterialene er at det er mangel på råstoffene i forhold til behov og etterspørsel globalt. Tall på hvor store mengder tilsetningsmaterialer som er tilgjengelig er relativt usikkert, men man vet at tilgangen på flygeaske er langt høyere enn tilgangen på slagg [11]. Selv om ressursene blir utnyttet fullt ut i de fleste land, blir andelen liten mot det store betongforbruket i verden. Likevel kan man regne med at tilgangen på flygeaske globalt vil holde seg stabil fremover. Selv om kull er den aller verste av alle de fossile energikildene,



bygges det fortsatt ut nye kullkraftverk i den vestlige delen av verden. Kina, Indonesia, Vietnam og India er land som fremdeles hadde en årlig økning av bruk av kull i løpet av 2017 til 2019 [14].

## 2.2 Miljøbetong

Miljøbetong, også kalt lavkarbonbetong, er betong med redusert karbonavtrykk. Tiltak for å redusere klimagasser er gjort i henhold til NS-EN 206. Et av tiltakene for å redusere karbonavtrykket er å optimalisere sementsammensetning i betongen. Tilsetningsmaterialer som flygeaske, slagg, silikastøv er ofte brukt som erstatning eller tilsetning i sementen. Effekten av disse produktene ble beskrevet under forrige delkapittel. Tilsetningsmaterialer. For å være sikker på at et produkt tilfredsstiller kravene som stilles innen miljøaspektet, brukes det en miljødeklarasjon, EPD. EPD står for Environmental Product Declaration, og er et dokument som verifiserer produktets miljøprofil.

Lavkarbonbetong deles inn i lavkarbonklassene A, B, Pluss og Ekstrem. Lavkarbonklasse B er den minst strenge, og kan vanligvis oppnås med ordinære resepttekniske tiltak. Klasse A er noe strengere, og krever spesielle resepttekniske tiltak. Mens klasse Pluss og Ekstrem krever bruk av spesielle bindemiddelsammensetninger som man ikke kan forvente å være allment tilgjengelig, og heller ikke godkjent for alle bestandighetsklasser. Grenseverdiene til klassene er definert i tabell 1. [5]

Tabell 1 - Lavkarbonklasser med grenseverdier for klimagassutslipp [5]

Fasthetsklasse <sup>1)</sup> og lavkarbonklasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO <sub>2</sub> -ekv. pr m <sup>3</sup> betong]							
Bransjereferanse	240	260	280	330	360	370	380
Lavkarbon B	190	210	230	280	290	300	310
Lavkarbon A	170	180	200	210	220	230	240
Lavkarbon Pluss <sup>2)</sup>			150	160	170	180	190
Lavkarbon Ekstrem <sup>2)</sup>			110	120	130	140	150

- 1) Se kapittel A2 om sammenhengen mellom fasthetsklasser, bestandighetsklasser og karbonklasser
- 2) Mulig nivå for enkelte prosjekt, men med flere begrensninger i standardverket, og begrenset tilgjengelighet. Gjennomførbarhet må avklares i hvert enkelt prosjekt.

## 2.3 Permeabilitet i tidlig alder

Permeabilitet er et mål på hvor lett en væske eller gass trenger igjennom et materiale, altså gjennomstrømmeligheten. Permeabiliteten påvirkes av materialets porøsitet og eventuelle sprekkdannelser i betongen. Dette er et viktig mål på hvor bestandig betongen er.

Målenheten darcy er mest benyttet for permeabilitet. Det er Darcys lov som definerer permeabiliteten ut ifra følgende formel:

$$q = - \frac{K}{\mu} \nabla p$$

Der

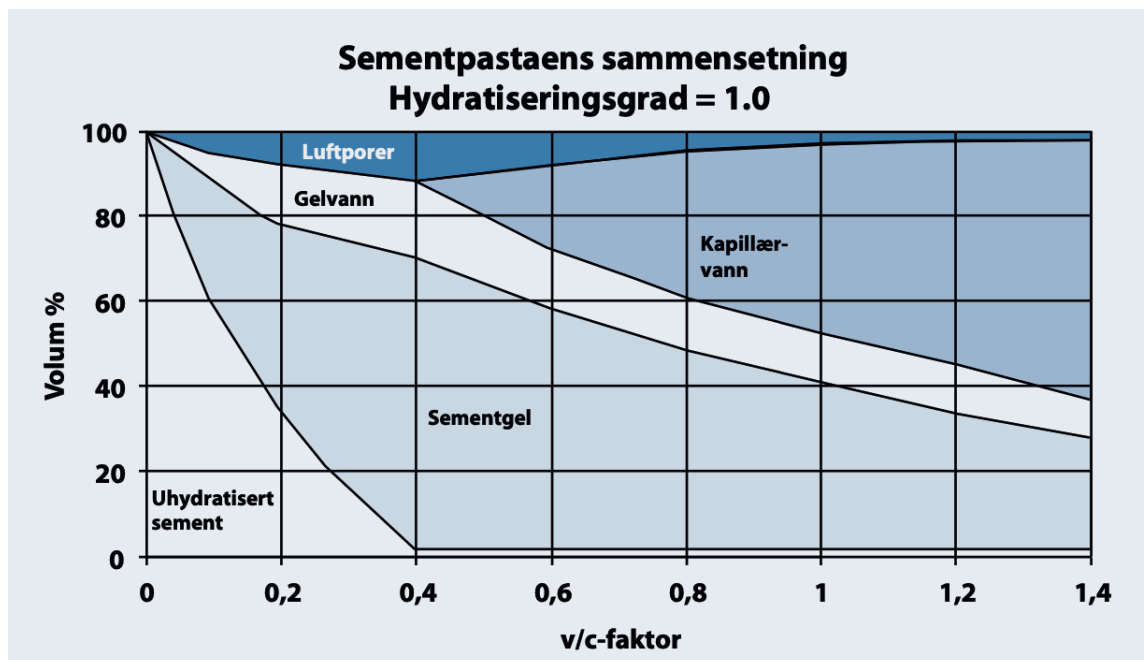
$K$	er permeabiliteten
$q$	er volumfluksen
$\mu$	er væskeviskositeten
$\nabla p$	er gradienten til væsketrykket

Betong med en liten andel av fint tilslag vil ha høy permeabilitet. Sanden som virker som et bindemiddel mellom grovt tilslag og de resterende elementene uteblir, og man får hulrom i betongen. Noen ganger kan det være ønskelig med høy permeabilitet i betongen, for eksempel i betongdekker på gater, parkeringsplasser eller fortau der hvor drenering trengs.

Med bruk av permeabel betong vil vannet kunne renne igjennom, og avrenning av overvann kan reduseres. Det er en enkel og kostnadsbesparende løsning i motsetning til å grave grøfter og rørsystem for å drenere vannet bort. Flere land utnytter seg av denne dreneringsteknologien, og også her i Norge er det vekket interesse for teknologien [16].

I de fleste betongkonstruksjoner ønsker man så lav permeabilitet som mulig. Man ønsker at minst mulig væske eller luft skal trekke inn i betongen, da det på sikt kan redusere kvaliteten og holdbarheten til betongen. Det kan i tillegg føre til korrosjon på armeringen i konstruksjonen. Begynner armeringen å korrodere blir styrken i konstruksjonen betydelig sviktet, som igjen kan føre til store vedlikeholdskostnader, eller i verste fall; kollaps.

For å lage god bestandig betong er det viktig å kontrollere fukttilgangen. Porene i betongen er sterkt avhengig av v/c-tallet i blandingen. Man regner med at når masseforholdet til betongen er 0,40, blir all sement hydratisert. Det vil si at all sement blir omdannet til bindingsmiddel. Ved eventuelt lavere masseforhold vil sementen i mindre grad omdanne seg til bindemiddel, og disse blir liggende igjen som uhydratiserte korn. Ved et høyere masseforhold enn 0,40 vil det bety at det blir mer vann enn nødvendig for å hydratisere all sementen. Dette blir overskuddsvann, og kan danne kapillærporer i betongen. Jo mer vann som tilsettes, jo større porøsitet vil oppstå i betongen. Man kan se i Figur 1 hvor mye kapillærporene øker i volum med økende vannmengde i blandingen.



Figur 1 - Sementpastaens sammensetning [17]

Bestandigheten vil påvirkes av konstruksjonsløsning, materialvalg, utførelse og herding. Betong tilsatt betydelige mengder flygeaske kan forvente noe mer porøsitet i tidlig alder. Flygeasken reagerer langsommere enn ved både vanlig portlandsement og slagg. Det gjør betongen mer følsom for gjennomstrømninger på grunn av en mer åpen porestruktur i tidlig alder. Slagg har også noe langsommere reaksjonstid enn vanlig portlandsement [11].

## 2.4 Kloridinntrengning

Selv om betong er et byggemateriale med høy styrke og god bestandighet, vil også den brytes ned over tid. Hvor fort denne nedbrytingen skjer avhenger av hvilke påkjenninger betongen eksponeres for. En svært vanlig nedbrytningsfaktor er armeringskorrosjon som følge av inntrengning av klorider i betongen. Klorider er de kjemiske forbindelsene som klor danner sammen med grunnstoffer som er mer elektropositive enn seg selv, og sammen med organiske radikaler. Et svært vanlig klorid er natriumklorid, NaCl, som betegnes som vanlig koksalt. Det er sammensatt av positive natriumioner Na<sup>+</sup>, og negative kloridioner Cl<sup>-</sup>. [18]

Inntrengning av klorider kan skje på mange forskjellige måter i betong. De kan være til stede allerede fra betong blir produsert, eller kan trenge inn i løpet av levetiden til konstruksjonen, avhengig av betongens permeabilitet. Uansett hvordan kloridene finner sin måte inn i betongen på, kan det være skadelig for konstruksjonen over tid. Kloridene kan bryte ned oksidfilmen som beskytter armeringen inne i betongen. Når dette oksidsjiktet brytes ned, kan armeringen begynne å korrodere og bæreevnen i konstruksjonen kan svekkes.

Ved tilvirkning av betong kan saltvann eller kloridforurenset tilslag som sjøsand ha blitt brukt, og betongen vil allerede ved byggestart inneholde en del klorider. Det finnes også små mengder klorider i sement og silikastøv som vil kunne påvirke kloridinnholdet. Disse

kloridene som tilføres under tilvirkningen vil fordele seg under blandingen, og bli jevnt fordelt i betongen. En andel av disse kloridene vil binde seg til C<sub>3</sub>A-delen i sementen, mens resten vil være frie kloridioner i porevannet. Det er denne andelen av frie kloridioner i porevannet som er en utfordring, og som vil kunne resultere i korrosjon i armeringen [19].

Betong kan også bli utsatt for kloridinntrengning gjennom sin levetid. Kloridene kommer som regel fra sjøvann eller fra tinesalting [19]. Disse transporteres inn i betongen ved diffusjon, gjennomgang av vann med klorider, kapillært sug eller trykkforskjeller. Kloridmengden vil i tillegg til transport også være avhengig av hvor stor evne betongen har til å binde kloridene. Jo flere kloridioner som binder seg til betongen, jo bedre er det da man får mindre frie kloridioner som kan resultere i armeringskorrosjon. Eksponeringen betongen utsettes for, og permeabiliteten er også betydelig for kloridinntrengningen i løpet av levetiden [11]. I NS EN 206 stilles krav om maksimum kloridinnhold. Denne mengden er uttrykt som andelen kloridioner i prosent av sementmengden i tabell 2:

Tabell 2 - Største kloridinnhold i betong [20]

Anvendelse	Kloridinnhold-klasse <sup>a</sup>	Største Cl <sup>-</sup> -innhold i forhold til sementmasse <sup>b</sup> %
Uten armeringsstål eller annet innstøpt metall, unntatt korrosjonsbestandige løfteinnretninger	Cl 1,00	1,00
Med armeringsstål eller annet innstøpt metall	Cl 0,20	0,20
	Cl 0,40 <sup>c</sup>	0,40
Med spennstålarmoring i direkte kontakt med betong	Cl 0,10	0,10
	Cl 0,20	0,20

<sup>a</sup> Hvilken klasse som skal benyttes for en bestemt anvendelse, avhenger av bestemmelsene som gjelder på betongens brukssted.

<sup>b</sup> Hvis det brukes tilsetningsmaterialer, og det tas hensyn til i sementinnholdet, uttrykkes kloridioninnholdet som en prosentandel kloridioner av sementmassen pluss den totale massen av tilsetningsmaterialer som det er tatt hensyn til.

<sup>c</sup> Ulike kloridinnholdklasser kan tillates for betong som inneholder sementtype CEM III i samsvar med bestemmelser som gjelder på bruksstedet.

For å kunne karakterisere kloridmotstanden i betong måles kloriddiffusjonskoeffisient, D<sub>o</sub>. På grunn av aldring og modning av betongen vil diffusjonskoeffisienten reduseres over tid. Variasjoner med tiden gjelder spesielt for betong tilsatt pozzolaner eller med blandingssementer [21]. Sammenhengen mellom kloriddiffusjonskoeffisient ved 28 dager herding og motstandsevne mot kloridinntrengning er gitt i tabell 3.

Tabell 3 - Sammenheng mellom diffusivitet og motstandsevne mot kloridinntrengning etter 28 døgn [22]

<b>Kloriddiffusivitet, <math>D_{28}</math></b> <b><math>m^2/s \times 10^{-12}</math></b>	<b>Motstandsevne mot klorid- inntrengning</b>
>15	Lav
10 – 15	Moderat
5 – 10	Høy
2.5 – 5	Meget høy
< 2.5	Svært høy

For å finne materiale til å beregne kloriddiffusjonskoeffisienten i betong finnes det flere metoder. Én av de mest brukte metodene er en neddykkingstest i henhold til NT Build 443. Her plasseres testobjektene i en sterkt konsentrert NaCl-løsning, og ligger i løsning i minst 35 døgn. Ved å studere betongstøvet fra disse testobjektene etter 35 døgn, kan man lage en kloridprofil samt finne diffusjonskoeffisienten. Det er en akselerert metode, og vil avvike noe fra naturlige forhold. Metoden er mye brukt både i Norge og internasjonalt [11].

Aktuelle metoder for å måle kloridinnholdet som oppstår i betong er Rapid Chloride Test, Spektrofotometrisk-analyse og Quantab-test.

Rapid Chloride Test (RCT) bestemmer mengden syre- eller vannløselige klorider i betongen. Det gjøres ved å blande utboret betongstøv å blande inn i en oppløsningsvæske. Kloridinnholdet finnes ved å måle spenningen i løsningen med et millivoltmeter og en kloridselektiv elektrode. RCT regnes som en hurtig og nøyaktig metode både i felt og i laboratorium. Utfordringene med metoden er nøyaktig kalibrering og nøyaktigheten som må til ved uttak av betongstøvet [23].

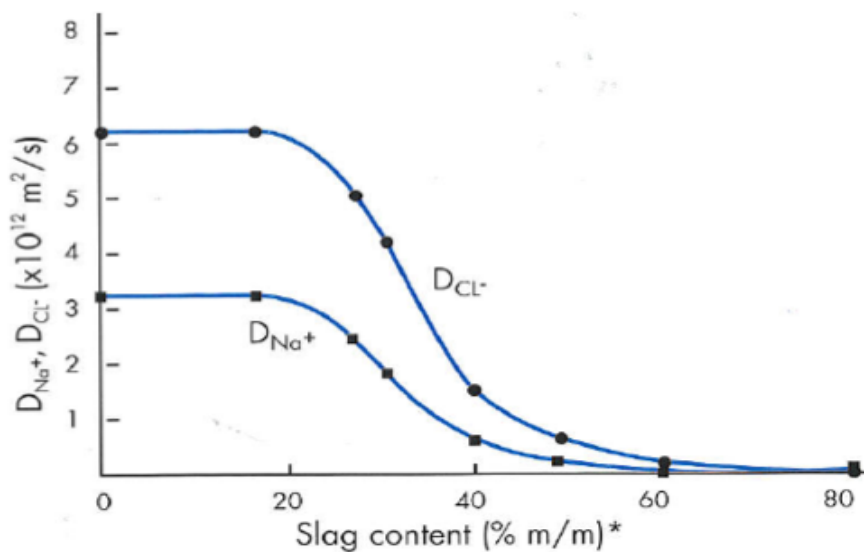
Spektrofotometrisk-analyse skjer ved å analysere de kjemiske forbindelsene ved å se på den elektromagnetiske strålingen som absorberes av stoffet. Betongstøvet oppløses i salpetersyre. Denne løsningen filtreres, og tilsettes kjemikalier som vil danne et kompleksion sammen med kloridene. Kompleksjonen vil få en varierende brunfarge ut ifra kloridinnholdet. Det er denne fargeintensiteten som måles i spektrometeret, og som sammenlignes med verdier fra analysevæskene med kjent kloridinnhold fra kalibreringen. [24]

Ved Quantab-test bestemmes kloridinnholdet ved å blande betongstøvet inn i salpetersyre, for deretter å bestemme kloridinnholdet med Quantab-strimmel. Plaststrimmelen inneholder sølvdikromat. Dette reagerer med kloridionene fra løsningen, og de danner en hvit strek oppover strimmelen. Når den er mettet av væsken vil en svart tverrstrek dannes på toppen av plaststrimmelen. Høyden leses av, og regnes om til kloridmengde ved å bruke en omregningstabell. Resultatet kan være noe unøyaktig i forhold til den andre testene. [24] Quantab-testen er dårlig egnet ved lave kloridkonsentrasjoner [23].

### 2.4.1 Effekt av flygeaske, slagg og silikastøv

Det er blitt vist i en rekke studier at flygeaske, slagg og silikastøv har en positiv effekt på kloridinntrengningen i betong. Egenskapene til tilsetningsmaterialene som ble nevnt tidligere i oppgaven gir nettopp denne effekten. Undersøkelser viser at betongkonstruksjoner med slagginnhold knapt har korrosjon. Samme erfaringer er gjort med flygeaske, og flygeaske kombinert med slagg. Til tross for en senere reaksjon, vil flygeaske ha positiv effekt på kloridinntrengningen på lang sikt. [11]

Selv om effekten av slagg og flygeaske er veldig likt, må man beregne høyere tilsetning av slagg for å få den samme effekten som ved flygeaske. Man kan se stor forskjell på kloriddiffusivitet i betong med varierende slagginnhold, som vist i figur 2. Undersøkelser samlet i Statens Vegvesens rapport nr. 517 [11] viser at slaggmengder < 25% vil gi lite effekt, mens slaggmengder > 40% vil kunne gi stor effekt på kloriddiffusjonen, da forventet maksimal effekt tas ut på rundt 50%. For flygeaske er full effekt tatt ut ved relativt lave mengder i forhold. Basert på forsøk ser man at man får full effekt av flygeaske allerede ved ca. 20% flygeaske av totalt bindemiddel.

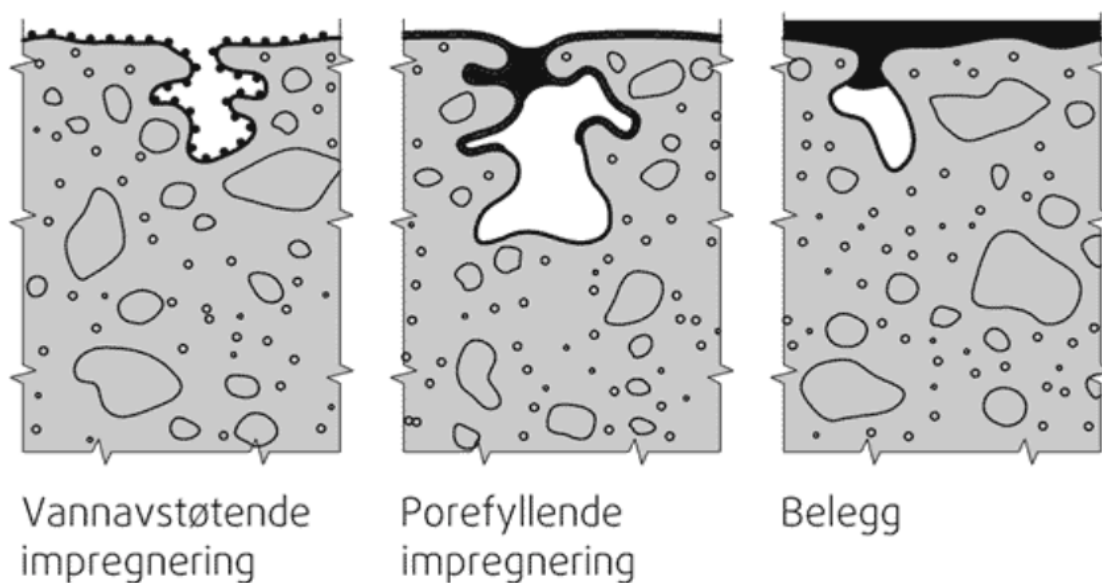


Figur 2 - Effekt av mengde slagg på diffusjon av klorid- og natriumioner for sementpasta med masseforhold 0,60. 28 dagers herding ved 21° C. [11]

Silikastøv alene gir liten langtidseffekt i forhold til slagg og flygeaske. Om det benyttes 7% silikastøv vil også 20 % flygeaske og 70 % slagg oppnå de samme effektene innen 28 døgn, som er relativt kort tid. Kombineres silikastøv med flygeaske eller slagg får man derimot en annen effekt. Silikastøv og flygeaske vil utfylle hverandre og får god effekt både på kort og lang sikt. [11].

## 2.5 Overflatebehandlinger

Hovedformålet med overflatebehandlinger av betong er å forbedre holdbarheten ved å beskytte betongen mot aggressive, som blant annet klorider. Impregnering av betongoverflaten kan ha effekt på både utseende og bestandighet. Formålet med en impregnering er likevel å redusere fuktopptaket i betongen. Den skal altså gjøre betongen hydrofoberende. Det betyr at uten å fullstendig tette overflaten, blir den vannavvisende da den bryter vannets kapillære krefter [19]. Det finnes flere ulike produkter for overflatebehandling, blant annet vannavvisende impregnering, porefyllende impregnering og belegg. Figur 3 illustrerer hvordan de ulike produktene virker på betongoverflaten.



Figur 3 - Illustrasjon over hvordan overflatebehandlingene trekker inn i betongen [25]

Den vannavvisende impregneringen vil gjøre poreveggen i betongen vannavvisende. Det er en hydrofoberende impregnering. Den gir som regel stor reduksjon av kloridinntrengning, typisk 80-95 %. Eksempler på denne overflatebehandlingen er silaner og siloksaner. [26]

Porefyllende impregnering fører til tettende utfellinger i porene. Dette skjer når stoffet treffer kalsium i betongen. Har blandingen store mengder silikastøv eller flygeaske vil dette kunne redusere reaksjonen. Det viser seg at det er lite kloridbremsende på betong med v/b-tall på ca. 0,4. Eksempler på denne typen impregnering er silikater og vannglass. [26]

Belegg lager, til forskjell for impregneringene, en filmdannelse på overflaten av betongen med varierende tykkelse. Dette sjiktet er som regel diffusjonstett, og gir dermed stor reduksjon av kloridinntrengning, som typisk kan være over 90 %. Eksempler på dette er epoksy og slemmemasser. [26]

## 3. Metode

Dette kapitlet redegjør hvilke standardiserte metoder som er blitt benyttet i forbindelsen med den praktiske delen av oppgaven, og hvordan litteratur til teoridelen er blitt samlet.

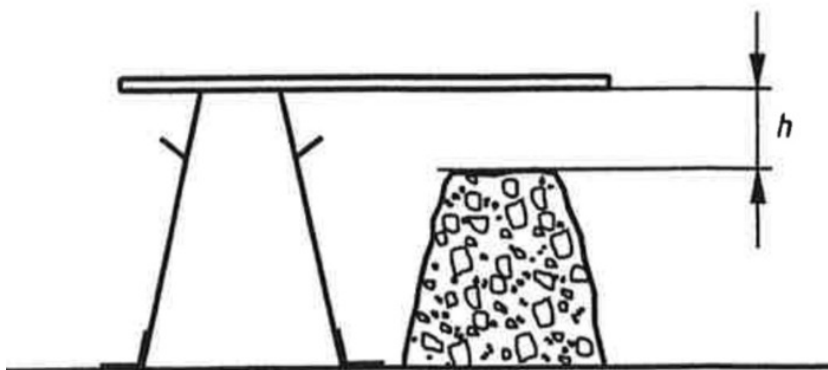
### 3.1 Litteratursøk

For å finne relevant informasjon og tidligere forskning til teoridelen av oppgaven, ble det gjort litteratursøk i ulike databaser og oppslagsverk. Databasen Scopus ble brukt for å identifisere tidligere forskning på feltet, og søkeord som betong, concrete, klorid, chloride og Rapid Chloride Test ble brukt. Google Scholar ble også benyttet for å søke relevant informasjon til oppgaven. Mange relevante masteroppgaver ble funnet under søkene, og kildene fra disse har blitt benyttet til å innhente informasjon til denne oppgaven. Slik har det stort sett bare blitt brukt primærlitteratur isteden for sekundærlitteratur. Dette for å være sikker på at materialet ikke er blitt fremstilt feil eller blitt mistolket av noen av forfatterne.

I tillegg er mye av informasjonen til denne oppgaven hentet fra litteratur fra Universitetsbiblioteket, Store norske leksikon, Norsk Standard, SINTEF Byggforsk og publikasjoner fra Statens Vegvesen og Norsk Betongforening.

### 3.2 Synkmål

For å finne synkmål benyttes NS-EN 12350-2 [27]. En synkkjegle med høyde på 300 mm og diameter på 200 mm i bunn og henholdsvis 100 mm i topp plasseres på en rett plate. Kjeglen presses ned mot underlaget ved å stå på fotstøtten, for å unngå lekkasjer under. Betong fylles opp i tre lag, hvert lag komprimeres. Toppen avrettes, og overflødig betong fjernes. Synkkjeglen løftes deretter opp i en jevn bevegelse i løpet av 2-5 sekunder. Synkmålet måles umiddelbart etter kjeglen er fjernet. Det er høyden mellom kjeglen og betongens høyeste punkt som måles, som illustrert i figur 4. Man kan i henhold til standarden benytte metoden når synkmålet er mellom 10 – 210 mm, men i praksis brukes den opp til 240 mm [28].

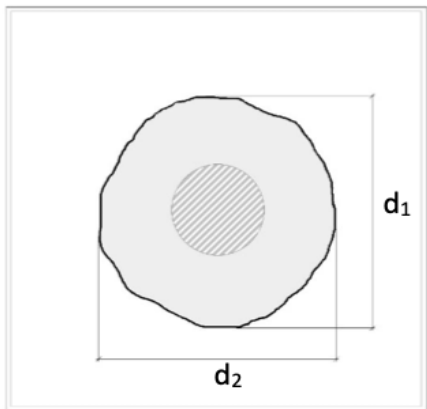


Figur 4 – Synkmål [27]



### 3.3 Synkutbredelse

Synkutbredelse utføres i henhold til NS-EN 12350-8 [29], som har likt utstyr og svært lik prosedyre som ved synkmål. Ved synkutbredelsesmetoden måles det derimot hvor langt betongen brer seg ut, i stede for høyden. Når betongen på platen har stabilisert seg, måles



Figur 5 - Synkutbredelsesmål [39]

diameter  $d_1$  som er den største diameteren, og  $d_2$  som er vinkelrett på  $d_1$ . Dette er illustrert i figur 5. Det skal ikke være mer enn 50 mm forskjell mellom målingene. Resultatet av synkutbredelsen presenteres som gjennomsnittet av  $d_1$  og  $d_2$ , uttrykt til nærmeste 10 mm:

$$SF = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Der

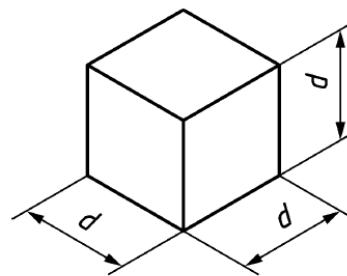
- $SF$  er synkutbredelsen, i mm  
 $d_1$  er største diameter av utbredelsen, i mm  
 $d_2$  er diameter vinkelrett på  $d_1$ , i mm

### 3.4 Utstøpning

Utstøpning av betong skjer i henhold til NS-EN 12390-2 [30]. Formen påføres et tynt lag slippmiddel for å hindre at betongen hefter seg til formen. Formen skal fylles i så mange lag som nødvendig for å oppnå full komprimering, og komprimeres umiddelbart etter den er plassert i formen. Ved selvkompimerende betong fylles formen i én operasjon, og ingen komprimering er nødvendig.

NS-EN 12390-1 [31] krever at prøvelegemets nominelle størrelse,  $d$ , bør være minimum 3,5 ganger større enn største størrelse på tilslaget,  $D_{max}$ .

Prøvelegemene lagres i formen i minst 16 timer, men maksimalt i 3 døgn. De lagres ved en temperatur på  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ , eller  $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$  i varme klima, beskyttet mot støt, vibrasjon og uttørking. Etter avforming herdes prøvelegemene i vann med temperatur på  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .



Figur 6 - Nominell størrelse av terning,  $d$  [31]

### 3.5 Densitet

Densiteten av herdnet betong bestemmes i henhold til NS-EN 12390-7 [32]. For å bestemme densitet må masse og volum måles. Prøvelegemets masse bestemmes ut ifra hvilken tilstand prøvelegemet befinner seg i:

- Som levert: prøvelegemet veies med en nøyaktighet på 0,01 % av prøvelegemets masse. Registreres i kg.
- Vannmettet: Prøvelegemet plasseres i vann til massen ikke endres mer enn 0,2 % ved to veiinger med 24 timers mellomrom. Prøvelegemet tørkes og veies. Registreres i kg.
- Ovnstørr: Prøvelegemet tørkes i en ventilert ovn til massen ikke endres mer enn 0,2 % ved to veiinger med 24 timers mellomrom. Prøvelegemet avkjøles til romtemperatur og veies. Registreres i kg.

For å bestemme prøvelegemets volum kan tre metoder benyttes:

- Ved vannfortrengning: Bestem prøvelegemets masse i vann ved å senke den ned i vann med en opphengsbøyle. Registrer også massen av opphengsbøylens masse i vann. Bestem prøvelegemets masse i luft ved å veie den i luft. Prøvelegemets volum beregnes så etter følgende formel:

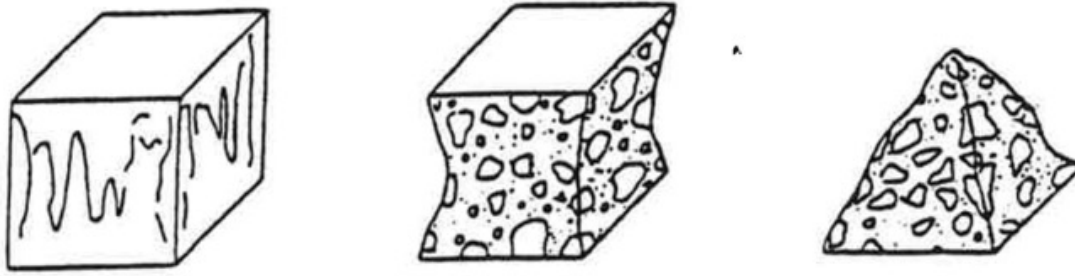
$$V = \frac{m_a - [(m_{st} + m_w) - m_{st}]}{\rho_w}$$

- Ved beregning av faktiske mål: Prøvelegemets volum beregnes på grunnlag av målinger av prøvelegemet. Registreres i m<sup>3</sup>, og avrundes til nærmeste tre desimaler.
- Ved beregning ved bruk av kontrollerte, fastsatte mål (kun for terninger): Prøvelegemets volum beregnes på grunnlag av målene på formen. Registreres i m<sup>3</sup>, og avrundes til nærmeste tre desimaler.

### 3.6 Trykktesting

Trykkfastheten til prøvelegemene bestemmes ut ifra NS-EN 12390-3 [33]. Prøvelegemet skal være en terning, sylinder eller en kjerne som samsvarer med NS-EN 12390-1 og -2. Alle overflater i prøvingsmaskinen skal tørkes rene, og alle løse partikler skal fjernes fra overflatene. Prøvelegemet skal plasseres slik at lasten treffer vinkelrett på støperetningen, og sentreres i forhold til nedre trykkplate. Prøvelegemene belastes jevnt helt til brudd oppstår. Største avleste last registreres, angitt i kN.

Eksempler på brudd som viser at fasthetsprøvingen av terninger er gjennomført på en tilfredsstillende måte er gitt i figur 7:



Figur 7 - Tilfredsstillende bruddform for terningformede prøvelegemer [33]

Trykkfastheten til prøvelegemene skal avgis til nærmeste 0,1 MPa, og bestemmes av følgende formel:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Der

$f_c$  er trykkfastheten i MPa ( $N/mm^2$ )

$F$  er bruddlast i N

$A_c$  er tverrsnittarealet til prøvelegemet som trykkraften virker mot, i  $mm^2$

### 3.7 Akselerert prøvem metode NT Build 443

NT Build 443 omfatter en fremgangsmåte for å bestemme nødvendige parameter for å estimere motstandsevnen til kloridinntrengning i herdet betong. Det er en akselerert prøvem metode. Prosedyren er i sin helhet vedlagt under Vedlegg E.

I henhold til prosedyre lages en saltløsning som består av 165 g ( $\pm 1$  g) NaCl per  $dm^3$  væske. Løsningen kan brukes i 5 uker, før en ny løsning må lages. Vannbadet skal holde temperaturen 21-25°C, med en ønsket gjennomsnittstemperatur på 23°C. Karet skal være helt fylt av saltløsning, og skal være helt tett. Prøvelegemene eksponeres i minst 35 døgn, og vannbadet ristes ukentlig.

Etter eksponering hentes materiale ut lagvis parallelt med den eksponerte overflaten. Minst 8 nivåer må bli tatt ut av prøvelegemet. Analysemetode gjøres i henhold til NT Build 208 eller med en analysemetode med tilsvarende nøyaktighet.

I henhold til NT Build 443 anvendes Fick's 2. lov for finne diffusjonskoeffisient og overflatekonsentrasjon av klorider i betongen ved ikke-lineær regresjonsanalyse ved minste kvadratots metode. Fick's 2. lov formuleres som følgende:

$$\frac{dC}{dt} = D \frac{d^2C}{dx^2}$$

Løsningen av Fick's 2. lov gir kloridinnholdet som funksjon  $C(x,t)$ :

$$C(x, t) = C_s - (C_s - C_i) * \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{D * t}}\right)$$

Der

$C(x,t)$  er kloridinnhold ved dybde  $x$  og eksponeringstid  $t$   
 $C_s$  er kloridkonsentrasjon på betongoverflaten  
 $C_i$  er initialkloridinnhold  
 $\operatorname{erf}$  er feilfunksjon  
 $D$  er kloriddiffusjonskoeffisient

### 3.8 Analysemetode med 14.641 - Kloridinnhold i betong ved RCT-test

Statens Vegvesens prosedyre 14.641 «Kloridinnhold i betong ved RCT-test» omfatter beskrivelse av analysemetode for kloridinnhold i betong ved Rapid Chloride Test. Prosedyren er i sin helhet vedlagt under Vedlegg E.

Betongstøv bores ut av prøvelegemet i samsvar med prosedyre 15.517. For hver dybde som undersøkes, bør prøven være 20 gram. Støvet blandes før det tas ut en representativ porsjon på 1,5 gram til analyse.

Elektroden kalibreres i henhold til prosedyre i brukerveiledning for utstyret. I tillegg til prosedyre i brukerveiledning skal kalibreringen kontrolleres ved prøving av referansestøv med kjente kloridkonsentrasjoner på 0,10 % og 0,25 % klorider i forhold til betongvekt.

Testingen utføres i henhold til brukerveiledningen for RCT-utstyret. Kloridinnholdet avleses fra standard kalibreringskurve som funksjon av avlest spenning på voltmeteret. Dette gir kloridinnhold uavhengig av mengde sement i betongen. Kloridinnholdet bør også angis i forhold til antatt mengde sement i betongen ut ifra følgende formel:

$$Cl^- \text{ i \% av sement} = \frac{Cl^- \text{ i \% av betong} * \text{Densitet av betong}}{\text{Sementinnhold}}$$

## 4. Eksperimentelt

I den eksperimentelle delen forklares det hvordan det praktiske arbeidet på laboratoriet er gjennomført.

### 4.1 Laboratorieprogram

Den praktiske delen av oppgaven ble utarbeidet i betonglaboratoriet ved Universitetet i Stavanger. Hovedmålet med forsøket var som nevnt tidligere å finne kloridinntrengning i tidlig alder, og dermed bestemme diffusjonskoeffisienten,  $D_0$ . Tidlig alder er i denne oppgaven derfor definert til å være fra 0 til 39 døgn. Det ble utarbeidet totalt seks ulike betongvarianter på 27 liter, der sementtype varierer. Minimum ti terninger med dimensjon 100x100x100 mm ble støpt for hver av betongreseptene. Seks av terningene ble brukt til å bestemme trykkfasthet i betongen etter 7, 28 og 56 døgn. De resterende fire terningene ble brukt for å bestemme diffusjonskoeffisienten for kloridinntrengning under følgende forhold:

- Prøvene får ulik overflatebehandling
- Prøvene legges i en sterkt konsentrert NaCl-løsning i minst 35 døgn for eksponering

Eksponeringen i løsningen tilsvarer eksponeringsklasse XS2-XS3, og bestandighetsklassen av betong bør derfor tilsvare M40 eller MF40. Tidsplanen i tabell 4 er laget for å systematisere laboratorieprogrammet, og gi en enkel oversikt over arbeidet.

Tabell 4 - Tidsplan av praktisk oppgave

Testobjekter ID	Støpes	Avformes	Herdes i vannbad	Impregneres	Eksponeres I sjøvann	
A1 - A4 B1 - B4 C1 - C4 D1 - D4 E1 - E4 F1 - F4	Døgn 0	Døgn 1	-	Døgn 2	Døgn 4	Tas opp av sjøvann ved døgn 39, og kloridinnhold testes
A5 - A11 B5 - B11 C5 - C10 D5 - D11 E5 - E12 F5 - F12	Døgn 0	Døgn 1	Døgn 1	-	-	Trykkprøves på døgn 7, 28 og 56.

I forkant av den praktiske delen av oppgaven ble det nødvendige HMS-kurset for å få tilgang til laboratoriet tatt. Sikkerheten ble under hele den praktiske delen ivaretatt ved å benytte nødvendig verneutstyr.

## 4.2 Betongresepter

Alle reseptene i oppgaven har v/c-tallet 0,38 og matriksvolum på 340 l/m<sup>3</sup>. Det er sementtype som varierer i blandingen. Produktdatablad for sementtyper som er brukt ligger vedlagt under Vedlegg F. Disse følgende typene er blitt brukt:

- A. *Resept A består av Norcem Anlegg sement med 6% silikastøv av klinkermengden, CEM I + 6% SF. Anlegg består av ca. 100% Portlandklinker. Silikastøvet ble tilsatt for å tilfredsstille kravet om CEM I utsatt for sjøvann i henhold til NS-EN 206.*
- B. *Resept B består av Norcem Anlegg FA, CEM II/A-V. Anlegg FA er en flygeaskesement som består av 17% flygeaske.*
- C. *Resept C består av Norcem Anlegg FA med 3% silikastøv av klinkermengden, CEM II/A-V +3% SF.*
- D. *Resept D består av Norcem Standard FA, CEM II/B-M. Standard FA er en blandingssement som består av 18% flygeaske.*
- E. *Resept E består av Schwenk Miljøsement, CEM II/B-S. Miljøsementen består av ca. 33% slagg.*
- F. *Resept F består av Schwenk Lavvarmesement, CEM III/B. Lavvarmesementen består av ca. 70% slagg.*

Tilslaget som er blitt brukt i betongblandingene er fra Norstone i Årdal. Fraksjonene 0-8 mm og 8-16 mm er blitt brukt, og disse betraktes som høykvalitetstilslag [7]. Tilslagsgraderingen er vedlagt i Vedlegg A. For å måle fukt i tilslaget 0-8 mm ble det brukt en fuktighetsmåler, Speedy Moisture Test. Prosedyre fra produsent av Speedy Moisture Test ble fulgt, og den ligger vedlagt i kapittel Vedlegg E. Fuktigheten til tilslaget på 8-16 mm antas å være lik null, og trenger derfor ikke å testes for fuktighet.

Tilsetningsstoffet Maipei Dynamon SX-N er av typen superplastifiserende (SP-stoff) ble som nevnt i teoridelen av oppgaven, og er brukt i alle seks reseptene.

Beregning av mengde betong per resept ble gjort ved å finne hvor mange liter som trengs for å lage ti terninger per blanding, og deretter legge til nødvendige mengde for å teste egenskapene til den ferske betongen. Hver blanding ble derfor på 27 liter betong.

Betongreseptene ble beregnet ut ifra Excel-arket betongproposjonering.xls av Sverre Smedplass ved Skanska [34]. Ved å legge inn siktekurve fra tilslag, fuktighet i tilslag, ønsket v/c-tall, ønsket matrisevolum og sementsammensetning ble reseptene som følgende:

Tabell 5 - Betongresept A

Resept A – CEM I + 6% SF	
Materialer	kg/m <sup>3</sup>
0-8 mm	891,4
8-16 mm	891,4
Vann	168,2
Tilsetningsstoff Maipei Dynamon SX-N	5,5
Norcem Anlegg	416,1
Elkem Microsilica	26,6

Tabell 6 - Betongresept B

Resept B – CEM II/A-V	
Materialer	kg/m <sup>3</sup>
0-8 mm	891,4
8-16 mm	891,4
Vann	166,6
Tilsetningsstoff Maipei Dynamon SX-N	5,5
Norcem Anlegg FA	438,5

Tabell 7 - Betongresept C

Resept C – CEM II/A-V + 3% SF	
Materialer	kg/m <sup>3</sup>
0-8 mm	891,4
8-16 mm	891,4
Vann	165,8
Tilsetningsstoff Maipei Dynamon SX-N	5,5
Norcem Anlegg FA	423,2
Elkem Microsilica	13,1

Tabell 8 - Betongresept D

Resept D – CEM II/B-M	
Materialer	kg/m <sup>3</sup>
0-8 mm	891,4
8-16 mm	891,4
Vann	166,6
Tilsetningsstoff Maipei Dynamon SX-N	5,5
Norcem Standard FA	438,5

Tabell 9 - Betongresept E

Resept E – CEM II/B-S	
Materialer	kg/m <sup>3</sup>
0-8 mm	891,4
8-16 mm	891,4
Vann	168,2
Tilsetningsstoff Maipei Dynamon SX-N	5,5
Schwenk Miljøsement	442,5

Tabell 10 - Betongresept F

Resept F – CEM III/B	
Materialer	kg/m <sup>3</sup>
0-8 mm	868,6
8-16 mm	868,6
Vann	175,7
Tilsetningsstoff Maipei Dynamon SX-N	5,8
Schwenk Lavvarmesement	462,3

Fullstendige betongresepter for alle blandinger ligger vedlagt, under Vedlegg B.

### 4.3 Blanding av betong

Betongblanderen fuktes før alle de tørre materialene som stein, sement, sand og silikastøv tømmes i blanderen. Disse blandes i ca. 2 minutter før litt av vannet tilsettes blandingen. Deretter tilsettes resterende av vann og SP-stoffet i blandingen, litt etter litt for å unngå for mye. Når betongmassen er ferdig blandet tømmes den ut i en egnet beholder, og prøving av betongens egenskaper gjennomføres umiddelbart.

### 4.4 Prøving av fersk betong

I og med at det er benyttet selvkomprimerende betong i denne oppgaven, vil ikke synkmålet kunne beskrive betongens støpelighet, da den vanligvis har synkmål over 250 mm [35]. Synkutbredelsesmetoden er derfor best egnet for reseptene i oppgaven. Synkutbredelse utføres i henhold til metode forklart i Metode-delen. For å kategorisere betongen som selvkomprimerende bør utbredelsen være større enn 600 mm i diameter [35]. To av reseptene var derfor av slik konsistens at det i tillegg til synkutbredelse ble tatt synkmål etter beskrevet metode.



## 4.5 Utstøping

Utstøpingen av betongen skjer i henhold til NS-EN 12390-2 som beskrevet i Metode-delen. Formene som benyttes er av dimensjonen 100x100x100 mm. I dette tilfellet utgjør største tilslag 16 mm, og minste nominell dimensjon tillatt blir dermed 56 mm. Dimensjonen på prøvestykkene på 100x100x100 mm er derfor godt innenfor kravet i henhold til standard.

Formene smøres med formolje før fylling. Betongen trenger ingen komprimering på grunn av at en selvkomprimerende resept er benyttet.



Figur 8 - Former til utstøping

Etter utstøping lagres de støpte prøveobjektene godt pakket i plast. Formene avformes 24 timer etter utstøping. Etter avforming legges prøveobjektene for fasthetsprøving i vannbad for herding, til tidspunktet for fasthetsprøvingen. Resterende prøveobjekt pakkes godt i plast.

## 4.6 Overflatebehandling

Prøveobjektene som skal testes for kloridinntrenging blir ca. 1 døgn etter avformingen overflatebehandlet med ulike produkter. Det blir benyttet tre ulike varianter av overflateprodukter. Cur-Imp er en kombinert herdemembran og impregnering mot klorider og karbondioksid. Antipluviol W er en silan- og silikonbasert beskyttende vannavvisende impregnering. Mens Mapecure 1 er en herdemembran basert på parafinoksemulsjon. Produktene påføres etter anvisning fra leverandør som ligger vedlagt i Vedlegg F.

Prøveobjektene som er overflatebehandlet tørkes i nesten 2 døgn før de legges i NaCl-løsningen. Én terning fra hver blanding er uten noen form for overflatebehandling, og blir en referanse opp mot de andre terningene.

## 4.7 Prøving av kloridinntrengning

For å bestemme bestandigheten mot kloridinntrengning er det tatt utgangspunkt i prosedyren NT Build 443 for akselerert prøvemethode.

Prøveobjektene eksponeres for saltvann allerede 4 døgn etter utstøping. Saltløsningen blandes ut ifra beskrevet prosedyre i Metode-delen. For å eksponere alle sider av

prøveobjektene mest mulig i NaCl-løsningen benyttes et stort kar med volum på 213 dm<sup>3</sup>. På grunn av størrelsen på karet fylles det ikke helt opp, men kun slik at prøvene dekkes med ca. 3 cm av løsningen. Det er ikke benyttet destillert vann i løsningen.

Prøveobjektene eksponeres i 35 døgn, før de tas opp og tørkes. Når prøvene er tørre, bores støv ut av prøveobjektene. Det tas ut støvprøver fra 4 ulike dybdeintervaller:

- 0-5 mm
- 5-15 mm
- 15-25 mm
- 25-35 mm

Støvet bores ut ved å benytte en benkboremaskin med vanlig betongbor. Det ble først benyttet et kjernebor til å ta ut støvprøver med, men etter samråd med veileder ble det byttet ut med et vanlig betongbor med 12 mm diameter. Dette var mer effektivt, og enklere å jobbe med.

Boremaskinen har innebygd dybdemåler som sørger for at det ikke bores mer en det aktuelle sjiktet. Sjiktene kontrolleres likevel med skyvelære for hvert intervall. Det er rengjort grundig mellom hvert sjikt slik at støvet ikke blander seg. Rengjøringen blir gjort ved hjelp av støvsuger og kost. Betongstøvet fra boringen samles i små plastposer som navngis etter type betongblanding og dybdesjikt.



Figur 9 - Benkbormaskin

Raphid Chloride Test utføres med prosedyre 14.641 og brukerveiledning fra leverandør som utgangspunkt. Figur 10 viser innhold i RCT-koffert, mens figur 11 viser kalibreringsvæskene med kjent kloridinnhold.



Figur 11 - RCT-koffert



Figur 10 - Kalibrering med kalibreringsvæsker

Kalibrering av elektroden skjer ved å benytte de fire kjente kloridkonsentrasjoner med kloridinnhold på henholdsvis 0.005, 0.020, 0.050 og 0.500 % Cl<sup>-</sup>. Elektroden fylles opp med fuktemidlet og kobles til millivoltmeteret. Elektroden rengjøres med destillert vann mellom hvert kalibreringsnivå. Avlest spenning på voltmeteret og tilsvarende kloridkonsentrasjon plottes inn i diagrammet på arbeidsskjemaet som følger med. Standardkurven tegnes opp ut ifra punktene. En ny kalibrering foretas etter hver 16. prøve. Kalibreringsprosedyren utføres også etter hver 16. prøve for å sørge for at kalibreringen er riktig. Det er ikke gjort noen tilleggskalibrering av referansestøv med kjent kloridinnhold som nevnt i prosedyre 14.641.

Betongstøvet fylles opp i de små ampullene som følger med i kofferten. Disse indikerer 1,5 gram støv med en nøyaktighet på 2 %. Betongstøvet tømmes dermed i flasker med 10 ml utvinningsvæske, og ristes i 5 minutter. Prøvene settes deretter til side i 30 minutter for at utvinningsvæsken skal reagere med mest mulig av kloridionene fra betongstøvet. Etter 30 minutter føres elektroden med fuktemiddel ned i løsningen. Når en stabil måling foretas, plottes den avleste verdien av elektrisk potensial i standardkurven, og man kan lese av kloridinnholdet i % Cl<sup>-</sup> av betongvekt i den vertikale aksene. Det er benyttet destillert vann til rengjøring av elektroden mellom målingen. Slik fortsetter testingen til alle 96 målinger er utført.



Figur 12 - Testing av betongprøver

For å finne kloridprofil og diffusjonskoeffisient til betongen må resultatene fra RCT benyttes til videre regning. Videre regning gjøres i Excel-arket «Kloriddiffusjon.xlsm» [36] framskaffet av veileder. Det er kloridinnhold i % Cl<sup>-</sup> av betongvekt som legges inn i regnearket, derfor blir ikke % Cl<sup>-</sup> av sementvekt regnet ut. På grunn av få målinger interpoleres verdiene for å fylle ut regnearket. I Excel-arket legges verdiene fra RCT-målingene samt eksponeringstid, t, inn. Regnearket baserer seg på Fick's 2. lov ved utregning av diffusjonskoeffisienten D<sub>0</sub> og kloridkonsentrasjon C<sub>0</sub> ved overflaten, som ble beskrevet i teoridelen. I denne oppgaven er det kun fokusert på diffusjonskoeffisienten til prøveobjektene.

## 4.8 Prøving av herdnet betong

Densiteten av herdnet betong bestemmes i henhold til standard beskrevet i Metode-delen. Prøveobjektene tas ut av vannbadet, og overflødig vann tørkes av. Massen veies i luft. Volumet av prøvelegemene bestemmes ved beregning på grunnlag av fastsatte mål,

da terningene er uten noen sår eller uregelmessigheter, og tilfredsstillende kravene i NS-EN 12390-1.

Trykkfastheten til prøvelegemene bestemmes ut ifra NS-EN 12390-3 som er beskrevet under Metode. Til bestemmelse av trykkfasthet benyttes trykkpressen Toni-Tech Machine 3000 kN på betonglaboratoriet ved Universitetet i Stavanger.

Formelen gitt i kapittel 3.6 er benyttet til å regne ut trykkfasthet, der trykkraften,  $F$ , hentes fra testrapportene som er vedlagt i Vedlegg C. Tverrsnittarealet av terningene regnes ut til  $10\,000\text{ mm}^2$ .

Det er foretatt prøving av trykkfasthet av 2-3 terninger fra hver resept etter 7, 28 og 56 døgn.



Figur 13 - Testing av trykkfasthet

## 5. Resultat

### 5.1 Betongegenskaper

To av blandingene var av slik konsistens at det bør måles synkmål. Resten av blandingene er blitt målt med synkutbredelse på grunn av sin flytende konsistens, da synkmålet vil bli for høyt i forhold til følsomheten som dekkes i NS-EN 12350-2. Se tabell 11 for resultat av synkmål og synkutbredelse.

Tabell 11 - Synkutbredelse og synkmål

Synkmål og synkutbredelse [mm]				
Resept	Synkutbredelse	Synkutbredelse	Synkutbredelse	Synkmål
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	SF	
A – CEM I + 6% SF	490	510	500	257
B – CEM II/A-V	750	750	750	-
C – CEM II/A-V + 3%SF	700	700	700	-
D – CEM II/B-M	620	620	620	-
E – CEM II/B-S	500	510	505	235
F – CEM III/B	700	750	725	-

Densitet finnes ved å dele massen på volumet av terningene. Gjennomsnittlig densitet for hver resept etter 7 og 56 døgn er gitt i tabell 12.

Tabell 12 - Densitet av betong

Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]						
Resept	A CEM I + 6%SF	B CEM II/A-V	C CEM II/A-V + 3%SF	D CEM II/B-M	E CEM II/B-S	F CEM III/B
7 døgn	2460	2410	2460	2430	2470	2450
56 døgn	2370	2300	2380	2380	2380	2350

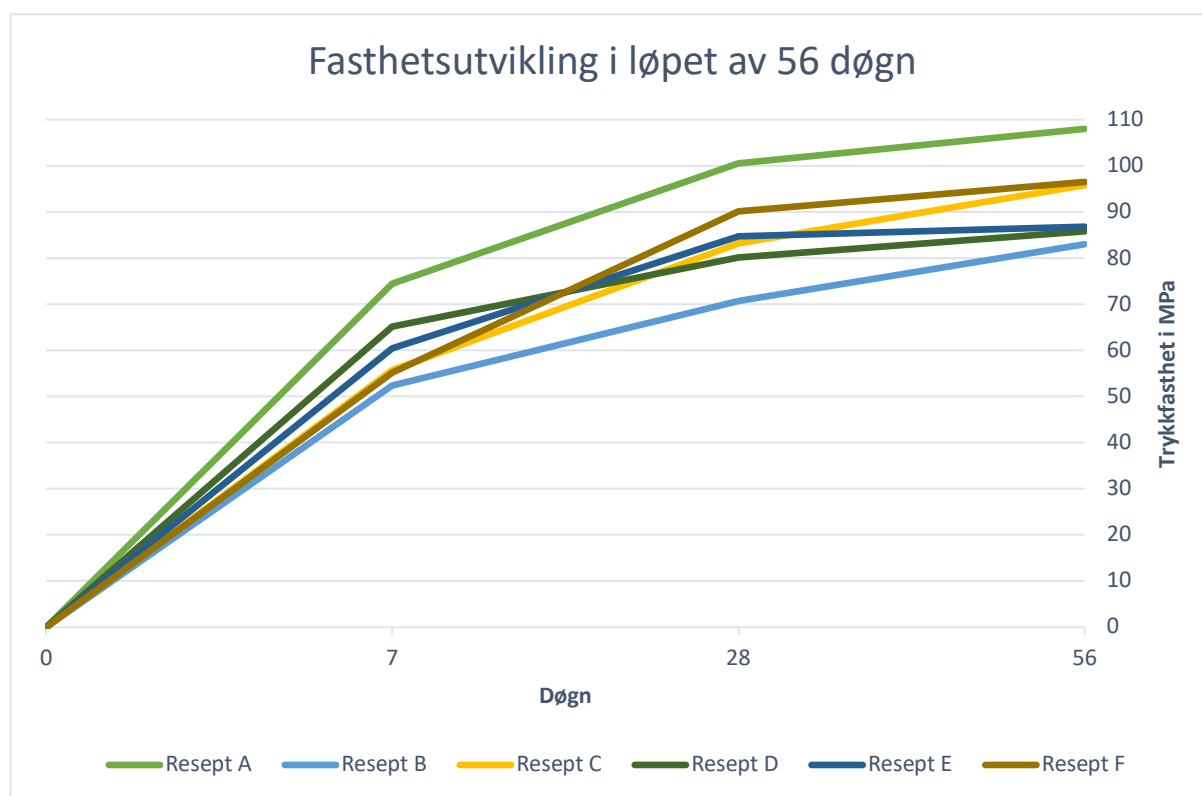


## 5.2 Fasthetsutvikling

Prøving av trykkfasthet av betongen er foretatt etter 7, 28 og 56 døgn etter utstøping. Resultatet presenteres i tabell 13 og figur 14. Diagrammet i figur 14 er lagt med for å enklere se utviklingen av trykkfastheten mellom de seks ulike betongblandingene gjennom herdetiden på 56 døgn. Det er gjennomsnittet av hver resept etter 7, 28 og 56 døgn som presenteres.

Tabell 13 - Fasthetsutvikling av betongresepter

Trykkfasthet [MPa]			
Betongresept	7 døgn	28 døgn	56 døgn
A – CEM I + 6% SF (Anlegg)	74,4	100,6	108,0
B – CEM II/A-V (Anlegg FA)	52,4	70,7	83,0
C – CEM II/A-V + 3% SF (Anlegg FA)	55,7	83,2	95,8
D – CEM II/B-M (Standard FA)	65,1	80,2	85,8
E – CEM II/B-S (Miljøsement)	60,5	84,7	86,8
F – CEM III/B (Lavvarmesement)	55,2	90,1	96,5

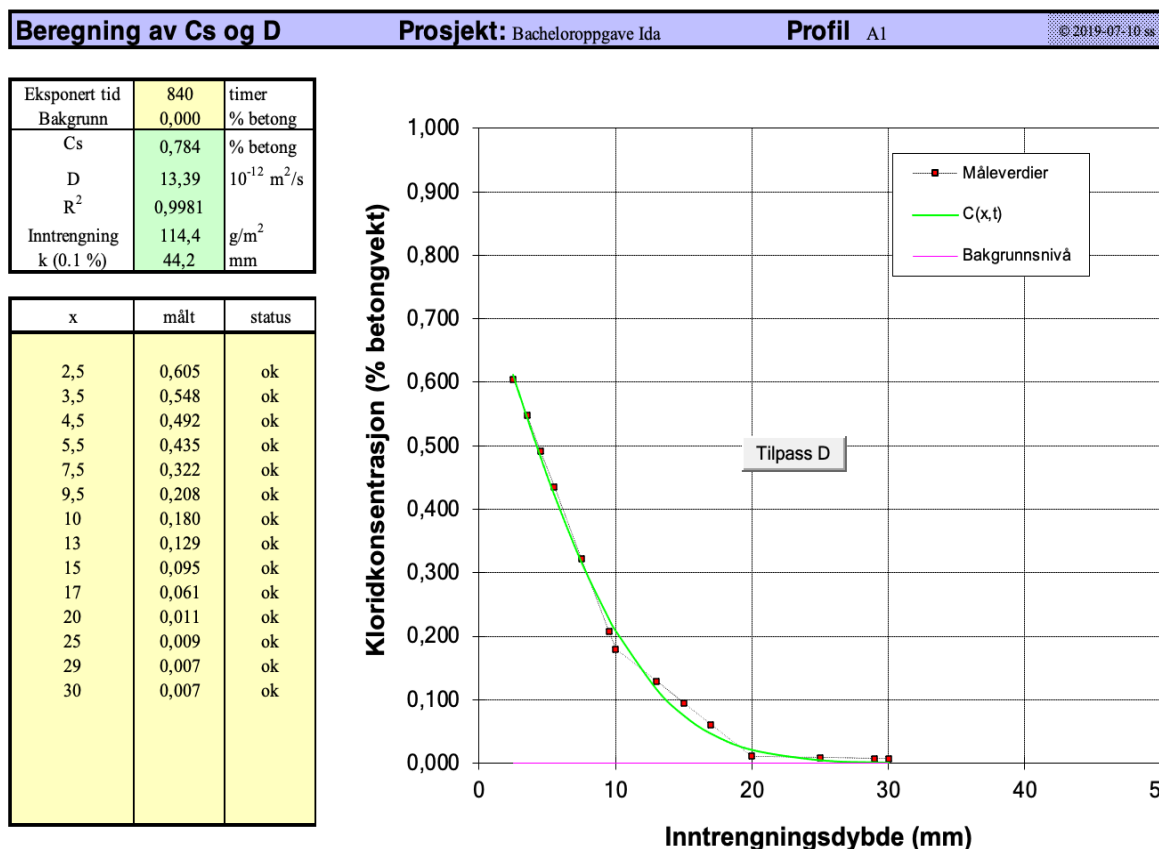


Figur 14 - Fasthetsutvikling av betongresepter

### 5.3 Kloridinntrengning

Eksempel på kloridprofilen fra Excel-arket er gitt i figur 15.  $C_s$  viser overflatekonsentrasjonen av klorid, og  $D$  diffusjonskoeffisienten av prøveobjekt A1, som er referanseprøven til resept A. Kloridprofilene til alle de resterende prøveobjektene ligger under Vedlegg D.

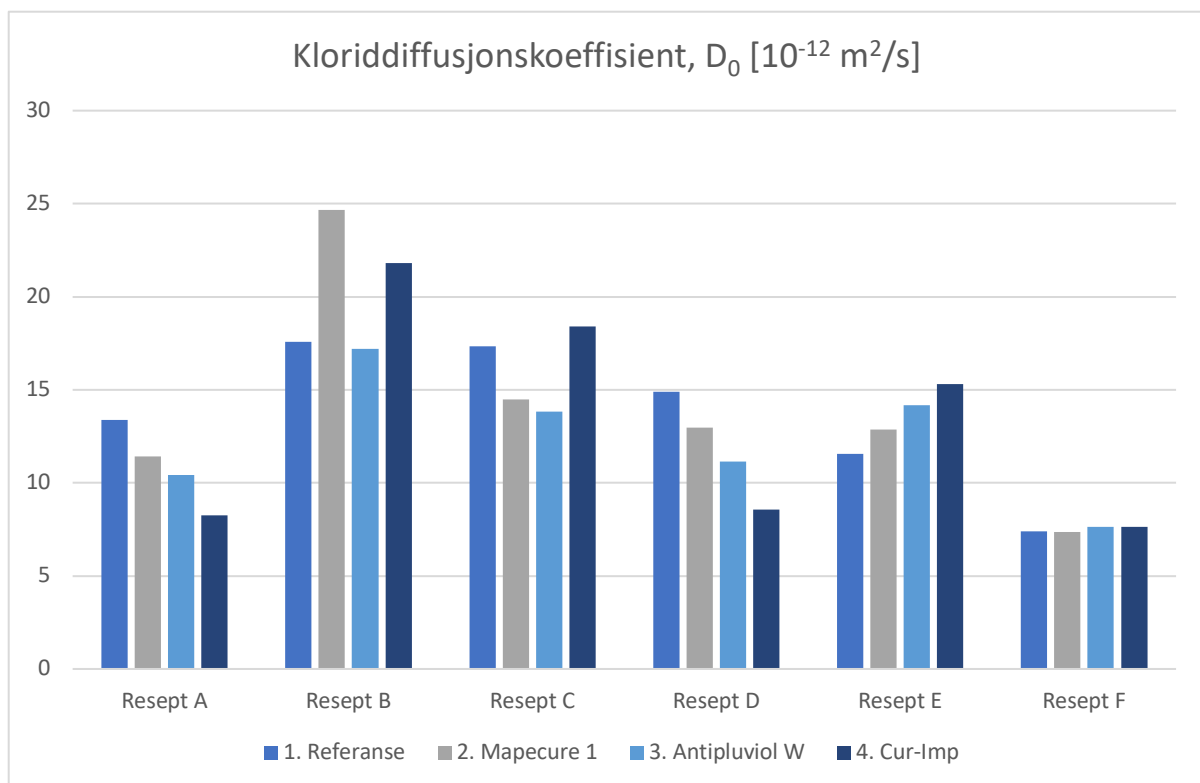
Diffusjonskoeffisienten,  $D_o$ , til alle de prøveobjektene er i stede for å presentere alle kloridprofiler, samlet i tabell 14 og figur 16 på neste side for å få enkel oversikt over resultatet.



Figur 15 - Eksempel på kloridprofil, dette fra terning A1

Tabell 14 - Kloriddiffusjonskoeffisient av betong

Diffusjonskoeffisient, $D_0$ [ $10^{-12}$ m <sup>2</sup> /s]				
	1. Referanse	2. Mapecure 1	3. Antipluviol W	4. Cur-Imp
<b>A</b> – CEM I + 6% SF (Anlegg)	13,39	11,43	10,41	8,26
<b>B</b> – CEM II/A-V (Anlegg FA)	17,57	24,68	17,21	21,82
<b>C</b> – CEM II/A-V + 3% SF (Anlegg FA)	17,35	14,47	13,84	18,41
<b>D</b> – CEM II/B-M (Standard FA)	14,91	12,97	11,13	8,57
<b>E</b> – CEM II/B-S (Miljøsement)	11,54	12,86	14,16	15,31
<b>F</b> – CEM III/B (Lavvarmesement)	7,39	7,36	7,62	7,63



Figur 16 - Kloriddiffusjonskoeffisient av betong



## 6. Diskusjon

I dette kapitlet drøftes resultatene. Ingen krav ble satt før testing, men det ble satt noen forventninger til resultatene basert på teorien beskrevet i oppgaven. Diskusjonen fokuserer på hvordan de to ulike faktorene sementtype og overflatebehandling påvirker egenskapene til betongen i form av permeabiliteten og trykkfasthet. Mulige feilkilder som kan ha påvirket resultatet presenteres også i dette kapitlet.

### 6.1 Betongegenskaper

Resultat av synkutbredelse og synkmål som er presentert i tabell 11, viser at det er noe variasjon mellom de ulike blandingene, selv om reseptene var bortimot identiske, om man ser bort i fra sementinnholdet. Av de to verdiene av synkutbredelse som er målt under 600 mm, ble det i tillegg tatt synkmål da de faller under synkutbredelsen som er normal for selvkompimerende betong. Synkmål for betong med flytende konsistens kan ifølge kompendiet TKT 4215 ligge mellom 100-250 mm [35].

Alle reseptene foruten A ligger innenfor kravene satt for enten synkmål eller synkutbredelsesmål. Resept A faller midt imellom selvkompimerende og vanlig betong, da synkmålet er litt for høyt, mens synkutbredelsen for lav i forhold til kravene i standarden. Ellers var alle blandingene enkle å jobbe med, og prøveobjektene fikk svært lite sår og uregelmessigheter i overflaten. Valget om å bruke selvkompimerende betong ble tatt underveis for å gjøre arbeidet under utstøping enklere og raskere, da laboratoriet hadde mangel på kapasitet under perioden med utstøping.

Resultatet av målt densitet av herdnet betongen er gitt i tabell 12. Alle reseptene er innenfor intervallet 2000 – 2600 kg/m<sup>3</sup>, som karakteriserer normal betong. Det er ingen store variasjoner i målingene etter 7 døgn, men etter 56 døgn reduseres tettheten. Denne utviklingen er ikke som forventet. Tettheten skal ved normale forhold øke med tiden. I samråd med veileder, konkluderes det med at dette ikke kan forklares på noen annen måte enn at målefeil har blitt gjort.

For å fastsette egenskapene til betong bør også luftinnhold og densitet av fersk betong undersøkes. Etter drøfting med veileder og ansvarlig ved laboratoriet, ble ikke disse målingene gjennomført i denne oppgaven, da oppgaven var veldig stor i seg selv, og det var svært begrensede ressurser på laboratoriet i perioden med utstøping.

### 6.2 Trykkfasthet

Trykkfastheten av prøveobjektene ble utført 7, 28 og 56 døgn etter utstøping. Som nevnt tidligere ble 2-3 prøvestykker fra hver betongresept testet hver gang, og snittet av disse er presentert som resultatet i tabell 13. Totalt 2 terninger ble fjernet fra testresultatet på grunn av ikke anvendbart resultat. De hadde ujevnheter i overflaten som ble lagt opp mot lasten

under testing. Det gjorde at lasten ble feil fordelt over overflaten, og terningene gikk til brudd veldig tidlig i testen. Dette gjelder for terningene D5 og F5, henholdsvis fra resept D og F. De ble tatt bort fra resultatet for å ikke dra ned den gjennomsnittlige trykkfastheten til reseptene betraktelig. Noe som ville gitt et uriktig resultat. Ellers fikk alle prøveobjektene en tilfredsstillende bruddform i henhold til standarden som vist i figur 7.

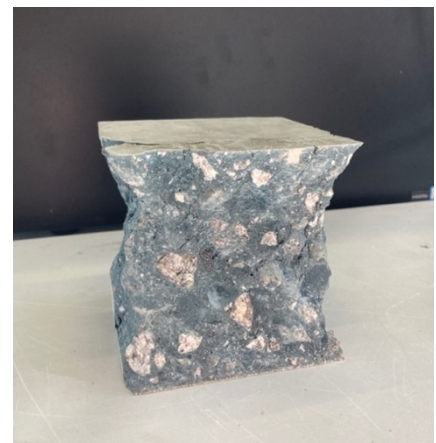
Resultatene av trykkfasthet er presentert i tabell 13, og i figur 14 kan man se fasthetsutviklingen i løpet av herdeforløpet. Der kommer det tydelig fram at alle reseptene hadde en økende fasthetsutvikling ved økende alder, som forventet innledningsvis i oppgaven.

Etter 7 døgn er det resept A med Norcem Anlegg som bindemiddel som har høyest trykkfasthet. Det er som forventet da Norcem Anlegg er en sementtype med høy fasthet på grunn av det høye innholdet av Portlandklinker. Etter bare 7 døgn kan man foreløpig ikke se noen spesiell effekt av tilsatt silikastøv. Det bare er 3,3 MPa som skiller resept B og C med Anlegg FA henholdsvis med og uten tilsatt silika. Resept D med Standard FA har overraskende nok relativt høy tidligfasthet, til tross for flygeaskeinnholdet som vil retardere herdeutviklingen.

Ved neste trykkfasthetsprøving, etter 28 døgn, kan man begynne å se effekten av silikastøvet i resept C, da den har utviklet 17,7% høyere fasthet enn resept B uten silika. Etter 28 døgn begynner man også å se effekten av slagg som bindemiddel. Fastheten til resept E og F med slagg øker i betraktelig grad. Porøsiteten til resept F ble tydelig under trykktesting ved 28 døgn, da prøveobjektene fikk et svært eksplosivt brudd ved bruddlast.

Etter siste test ved 56 døgn begynner fastheten å flate seg ut for resept D og E, og det forventes ikke noen særlig økning i trykkfasthet ved økende alder. Resept A og F ser fortsatt ut til å ha en liten grad av økning, mens resept B og C fortsatt har en stigende kurve. Man fortsetter å se effekten av silikastøvet også ved 56 døgn.

Resept B med Anlegg FA som bindemiddel hadde lavest trykkfasthet gjennom hele herdeforløpet. Resept B ble tilsatt litt for mye SP-stoff under blanding, og ble veldig flytende i konsistensen. Blandingen skilte seg ikke, så det ble fastslått å gå videre med blandingen. For å utelukke svakheter ble terningene fra resept B grundig sjekket under fasthetsprøvingen, og alle fikk en tilfredsstillende bruddform som i figur 17. Resepten kom likevel lavest ut på trykkfasthet. Det har trolig ikke noe med konsistensen å gjøre siden den ikke skilte seg ved blanding, men det kan tenkes at den retarderende effekten av SP-stoffet kan ha noe innvirkning på fasthetsutviklingen. Man kan se i fasthetsutviklingen at resept B har jevnest økende fasthet gjennom herdeforløpet, og at kurven fortsatt er stigende ved 56 døgn.

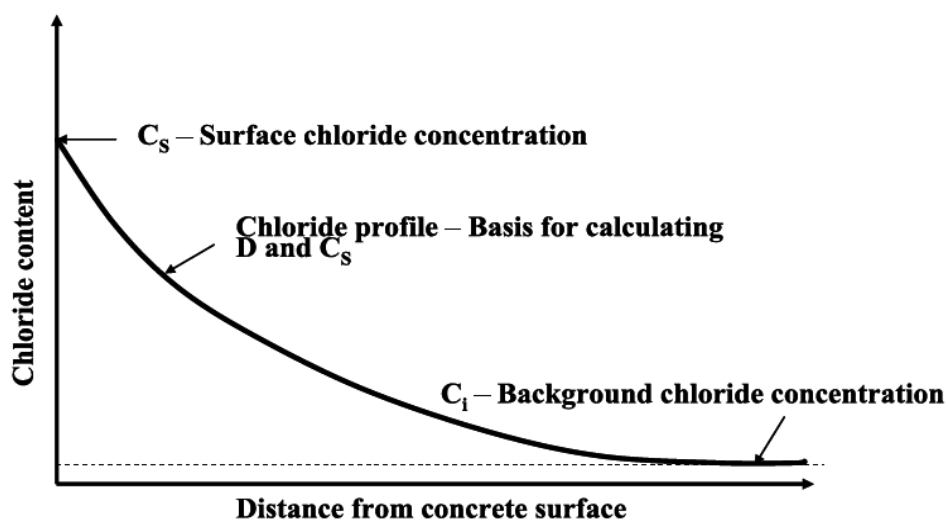


Figur 17 - Tilfredsstillende bruddform, resept B ved 28 døgn

### 6.3 Kloridinntrengning

Resultatene av diffusjonskoeffisienten av de seks ulike reseptene med ulik overflatebehandling er gitt i tabell 14 og figur 16 under Resultat. Resultatet settes her opp mot hverandre for å studere hvilken innvirkning sementtype og overflatebehandling har på kloridinntrengning i betongen i tidlig alder.

Resultatet fra måling av diffusjonskoeffisientene viser stor variasjon, spesielt i forhold til overflatebehandlingen av prøveobjektene. Forskning samlet i Statens Vegvesen rapport nr. 517 viser også til veldig tvetydige resultater ved måling av diffusjonskoeffisient selv ved liten variasjon i betong og eksponering [11]. Alle prøveobjektene fikk derimot en kloridprofil lignende på figur 18, med et synkende kloridinnhold ved økende dybde.



Figur 18 - Prinsipielt kloridprofil [37]

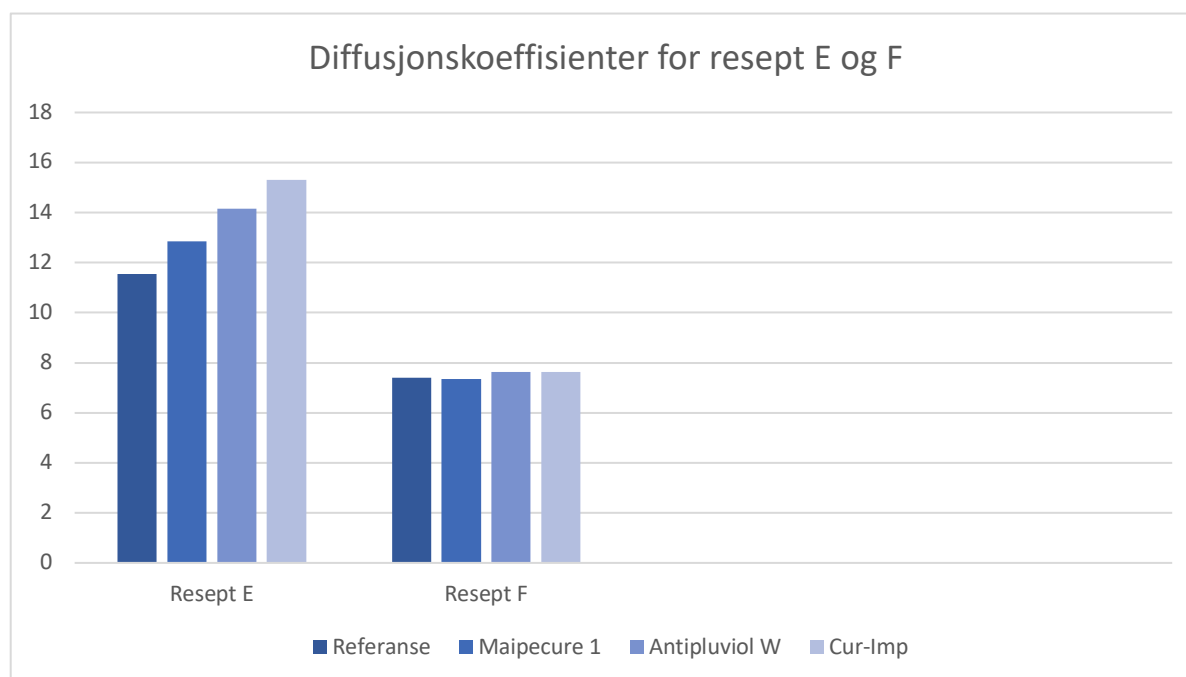
Noen av kloriddiffusjonskoeffisientene som er funnet i oppgaven har avvikende verdier sammenlignet med resten. Verdiene markert grønn i tabell 15 avviker i stor grad fra forventningene om at prøveobjektene med overflatebehandling vil ha lavere diffusjonskoeffisient enn referanseobjektet. Verdiene markert rødt avviker stor grad i forhold til de andre verdiene målt av samme resept. Det er grunn til å tro at unøyaktigheter og feil må ha vært med på å påvirke underveis. Feilkildene forklares mer utdypende i kapittel 6.4 Feilkilder.

Tabell 15 - Diffusjonskoeffisienter med uanvendbare resultater markert rødt

Diffusjonskoeffisient, $D_0$ [ $10^{-12}$ m <sup>2</sup> /s]				
	1. Referanse	2. Mapecure 1	3. Antipluviol W	4. Cur-Imp
A – CEM I + 6% SF (Anlegg)	13,39	11,43	10,41	8,26
B – CEM II/A-V (Anlegg FA)	17,57	24,68	17,21	21,82
C – CEM II/A-V + 3% SF (Anlegg FA)	17,35	14,47	13,84	18,41
D – CEM II/B-M (Standard FA)	14,91	12,97	11,13	8,57
E – CEM II/B-S (Miljøsement)	11,54	12,86	14,16	15,31
F – CEM III/B (Lavvarmesement)	7,39	7,36	7,62	7,63

### 6.3.1 Effekt av sementtype

Man ser tydelig forskjell på resept E og F med henholdsvis 33% og 70% slagginnhold i sementen. Som teorien tidligere i oppgaven beskriver, må det større mengder slaggtil for å få betydelig effekt mot kloridinntrengning. Resept F med 70% slagginnhold har klart bedre evne til å motstå inntrengning av klorider enn resept E, som vist i figur 19. Resept F er også den som har høyest motstand mot kloridinntrengning av alle reseptene benyttet i oppgaven.

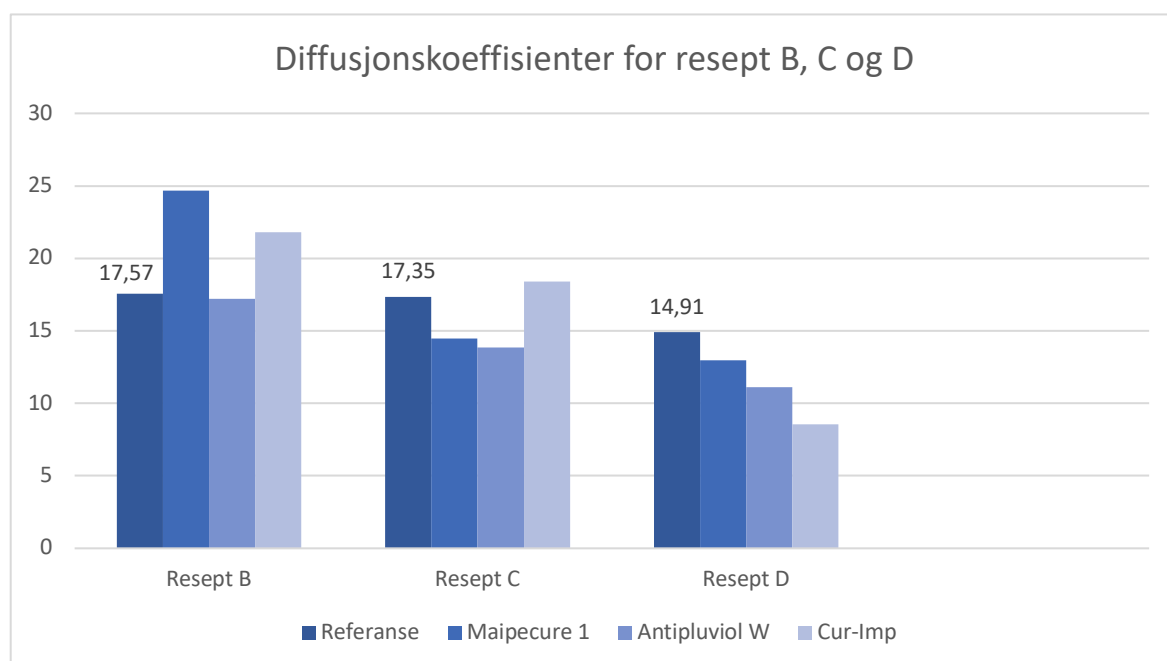


Figur 19 - Diffusjonskoeffisient for resept E og F med ulik slaggmengde

Resept B, C og D har alle Portland flygeaskecement som bindemiddel, henholdsvis Anlegg FA og Standard FA. Sammenligning mellom disse reseptene kan sees i figur 20. Full effekt av flygeaske er forventet tatt ut ved flygeaskeinnhold på ca. 20% av bindemiddelet. Alle tre reseptene har et flygeaskeinnhold rett under 20%, og man kan derfor forvente opp imot full effekt. Likevel ser man ingen særlig positiv effekt etter 35 døgn med eksponering. Flygeasken er den som reagerer mest langsomt, og er derfor også mer utsatt for kloridinntrengning i tidlig alder. Ettersom flygeaske har en langsommere reaksjonstid enn slagg var det forventet at resept B, C og D ville få en noe høyere diffusjonskoeffisient enn resept E og F.

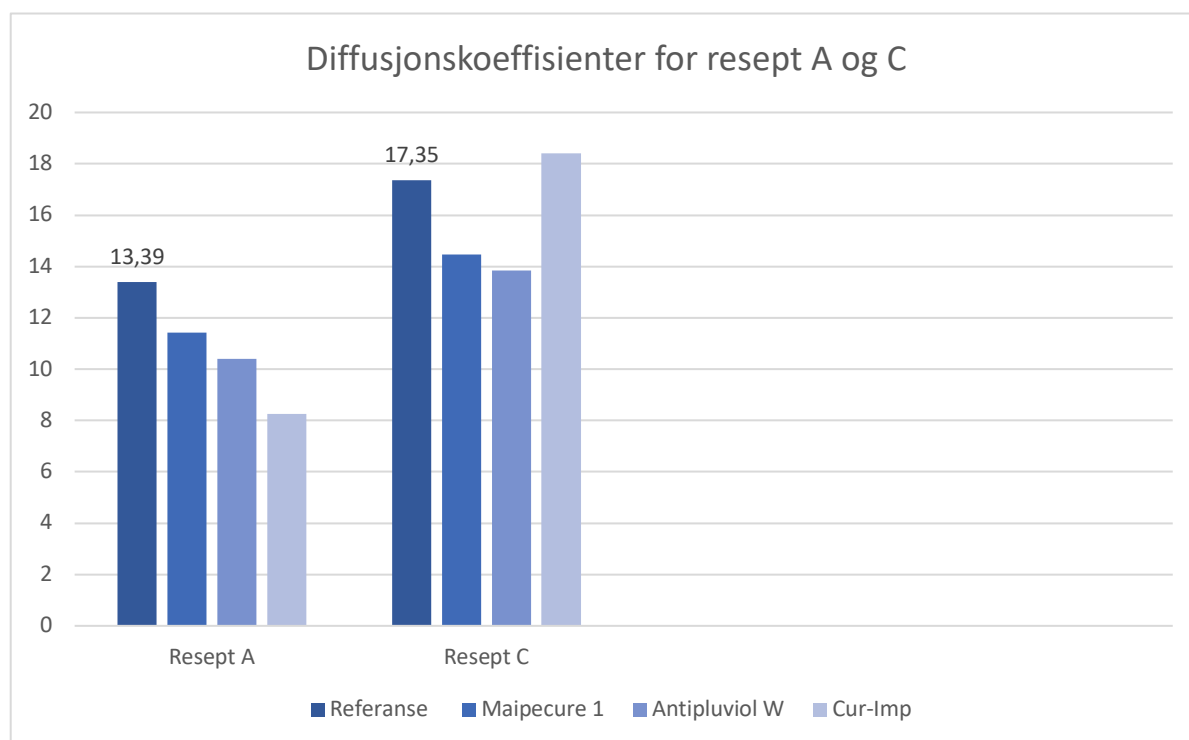
Betongblanding B og C har helt lik resept, foruten at C har tilsatt 3% silikastøv. Innvirkningen av silikastøv forventes å være positiv på kloridmotstand i betongen. Ser man kun på referanseobjektene av resept B og C, er forskjellen på diffusjonskoeffisient mellom reseptene kun  $0,24 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ . Det er ubetydelig forskjell, og mindre enn forventet ved bruk av silikastøv. Ser man også på prøveobjektene med overflatebehandling kan man derimot se en liten effekt av silikastøvet i resept C. Minste verdi målt ved resept C var prøveobjektet behandlet med Antipluviol W. Grunnen til at man ser relativt liten effekt av silikastøv kan være på grunn av at andel silika er veldig lav i resepten, kun 3% av klinkermengden. Resept B har vurdert ut ifra tabell 3 lav motstandsevne mot kloridinntrengning, og resept C har lav til moderat motstandsevne.

Resept D er den eneste med Standard FA som sementtype. Det blir derfor mest naturlig å sammenligne med Anlegg FA på grunn av at begge sementtypene 17-18% flygeaske innblandet. Standard FA kommer best ut blant disse tre blandingsene, og har en moderat til høy motstandsevne mot inntrengning av klorider.



Figur 20 - Diffusjonskoeffisient av resept B, C og D med sementtype Anlegg FA og Standard FA

Resept A er den eneste blandingen med ren portlandsklinker som bindemiddel. Det stilles krav i henhold til NS-EN 206 om minimum 6% silikastøv av klinkermengden i CEM I. Dette er derfor tilsatt i resepten. Som poengtert tidligere vil silikastøv gi god effekt på kloridinntrengningen, og ut ifra resultatet i denne oppgaven har blandingen gode egenskaper til å stå imot kloridinntrengning. Den får mye lavere diffusjonskoeffisient enn blanding C som hadde kun 3% silikainnhold. Reseptene er ikke direkte sammenlignbare siden bindemiddelet er forskjellig, men man ser i figur 21 at resept A har bedre permeable egenskaper enn resept C.



Figur 21 - Diffusjonskoeffisient av resept A og C med henholdsvis Anlegg og Anlegg FA, og tilsatt silika

35 døgn er svært lav alder for en betongkonstruksjon, og dens kloridinntrengning. Basert på forskning gjort av SINTEF, konkluderes det med at man ser først full effekt av flygeasken når eksponeringstiden øker til 1-2 år ved naturlig eksponering av sjøvann [38]. Siden det er benyttet en akselerert metode inne i laboratorium i denne oppgaven, vil reaksjonen skje noe raskere enn ved naturlige forhold. Man kan derfor få et godt bilde på hvor motstandsdyktig betong er mot klorider allerede i ganske tidlig alder. Flygeaskens reaksjon vil likevel sannsynligvis fortsette å fortette betongen, og dermed også øke evnen til å motstå inntrengning av klorider i økende alder etter 35 døgn. Dette bør også tas i betraktning når man ser på resultatet i oppgaven.

### 6.3.2 Effekt av overflatebehandling

Effekten de ulike overflatebehandlingene har på kloridinntrengningen er presentert i tabell 14 og figur 16. Resept A og D er de eneste som samsvarer med forventningen til effekten av overflatebehandling. Altså, at referanseobjektet har høyest diffusjonskoeffisient og

prøveobjektene med behandlet overflate lavere. Resept E og B har helt uforventet resultat der referanseprøven har lavere diffusjonskoeffisient enn prøvene med impregnering. Det virker usannsynlig at prøveobjektet som er ubehandlet har høyere motstand mot klorider enn prøveobjektet som er impregnerert med Cur-Imp og Antipluviol W. Resultatene fra resept F ser ut til å være upåvirket av overflatebehandlingen.

Til tross for svært varierende effekt, ser man betydelig effekt ved enkelte resepter. Mapecure 1 har en effekt, til tross for at den er ment til å redusere fukttap ved å unngå fordamping. Man ser at Antipluviol W og Cur-Imp har større positiv innvirkning på kloridmotstanden i betongen. Både Antipluviol W og Cur-Imp er impregneringer, og med bakgrunn i teoridelen i oppgaven har vannavvisende impregneringer vist seg å gi stor reduksjon i kloridinntrengning, noe som bevises her.

## 6.4 Feilkilder

En del av resultatet fra den praktiske delen av oppgaven avviker fra som var forventet basert på teori og erfaringer. Resultatene viser som nevnt svært stor variasjon, og utfallet kan virke litt tilfeldig. Det kan være grunn til å tro at resultatene kan være påvirket av feilkilder. Årsaken til disse avvikene kan være mange faktorer. Det kan være selve gjennomføringen og andre vurderinger under det praktiske arbeidet på laboratoriet som kan ligge til grunn.

Feilkilder som kan ha påvirket effekten av overflatebehandlingen er tidspunktet for påføring. Det er viktig at impregnering og herdemembran påføres så fort prøveobjektene er tatt ut av formen, for å unngå for tidlig uttørking. Påføringen ble ikke gjort før 1 døgn etter avforming. Prøveobjektene var i mellomtiden oppbevart i romtemperatur godt pakket i plast. I tillegg ble alle overflateproduktene påført med vanlig kost i stede for sprøyte. Produktdatabladet til Cur-Imp spesifiserer at den bør påføres med sprøyte for best resultat.

En faktor som kan ha påvirket effekten av de ulike sementtypene er hvilken temperatur prøvene ble utsatt for under eksponeringstiden. Sjøbadet med prøveobjektene neddykket i saltvann ble oppbevart i romtemperatur på gjennomsnittlig 20° C, på grunn av størrelsen på karet som ble benyttet. Ønsket gjennomsnittstemperatur i henhold til prosedyre er 23°C. Temperaturen i vannbadet er derfor ikke vært helt tilfredsstillende, og kan i verste fall ha redusert reaksjonstiden på pozzolanene noe.

For et presist resultat av diffusjonskoeffisienten er nøyaktighet ved uttak av betongstøv svært viktig. Under utboring ble det bruk en benkboremaskin. Uttak av støv med bormaskin ansees som mer unøyaktig enn ved fresing av betongkjerner, og kan ha vært med på å forårsake et unøyaktig resultat [23]. I tillegg ble det brukt et mindre bor enn det stilles krav om i prosedyre 014.641. Boret benyttet ved uttak av støv hadde en diameter på 12 mm, mens kravet ved uttak av betongstøv tilsier minst 16 mm diameter. Viktigheten av dette ble ikke kjent før etter uttak av støv. I henhold til prosedyren presiseres det også at det ytterste sjiktet på ca. 2 mm skal behandles som et eget sjikt (sjikt 0). I den praktiske oppgaven ble

støvet fra disse 2 mm inkludert i det første sjiktet som går fra 0-5 mm. Kloridinnholdet vil være størst nærmest overflaten, og ved å inkludere disse 2 mm vil kloridinnholdet i det første sjiktet bli betydelig høyere enn ved å eventuelt tatt det bort.

Den største og viktigste feilkilden man må ta i betraktning når resultatet drøftes er ikke tilfredsstillende kalibrering av RCT-utstyret. Ved kalibrering avviket målt verdi av kalibreringsvæskene med kjente kloridkonsentrasjoner i stor grad fra referanseverdiene oppgitt fra siste kalibrering hos leverandør. Brukerveiledningen sier at målingene av kalibreringsvæskene ikke bør avvike mer enn 5-10 mV fra de verifiserte kalibreringsverdiene. Avviket mellom snittet av de målte verdiene og de verifiserte verdiene er gitt i tabell 16. Utstyret ble kalibrert seks ganger, både før og etter måling, og alle kalibreringene ga svært like verdier gjennom hele perioden med testing. De verifiserte verdiene målt av de kjente kloridkonsentrasjonene er målt av Germann Instruments 1. februar 2016.

Tabell 16 – Avvik mellom målte og verifiserte kalibreringsverdier

Kalibreringsvæske	Klar	Lilla	Grønn	Rosa
% Cl <sup>-</sup>	0.005	0.020	0.050	0.500
Verifiserte verdier av German Instruments				
mV	102	77	55	-4
Gjennomsnittlige målte kalibreringsverdier under forsøk				
mV	120	84	71	10
Avvik				
Avvik	+12	+7	+16	+14

Siden kalibreringsvæskene ga betydelig høyere verdier enn referanseverdiene, gjør dette at standardkurven blir for smal. Alle målinger under 10 mV går derfor utenfor standardkurven, og det dermed ikke mulig å finne den eksakte verdien av kloridinnhold. Dette gjelder alle målinger for dybdeintervallet 0-5 mm for alle prøveobjektene. Dette ble løst ved å forlenge kurven lineært. Det kan gi en del høyere verdi enn det i realiteten er, og har trolig forårsaket det unormale høye resultatet av kloriddiffusjonskoeffisienten på noen av prøvelegemene. Avvikene i forbindelse med kalibreringen kan være grunnet gammel kalibreringsvæske eller på grunn av at elektroden må slipes. Tiltak for riktig kalibrering kunne vært gjort ved å fornye kalibreringsvæskene, polere elektroden eller bytte ut elektroden hvis den er skadet. På grunn av tidsmangel ble ikke dette undersøkt videre. Det bør også tas hensyn til manglende erfaring med metoden. RCT er en metode som krever nøyaktighet, og uten erfaring kan brukerfeil oppstå. Dette bør tas i betraktning når man ser på resultatet av oppgaven.

Under utførelse av RCT-testing var det i tillegg usikkerhet rundt hvor lenge flaskene med betongstøv skulle hvile før måling av kloridinnhold. Det er ikke antydning i brukerveiledning, mens prosedyre 014.641 sier 5 minutter. Fra tidligere masteroppgaver der RCT-testing er blitt benyttet, har prøvene stått opptil 12 timer før kloridinnholdet måles med elektroden.



Det ble avgjort å la prøvene til denne oppgaven stå i 30 minutter før testing. For å forsikre at det var lenge nok, ble noen av målingen verifiserte etter ca. 12 timer. Målte verdier ble ikke forandret av noen betydelig grad mellom 30 minutter og 12 timer.

## 7. Konklusjon

En betongkonstruksjon utsatt for permanent eksponering av sjøvann vil ha en levetid på mange år. I denne oppgave testes egenskapene etter 35 døgn med eksponering, som utgjør veldig liten andel av total alder til en betongkonstruksjon. Flere aspekter og lenger eksponeringstid bør derfor også undersøkes før man kan avgjøre hvilke sammensetninger som er mest motstandsdyktig mot kloridinntrengning over tid.

Basert på resultatene i oppgaven kan man likevel konkludere med at betong av miljøsement med slagg kan oppnå høy motstand mot kloridinntrengning i tidlig alder. Dette til tross for lavere fasthet, som følge av bruk av slagg som erstatning for Portlandklinkersement. Trykkfastheten øker ved økende alder, og gir en relativt høy fasthet etter 56 døgn. Som forventet er det likevel noe lavere fasthet sammenlignet med resept A med Anlegg og 3% silikastøv som bindemiddel. Man kan konkludere med at det er tydelig forskjell i egenskapene ved 33% og 70% slagginnhold, og det må en stor andel slagg til for å gi høy motstand mot kloridinntrengning.

Flygeaske har en langsommere herdeutvikling, og det gjør den som forventet noe mindre motstandsdyktig mot kloridinntrengning i tidlig alder. Det kommer også frem av eksperimentet at utviklingen av fasthet reduseres av den sene herdeutviklingen. Det er likevel tilfeller der effekten av flygeasken i sementen sammen med overflatebehandlingen, gir høy motstand mot kloridinntrengning ved tidlig alder.

Silikastøv gir også en positiv effekt på kloridinntrengningen, selv om effekten er noe mindre enn forventet. Man ser betydelige bedre motstand mot klorider ved 6% enn ved 3% silikainnhold. Silikastøvet forbedrer fasthetsutvikling vesentlig sammenlignet med samme resept uten silika.

Selv med svært varierende resultater kan man konkludere med at overflatebehandling med herdemembran, impregnering eller en kombinasjon av disse har en positiv effekt på reduksjon av kloridinntrengning. Vannavvisende impregnering eller en kombinasjon av impregnering og herdemembran viser seg å gi den beste beskyttelsen mot klorider av de produktene benyttet i oppgaven.

I og med at det er relativt mange feilkilder som kan ha påvirket resultatet av kloriddiffusjonskoeffisienten i denne oppgaven, kan verdiene være noe unøyaktige og høye i forhold til faktiske forhold. Trenden i målingene gir likevel en riktig framstilling, og man bør derfor fokusere mest på trenden blant resultatene, og ikke nødvendigvis de absolutte verdiene som det er kommet fram til.

Basert ut ifra resultatet og feilkildene fra denne oppgaven er disse forslagene til videre forskning utarbeidet:

- Forlenge eksponeringsprosessen slik at man ser effekten av flygeaske også i økende alder. Da vil man også kunne se om overflatebehandlingen gir en effekt ved økende alder.
- Vurdere andre metoder for å teste kloridinntrengning. Spectrofometer og Quantab er også to aktuelle metoder for testing, der Spectrofometer anses som mest nøyaktig.

## 8. Referanser

- [1] Regjeringen, *Klimaforliket*, 2020. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimaforliket/id2076645/>. Lastet ned: 06.03.21.
- [2] L. Biørnstad, *Kan vi bruke betong med god klimasamvittighet?*, 2016. Hentet fra: <https://forskning.no/bygningsmaterialer-klima/kan-vi-bruke-betong-med-god-klimasamvittighet/379248>. Lastet ned: 06.03.21
- [3] Norsk Betongforenings Miljøkomité, *Visste du dette om betong og miljø?*, 2016. Hentet fra: <https://betong.net/wp-content/uploads/17966-Visste-du-dette-om-betong-og-miljo-WEB.pdf>. Lastet ned: 04.03.21.
- [4] Norsk Betongforenings Miljøkomité, «CO2-utslipp - sement og betong: Utfordringer og perspektiver,» Oslo, Norge, Rapport nr. 1, 2009.
- [5] Norsk Betongforenings Miljøkomité, «Lavkarbonbetong,» Oslo, Norge, Publikasjon nr. 37, 2020.
- [6] Norcem, *Nullvisjon*. Hentet fra: <https://www.norcem.no/no/nullvisjon>. Lastet ned: 06.03.21
- [7] *Tilslagsmaterialer for betong*, 572.115, SINTEF Byggforsk, 2012.
- [8] *Naturlig tilslag i betong – Egenskaper og dokumentasjon*, 520.024, SINTEF Byggforsk, 2018.
- [9] *Sement. Typer, egenskaper og bruksområder*, 572.204, SINTEF Byggforsk, 2016.
- [10] P. Jahren, *Betong - mangfold og muligheter*, Trondheim, Norge: Akademika forlag, 2012.
- [11] B. Pedersen, «Sementer med flygeaske og slagg: Lab- og felterfaringer, Statens Vegvesen, Norge, Nr. 517, 2016
- [12] Store norske leksikon, *Pozzolan*, 2019. Hentet fra: <https://snl.no/pozzolan>. Lastet ned: 03.03.21

- [13] Norcem, *Flygeaske*. Hentet fra: <https://www.norcem.no/no/FlyAsh>. Lastet ned: 10.03.21.
- [14] Klimavakten, *Kina og kullet*, 2020. Hentet fra: <https://energiogklima.no/klimavakten/kullforbruk-i-kina/>. Lastet ned: 10.03.21
- [15] *Tilsetningsstoffer for betong*, 572.207, SINTEF Byggforsk, 2010.
- [16] A. Koksvik, *Nå kommer drenerende betongdekker*. Hentet fra: <https://www.kommunalteknikk.no/naa-kommer-drenerende-betongdekker.5017327-161028.html>. Lastet ned: 10.03.21.
- [17] Norcem, *God betong er bestandig*. Hentet fra: [https://www.norcem.no/sites/default/files/assets/document/godbetongerbestandig\\_web.pdf](https://www.norcem.no/sites/default/files/assets/document/godbetongerbestandig_web.pdf). Lastet ned: 10.03.21
- [18] Store norske leksikon, *Klorider*, 2020. Hentet fra: <https://snl.no/klorider>. Lastet ned: 22.03.21.
- [19] B. Søpler, *Betongboka*, Oslo, Norge: Gyldendal Undervisning, 2004.
- [20] *Betong - Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar*, NS-EN 206, Standard Norge, 2013.
- [21] O. Skjølvold, «Kloriddiffusjon i betong - Vurdering av aldringseffekten ved feltekspnering,» SINTEF Building and Infrastructure, Norge, COIN Project report 11, 2009.
- [22] Norsk Havneingeniørforening, «Bestandige betongkaier,» Oslo, Norge, 2004.
- [23] *Kloridinnhold i betong. Prøveuttak og analysemetoder*, 520.034, SINTEF Byggforsk, 2015.
- [24] Statens Vegvesen, «Håndbok R211 – Feltundersøkelser,» Norge, 2014.
- [25] *Overflatebehandling av nye betongfasader*, 542.661, SINTEF Byggforsk, 2009.
- [26] E. Rodum, «Tidlig overflatebehandling av FA-betong», Teknologidagene, 2012.
- [27] *Prøving av fersk betong – Del 2: Synkmål*, NS-EN 12350-2, Standard Norge, 2019
- [28] *Kvalitetskontroll av fersk betong*, 520.027, SINTEF Byggforsk, 2015.

- [29] *Prøving av fersk betong – Del 8: Selvkomprimerende betong - Synkutbredelsemetode*, NS-EN 12350-8, Standard Norge, 2019
- [30] *Prøving av herdnet betong – Del 2: Støping og herdning av prøvelegemer for fasthetsprøving*, NS-EN 12390-2, Standard Norge, 2019
- [31] *Prøving av herdnet betong – Del 1: Form, mål og andre krav til prøvelegemer og former*, NS-EN 12390-1, Standard Norge, 2012
- [32] *Prøving av herdnet betong – Del 7: Densitet av herdnet betong*, NS-EN 12390-7, Standard Norge, 2019
- [33] *Prøving av herdnet betong – Del 3: Prøvelegemers trykkfasthet*, NS-EN 12390-3, Standard Norge, 2019
- [34] S. Smeplass, «Proposjonering av betong.xlsm», 2015
- [35] S. Jacobsen, *TKT 4215 Concrete Technology 1*, Trondheim, Norge: Norwegian University of Science and Technology, 2011.
- [36] S. Smeplass, «Kloriddiffusjon.xlsm», 2019
- [37] Norsk Betongforenings Miljøkomité, «Bestandighet av betongkonstruksjoner i marint miljø,» Oslo, Norge, Publikasjon nr. 35, 2011.
- [38] K. O. Kjellsen og O. Skjølsvold, «Kloridinntrengning i ressursvennlig kvalitetsbetong,» Statens Vegvesen, Oslo, Norge, Rapport nr. 4, 2003.
- [39] S. B. Bjerkestrand, «Glidestøp – løftefrekvensens effekt på friksjon,» Masteravhandling, Universitetet i Stavanger, Stavanger, 2017.

## 9. Vedlegg

Vedlegg A – Tilslagsgradering

Vedlegg B - Betongresepter

Vedlegg C - Trykkfasthetsrapport

Vedlegg D - Excel-ark med klorid

Vedlegg E – Prosedyrer:

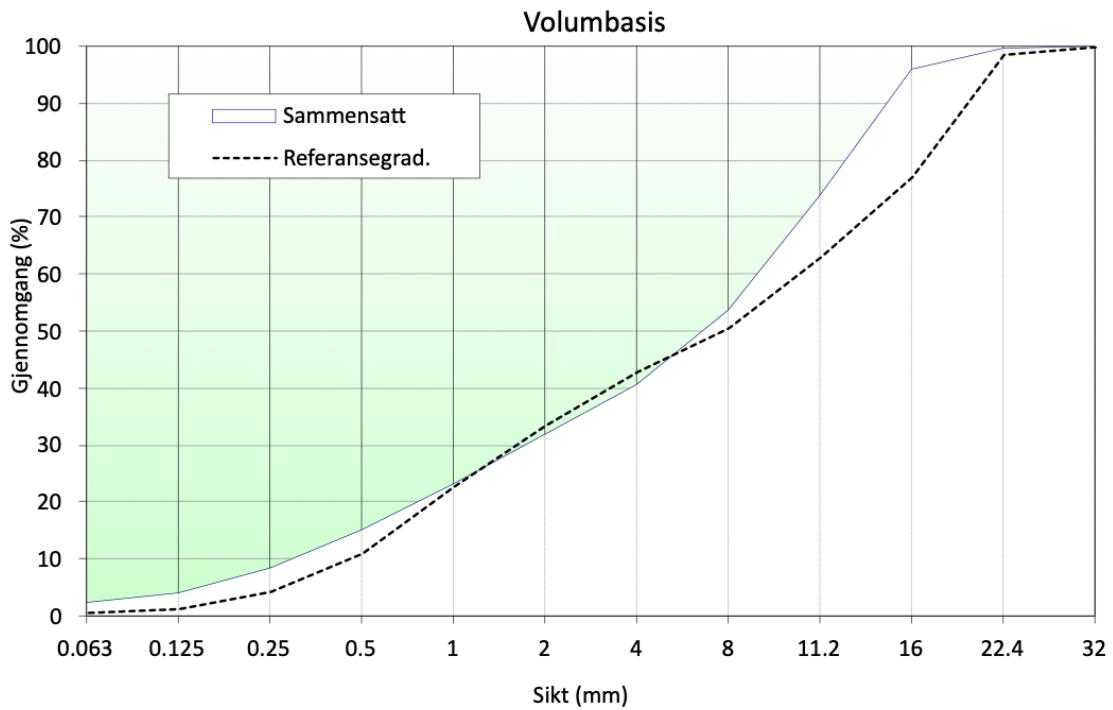
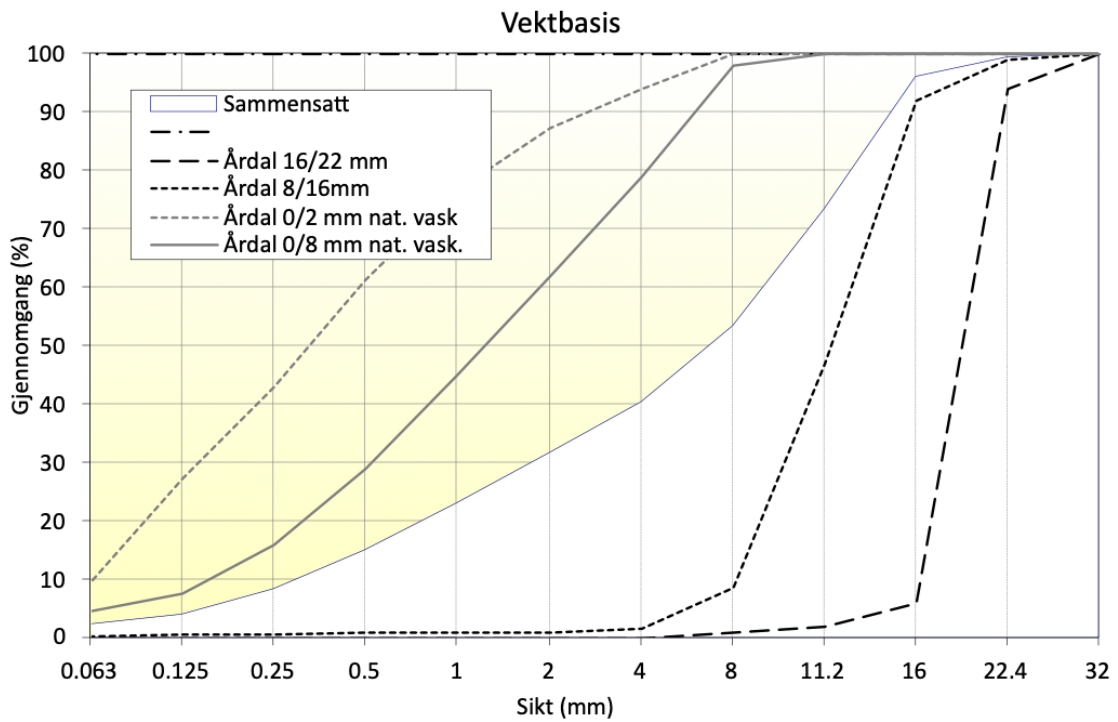
*NT Build 443*

*14.641 – Kloridinnhold i betong ved RCT-test*

*Speedy Moisture Test-prosedyre*

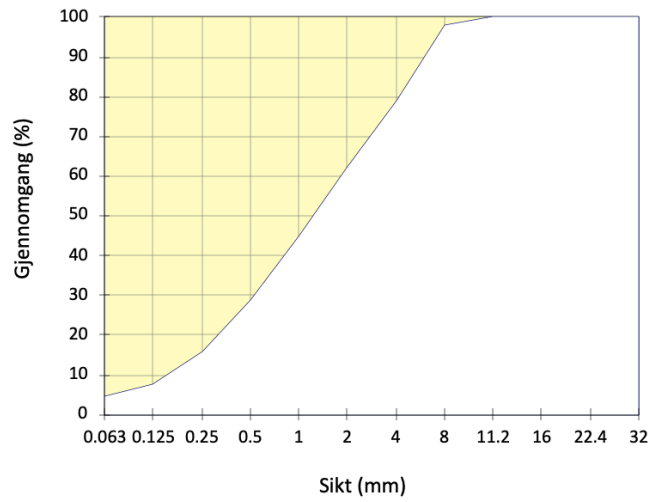
Vedlegg F – Materialdatablader

# Vedlegg A – Tilslagsgradering



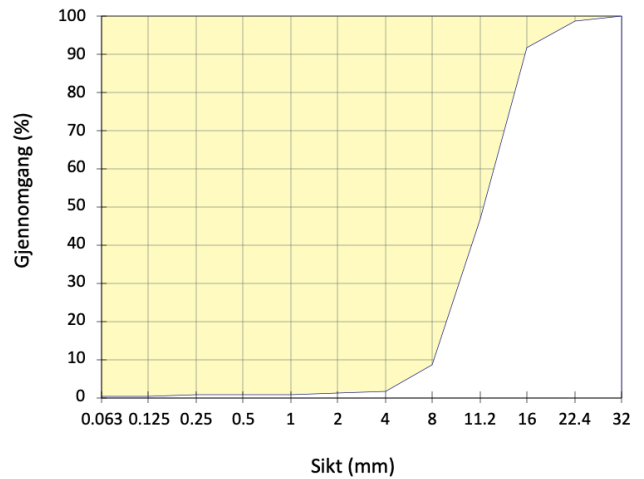
Type:	Årdal 0/8 mm nat. vask.
Dato:	9/18/2019
FM =	3.17

Åpning	Sikterest (g)		Sikterest (%)	Gjennomgang (%)
	1	2		
32	0	0	0.0	100.0
22.4	0	0	0.0	100.0
16	0	0	0.0	100.0
11.2	0	0	0.0	100.0
8	5	15	2.0	98.0
4	105	105	21.0	79.0
2	165	215	38.0	62.0
1	275	275	55.0	45.0
0.5	355	355	71.0	29.0
0.25	410	430	84.0	16.0
0.125	455.0	470.0	92.5	7.5
0.063	470.0	485.0	95.5	4.5
Bunn	500	500		



Type:	Årdal 8/16mm
Dato:	12/19/2017
FM =	6.44

Åpning	Sikterest (g)		Sikterest (%)	Gjennomgang (%)
	1	2		
32	0	0	0.0	100.0
22.4	0	2	1.0	99.0
16	1	15	8.0	92.0
11.2	38	68	53.0	47.0
8	91.5	91.5	91.5	8.5
4	98	98	98.4	1.6
2	99	99	99.0	1.0
1	99	99	99.1	0.9
0.5	99	99	99.2	0.8
0.25	99	99	99.4	0.6
0.125	100	100	99.6	0.4
0.063	100	100	99.8	0.2
Bunn	100	100		





## Vedlegg B - Betongresepter

Prosjekt	Bachelor
Reseptnummer	Resept A - Anlegg
Tilskattet kvalitet	0

Blandevolum	27 liter
Dato:	15.02.21
Tidspunkt for vanntilsetning:	12:55
Ansvarlig:	
Utført av:	Ida Moen

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Anlegg	416,1	11,234			11,234
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	26,6	0,717	0,0	0,000	0,717
Normineral flyveaske	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	168,2	4,541		-1,085	3,456
Absorbert vann	8,9	0,241			0,241
Årdal 0/8 mm nat. vask.	891,4	24,069	4,0	0,963	25,031
Årdal 0/2 mm nat. vask	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Årdal 8/16mm	891,4	24,069	0,0	0,000	24,069
Årdal 16/22 mm	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapei Dynamon SX-N	5,5	0,149	82	0,122	0,149
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000

3,697

\*Se fotnote på delark "Resept"

\*\* NB! Våte mengder, også for silikaslurry

Fersk betong					
Tid etter vanntilsetning					
Synkmål					
Utbredelsesmål					
Luft					
Densitet					

Prøvestykker (antall)					
Utstøpningstidspunkt					
Terninger					
150x300 sylindre					
100x200 sylindre					

**Blandeskjema** **SKANSKA**

Prosjekt	Bachelor
Reseptnummer	Resept B - Anlegg FA
Tilsiktet kvalitet	0

Blandeolum	27 liter
Dato:	15.02.21
Tidspunkt for vanntilsetning:	12:30
Ansvarlig:	
Utført av:	Ida Moen

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt <sup>†</sup> %	Korr. kg	Oppveid <sup>**</sup> kg
Anlegg FA	438,5	11,839			11,839
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Normineral flyveaske	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	166,6	4,499		-1,084	3,415
Absorbert vann	8,9	0,241			0,241
Årdal 0/8 mm nat. vask.	891,4	24,069	4,0	0,963	25,031
Årdal 0/2 mm nat. vask	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Årdal 8/16mm	891,4	24,069	0,0	0,000	24,069
Årdal 16/22 mm	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapei Dynamon SX-N	5,5	0,148	82	0,121	0,148
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000

3,655

<sup>†</sup>Se fotnote på delark "Resept"      <sup>\*\*</sup> NB! Våte mengder, også for silikaslurry

Fersk betong					
Tid etter vanntilsetning					
Synkmål					
Utbredelsesmål					
Luft					
Densitet					

Prøvestykker (antall)					
Utstøpningstidspunkt					
Terninger					
150x300 sylindre					
100x200 sylindre					

<b>Blandeskjema</b>	<b>SKANSKA</b>
---------------------	----------------

Prosjekt	Bachelor
Reseptnummer	Resept C - Anlegg FA + 3% SF
Tilsiktet kvalitet	0

Blande volum	27 liter
Dato:	15.02.21
Tidspunkt for vanntilsetning:	12:15
Ansvarlig:	
Utført av:	Ida Moen

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt <sup>+</sup> %	Korr. kg	Oppveid <sup>**</sup> kg
Anlegg FA	423,2	11,425			11,425
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	13,1	0,353	0,0	0,000	0,353
Normineral flyveaske	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	165,8	4,476		-1,083	3,392
Absorbent vann	8,9	0,241			0,241
Årdal 0/8 mm nat. vask.	891,4	24,069	4,0	0,963	25,031
Årdal 0/2 mm nat. vask	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Årdal 8/16mm	891,4	24,069	0,0	0,000	24,069
Årdal 16/22 mm	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapei Dynamon SX-N	5,5	0,147	82	0,121	0,147
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000

3,633

\*Se fotnote på delark "Resept"

\*\* NB! Våte mengder, også for silikaslurry

Fersk betong					
Tid etter vanntilsetning					
Synkmål					
Utbredelsesmål					
Luft					
Densitet					

Prøvestykker (antall)					
Utstøpningstidspunkt					
Terninger					
150x300 sylindre					
100x200 sylindre					



## Blandeskjema

SKANSKA

Prosjekt	Bachelor
Reseptnummer	Resept D - Standard FA
Tilsiktet kvalitet	0

Blandevolum	27 liter
Dato:	15.02.21
Tidspunkt for vanntilsetning:	11:50
Ansvarlig:	
Utført av:	Ida Moen

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt <sup>+</sup> %	Korr. kg	Oppveid <sup>**</sup> kg
Standard FA	438,5	11,839			11,839
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Elkem Microsilica	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Normineral flyveaske	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000
Fritt vann	166,6	4,499		-1,084	3,415
Absorbert vann	8,9	0,241			0,241
Årdal 0/8 mm nat. vask.	891,4	24,069	4,0	0,963	25,031
Årdal 0/2 mm nat. vask	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Årdal 8/16mm	891,4	24,069	0,0	0,000	24,069
Årdal 16/22 mm	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mapei Dynamon SX-N	5,5	0,148	82	0,121	0,148
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
	0,0	0,000			0,000
	0,0	0,000			0,000

3,655

\*Se fotnote på delark "Resept"

\*\* NB! Våte mengder, også for silikaslurry

Fersk betong					
Tid etter vanntilsetning					
Synkmål					
Utbredelsesmål					
Luft					
Densitet					

Prøvestykker (antall)					
Utstøpningstidspunkt					
Terninger					
150x300 sylindre					
100x200 sylindre					

<b>Blandeskjema</b>	<b>SKANSKA</b>
---------------------	----------------

<b>Prosjekt</b>	Bachelor
<b>Reseptnummer</b>	Resept E - Miljøsement
<b>Tilsiktet kvalitet</b>	0

<b>Blande volum</b>	27 liter
<b>Dato:</b>	15.02.21
<b>Tidspunkt for vanntilsetning:</b>	13:20
<b>Ansvarlig:</b>	
<b>Utført av:</b>	Ida Moen

Materialer	Resept kg/m <sup>3</sup>	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg	
Miljøsement	442,5	11,948			11,948	
	0,0	0,000			0,000	
	0,0	0,000			0,000	
Elkem Microsilica	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Normineral flyveaske	0,0	0,000			0,000	
	0,0	0,000			0,000	
Fritt vann	168,2	4,540		-1,085	3,455	3,696
Absorbent vann	8,9	0,241			0,241	
Årdal 0/8 mm nat. vask.	891,4	24,069	4,0	0,963	25,031	
Årdal 0/2 mm nat. vask	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Årdal 8/16mm	891,4	24,069	0,0	0,000	24,069	
Årdal 16/22 mm	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Mapei Dynamon SX-N	5,5	0,149	82	0,122	0,149	
	0,0	0,000	0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0	0,000	0,000	
	0,0	0,000			0,000	
	0,0	0,000			0,000	

\*Se fotnote på delark "Resept"      \*\* NB! Våte mengder, også for silikaslurry

Fersk betong					
Tid etter vanntilsetning					
Synkmål					
Utbredelsesmål					
Luft					
Densitet					

Prøvestykker (antall)					
Utstøpningstidspunkt					
Terninger					
150x300 sylindre					
100x200 sylindre					



# Vedlegg C – Trykkfasthetsrapporter

7 døgn



Simple standard protocol

22.02.2021

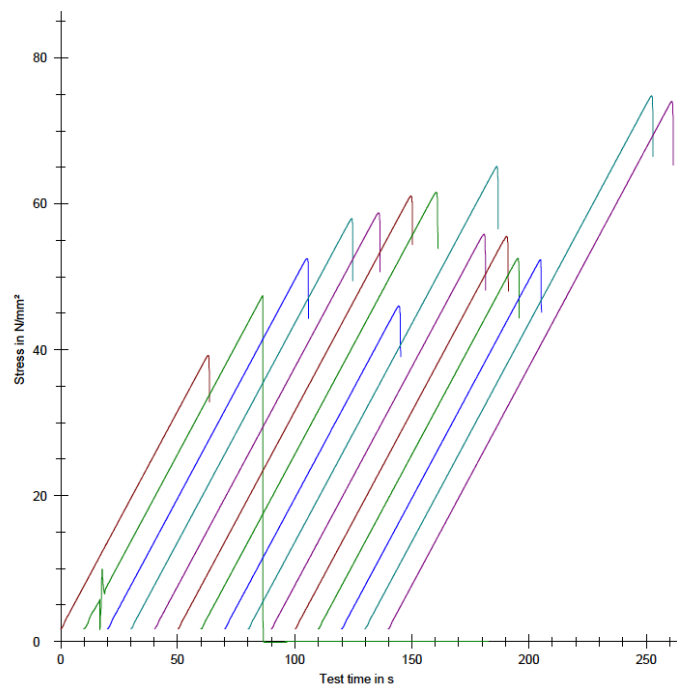
## Parameter table:

Test protocol	: Bachelor	Type strain extensometer:	
Tester	: Ida	Machine data	: Controller TT1412
Customer	:		: PistonStroke
Test standard	:		: LoadCell 3 MN
Strength grade	:		
Other	:		

## Results:

Nr	Date	ID	a mm	b mm	F <sub>m</sub> kN	Clock time	σ <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>
1	22.02.2021	Test	100,0	100,0	392,29	10.19.13	39,23
2	22.02.2021	F5	100,0	100,0	474,30	10.26.53	47,43
3	22.02.2021	F6	100,0	100,0	524,89	10.35.19	52,49
4	22.02.2021	F7	100,0	100,0	579,87	10.39.25	57,99
5	22.02.2021	E5	100,0	100,0	587,63	10.43.45	58,76
6	22.02.2021	E6	100,0	100,0	611,07	10.49.48	61,11
7	22.02.2021	E7	100,0	100,0	615,90	10.52.40	61,59
8	22.02.2021	D5	100,0	100,0	459,87	10.55.38	45,99
9	22.02.2021	D6	100,0	100,0	651,24	11.30.16	65,12
10	22.02.2021	C5	100,0	100,0	558,45	11.33.41	55,85
11	22.02.2021	C6	100,0	100,0	555,62	11.36.50	55,56
12	22.02.2021	B5	100,0	100,0	525,14	11.39.44	52,51
13	22.02.2021	B6	100,0	100,0	523,41	11.42.45	52,34
14	22.02.2021	A5	100,0	100,0	748,08	11.46.14	74,81
15	22.02.2021	A6	100,0	100,0	740,72	11.49.45	74,07

## Series graphics:



## Statistics:

Series n = 15	a mm	b mm	F <sub>m</sub> kN	σ <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>
n	15	15	15	15
x	100,0	100,0	569,90	56,99
s	0,0	0,0	96,76	9,68
max.	100,0	100,0	748,08	74,81
min	100,0	100,0	392,29	39,23
med	100,0	100,0	558,45	55,85
v	0,00	0,00	16,98	16,98

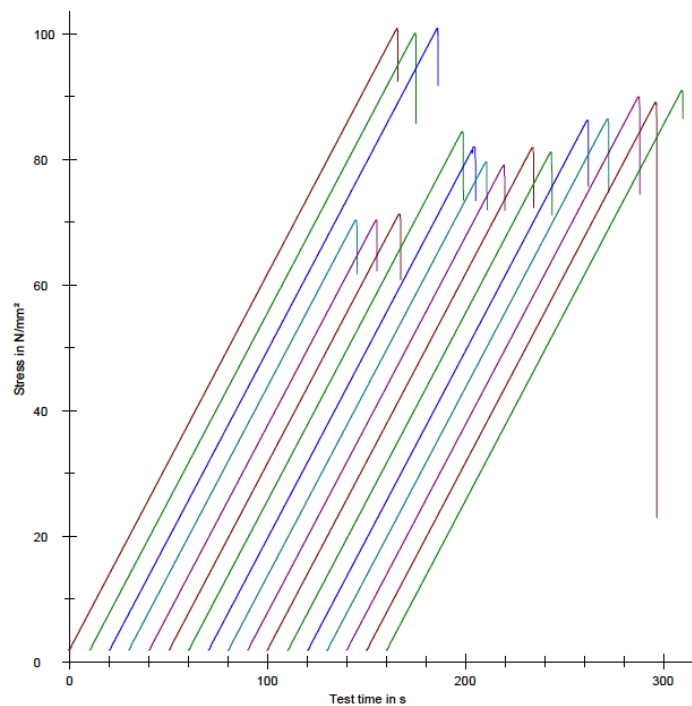


**Parameter table:**

Test protocol	: Bachelor	Type strain extensometer:	
Tester	: Ida	Machine data	: Controller TT1412
Customer	:		: PistonStroke
Test standard	:		: LoadCell 3 MN
Strength grade	:		
Other	:		

**Results:**

Nr	Date	ID	a mm	b mm	F <sub>m</sub> kN	Clock time	σ <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>
16	15.03.2021	A7	100,0	100,0	1009,23	10.55.35	100,92
17	15.03.2021	A8	100,0	100,0	1001,17	11.00.48	100,12
18	15.03.2021	A9	100,0	100,0	1008,99	11.06.11	100,90
19	15.03.2021	B7	100,0	100,0	703,74	11.09.40	70,37
20	15.03.2021	B8	100,0	100,0	703,45	11.18.16	70,35
21	15.03.2021	B9	100,0	100,0	713,33	11.21.31	71,33
22	15.03.2021	C7	100,0	100,0	844,63	11.26.40	84,46
23	15.03.2021	C8	100,0	100,0	820,11	11.30.22	82,01
24	15.03.2021	D7	100,0	100,0	796,14	11.34.05	79,61
25	15.03.2021	D8	100,0	100,0	791,39	11.37.46	79,14
26	15.03.2021	D9	100,0	100,0	818,89	11.41.20	81,89
27	15.03.2021	E8	100,0	100,0	812,19	11.45.26	81,22
28	15.03.2021	E9	100,0	100,0	862,59	11.49.21	86,26
29	15.03.2021	E10	100,0	100,0	864,72	11.53.17	86,47
30	15.03.2021	F8	100,0	100,0	899,85	11.57.16	89,98
31	15.03.2021	F9	100,0	100,0	891,64	12.02.35	89,16
32	15.03.2021	F10	100,0	100,0	910,42	12.07.01	91,04

**Series graphics:**

**Statistics:**

Series	a mm	b mm	F <sub>m</sub> kN	σ <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>
n = 17				
n	17	17	17	17
x	100,0	100,0	850,15	85,01
s	0,0	0,0	97,77	9,78
max.	100,0	100,0	1009,23	100,92
min	100,0	100,0	703,45	70,35
med	100,0	100,0	844,63	84,46
v	0,00	0,00	11,50	11,50

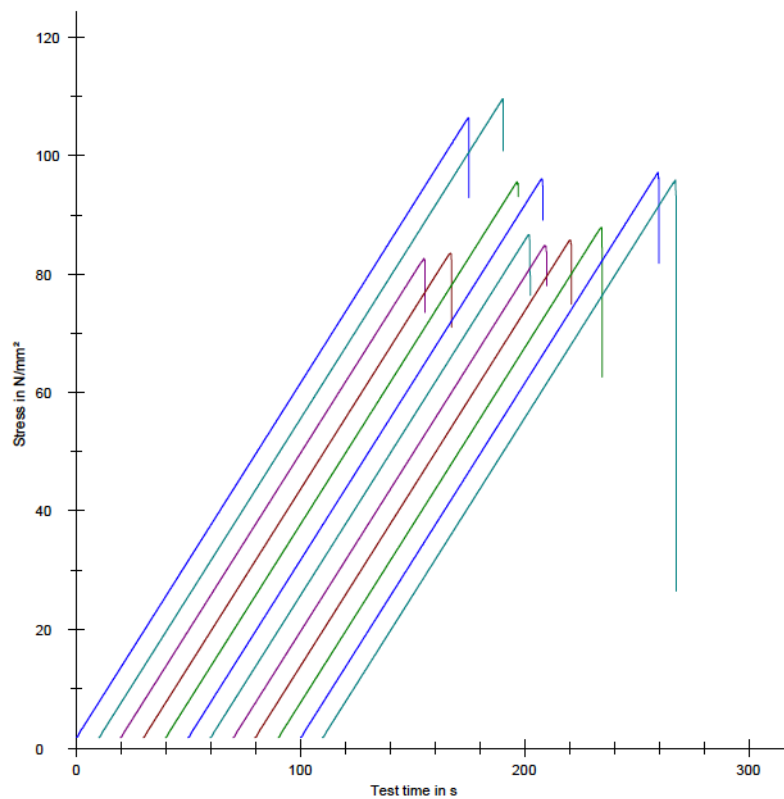


**Parameter table:**

Test protocol	: Bachelor	Type strain extensometer:	
Tester	: Ida	Machine data	: Controller TT1412
Customer	:		PistonStroke
Test standard	:		LoadCell 3 MN
Strength grade:			
Other	:		

**Results:**

Nr	Date	ID	a mm	b mm	F <sub>m</sub> kN	Clock time	σ <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>
33	12.04.2021	A10	100,0	100,0	1064,01	09.13.11	106,40
34	12.04.2021	A11	100,0	100,0	1095,53	09.18.04	109,55
35	12.04.2021	B10	100,0	100,0	826,02	09.21.53	82,60
36	12.04.2021	B11	100,0	100,0	834,98	09.25.34	83,50
37	12.04.2021	C10	100,0	100,0	955,56	09.29.49	95,56
38	12.04.2021	C9	100,0	100,0	960,88	09.34.01	96,09
39	12.04.2021	D10	100,0	100,0	866,64	09.38.00	86,66
40	12.04.2021	D11	100,0	100,0	848,78	09.41.51	84,88
41	12.04.2021	E12	100,0	100,0	857,62	09.45.46	85,76
42	12.04.2021	E11	100,0	100,0	878,82	09.49.33	87,88
43	12.04.2021	F11	100,0	100,0	972,05	09.53.58	97,21
44	12.04.2021	F12	100,0	100,0	958,36	09.58.10	95,84

**Series graphics:****Statistics:**

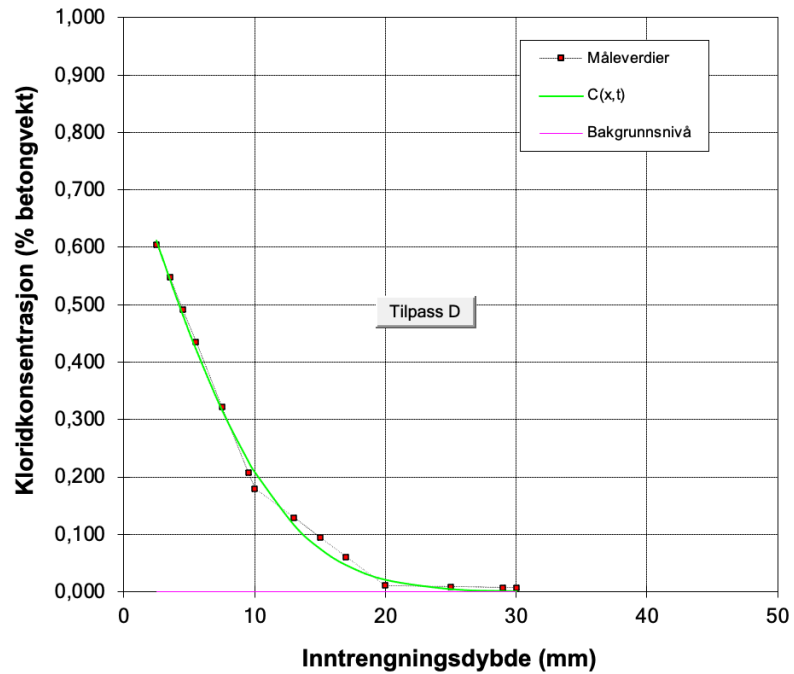
Series	a mm	b mm	F <sub>m</sub> kN	σ <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>
n = 12				
n	12	12	12	12
x	100,0	100,0	926,60	92,66
s	0,0	0,0	89,29	8,93
max.	100,0	100,0	1095,53	109,55
min	100,0	100,0	826,02	82,60
med	100,0	100,0	917,19	91,72
v	0,00	0,00	9,64	9,64

## Vedlegg D – Kloridprofiler

### Beregning av Cs og D Prosjekt: Bacheloroppgave Ida Profil A1 © 2019-07-10 ss

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,784	% betong
D	13,39	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9981	
Inntrengning	114,4	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	44,2	mm

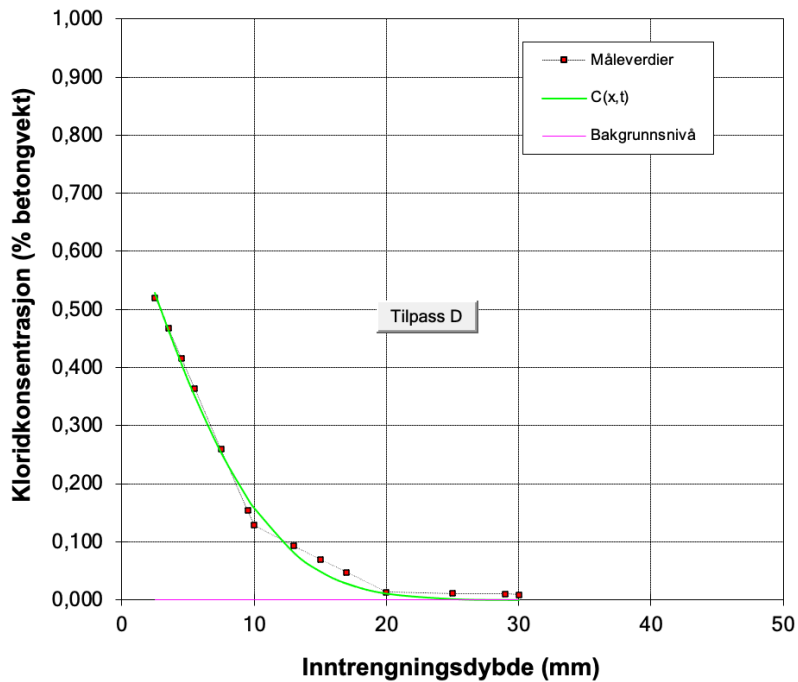
x	målt	status
2,5	0,605	ok
3,5	0,548	ok
4,5	0,492	ok
5,5	0,435	ok
7,5	0,322	ok
9,5	0,208	ok
10	0,180	ok
13	0,129	ok
15	0,095	ok
17	0,061	ok
20	0,011	ok
25	0,009	ok
29	0,007	ok
30	0,007	ok



### Beregning av Cs og D Prosjekt: Bacheloroppgave Ida Profil A2 © 2019-07-10 ss

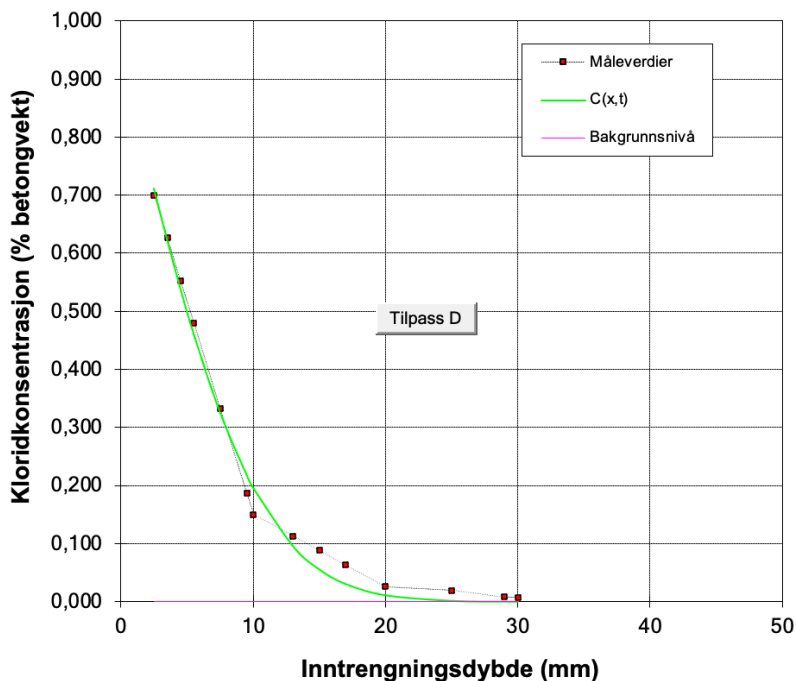
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,691	% betong
D	11,43	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9972	
Inntrengning	93,4	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	39,0	mm

x	målt	status
2,5	0,520	ok
3,5	0,468	ok
4,5	0,416	ok
5,5	0,363	ok
7,5	0,259	ok
9,5	0,154	ok
10	0,128	ok
13	0,093	ok
15	0,070	ok
17	0,047	ok
20	0,013	ok
25	0,011	ok
29	0,010	ok
30	0,009	ok



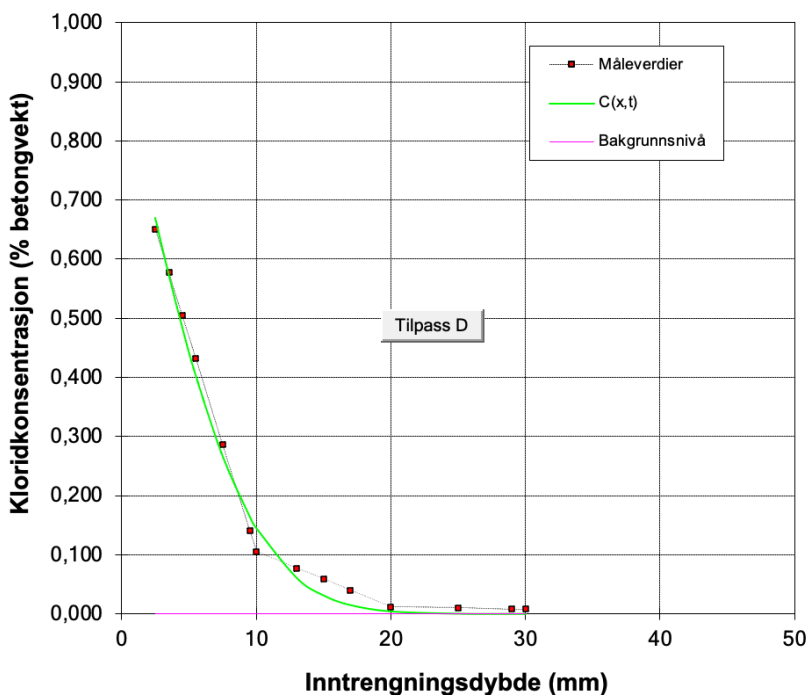
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,946	% betong
D	10,41	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9963	
Inntrengning	122,6	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	41,6	mm

x	målt	status
2,5	0,700	ok
3,5	0,627	ok
4,5	0,553	ok
5,5	0,480	ok
7,5	0,333	ok
9,5	0,187	ok
10	0,150	ok
13	0,113	ok
15	0,088	ok
17	0,063	ok
20	0,026	ok
25	0,019	ok
29	0,008	ok
30	0,007	ok



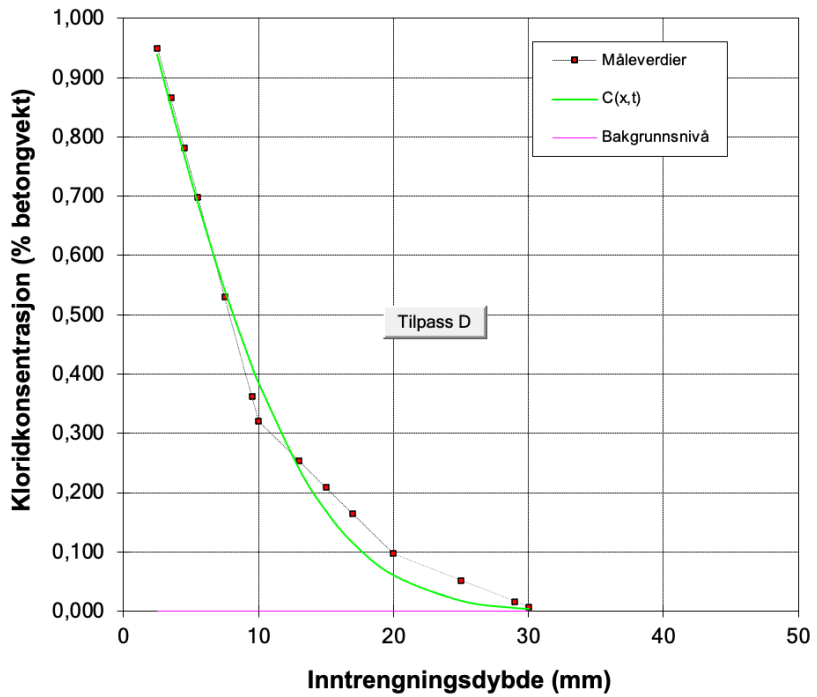
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,926	% betong
D	8,26	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9962	
Inntrengning	103,1	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	37,1	mm

x	målt	status
2,5	0,650	ok
3,5	0,577	ok
4,5	0,505	ok
5,5	0,432	ok
7,5	0,287	ok
9,5	0,141	ok
10	0,105	ok
13	0,077	ok
15	0,059	ok
17	0,040	ok
20	0,012	ok
25	0,010	ok
29	0,008	ok
30	0,008	ok



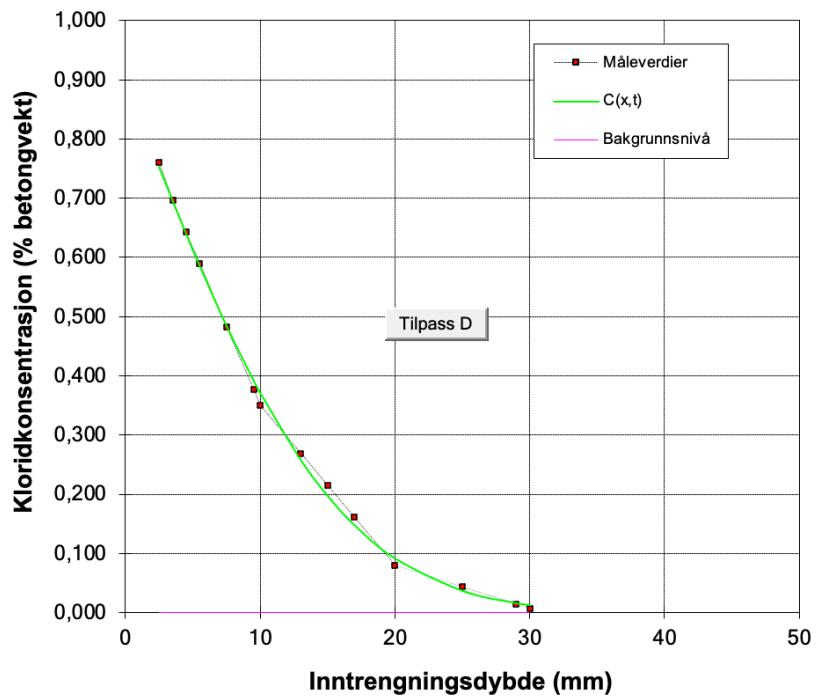
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,162	% betong
D	17,57	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9954	
Inntrengning	207,6	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	57,1	mm

x	målt	status
2,5	0,950	ok
3,5	0,866	ok
4,5	0,782	ok
5,5	0,698	ok
7,5	0,530	ok
9,5	0,362	ok
10	0,320	ok
13	0,253	ok
15	0,209	ok
17	0,164	ok
20	0,097	ok
25	0,052	ok
29	0,016	ok
30	0,007	ok



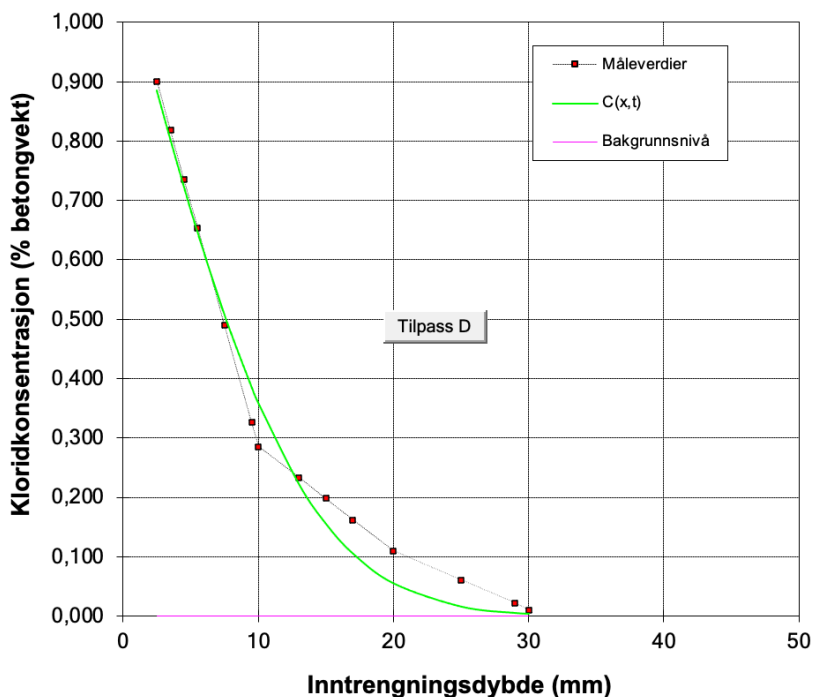
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,899	% betong
D	24,68	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9991	
Inntrengning	187,2	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	63,0	mm

x	målt	status
2,5	0,760	ok
3,5	0,697	ok
4,5	0,643	ok
5,5	0,590	ok
7,5	0,483	ok
9,5	0,377	ok
10	0,350	ok
13	0,269	ok
15	0,215	ok
17	0,161	ok
20	0,080	ok
25	0,044	ok
29	0,015	ok
30	0,007	ok



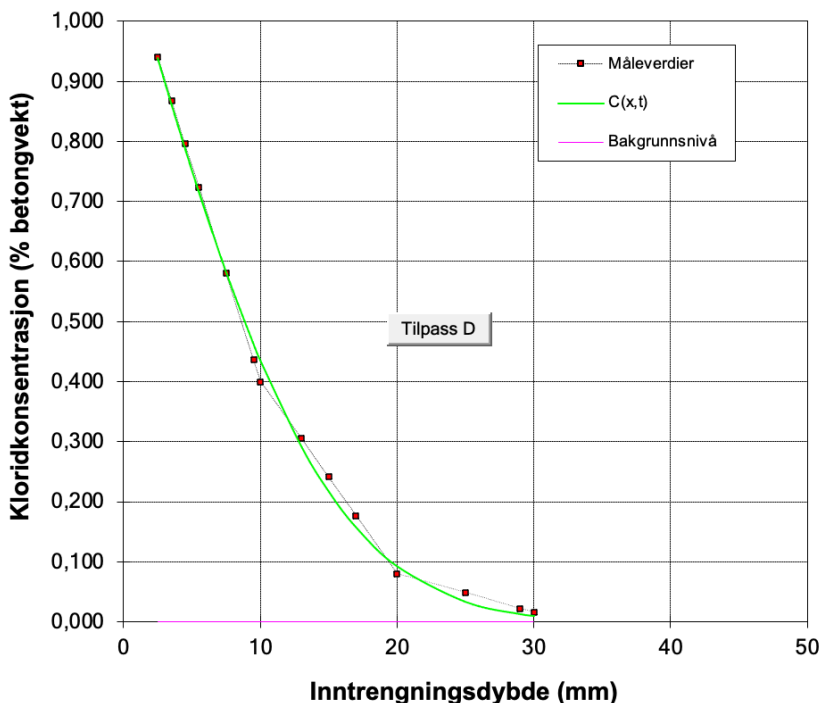
Eksponert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,097	% betong
D	17,21	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9927	
Inntrengning	197,4	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	55,5	mm

x	målt	status
2,5	0,900	ok
3,5	0,818	ok
4,5	0,736	ok
5,5	0,654	ok
7,5	0,490	ok
9,5	0,326	ok
10	0,285	ok
13	0,233	ok
15	0,198	ok
17	0,162	ok
20	0,110	ok
25	0,061	ok
29	0,022	ok
30	0,010	ok



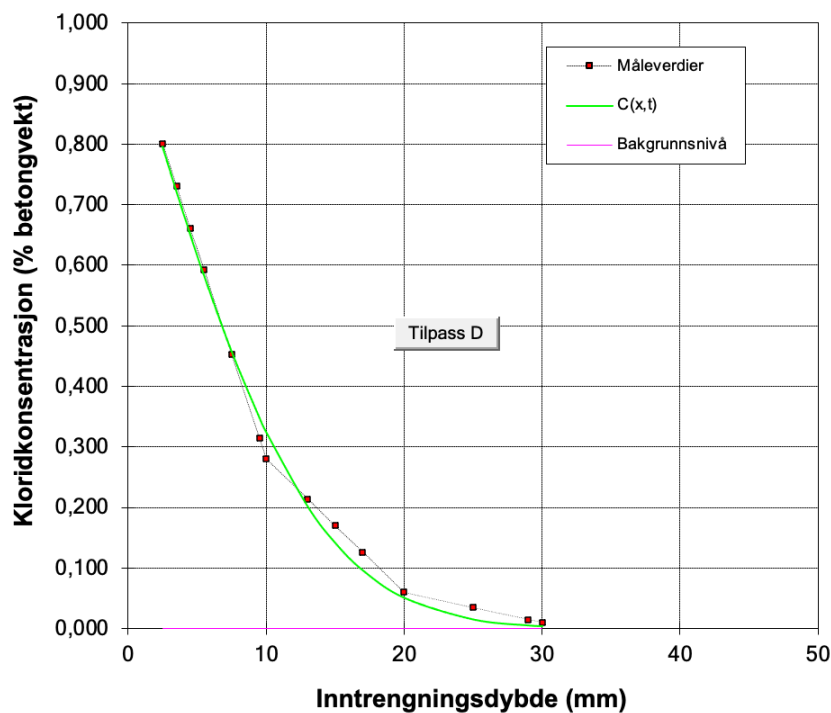
Eksponert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,134	% betong
D	21,82	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9987	
Inntrengning	221,3	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	63,3	mm

x	målt	status
2,5	0,940	ok
3,5	0,868	ok
4,5	0,796	ok
5,5	0,724	ok
7,5	0,580	ok
9,5	0,436	ok
10	0,400	ok
13	0,305	ok
15	0,241	ok
17	0,177	ok
20	0,080	ok
25	0,049	ok
29	0,022	ok
30	0,016	ok



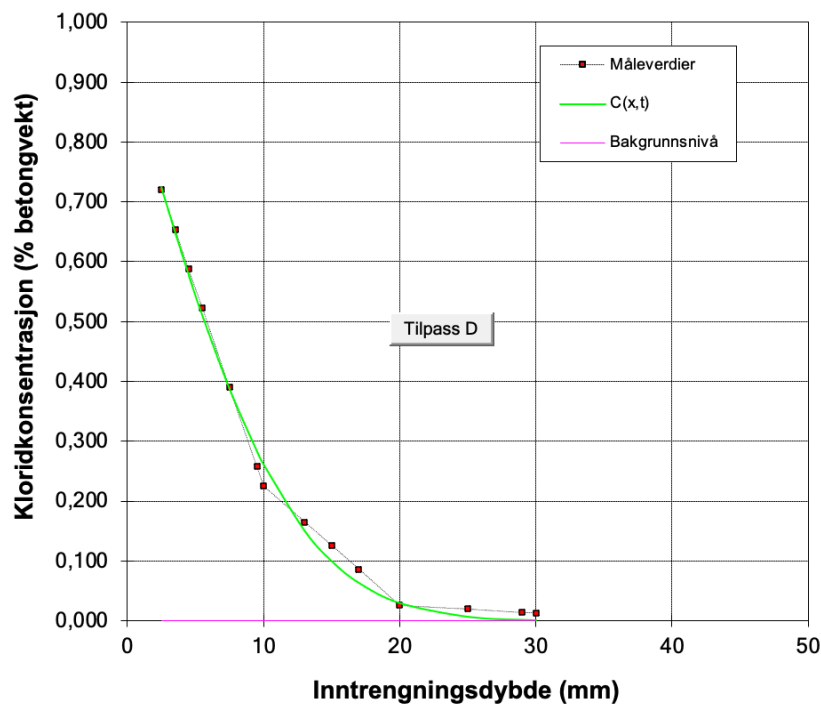
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,987	% betong
D	17,35	$10^{-12}$ m <sup>2</sup> /s
R <sup>2</sup>	0,9974	
Inntrengning	172,1	g/m <sup>2</sup>
k (0.1 %)	54,3	mm

x	målt	status
2,5	0,800	ok
3,5	0,731	ok
4,5	0,661	ok
5,5	0,592	ok
7,5	0,453	ok
9,5	0,315	ok
10	0,280	ok
13	0,214	ok
15	0,170	ok
17	0,126	ok
20	0,060	ok
25	0,035	ok
29	0,015	ok
30	0,010	ok



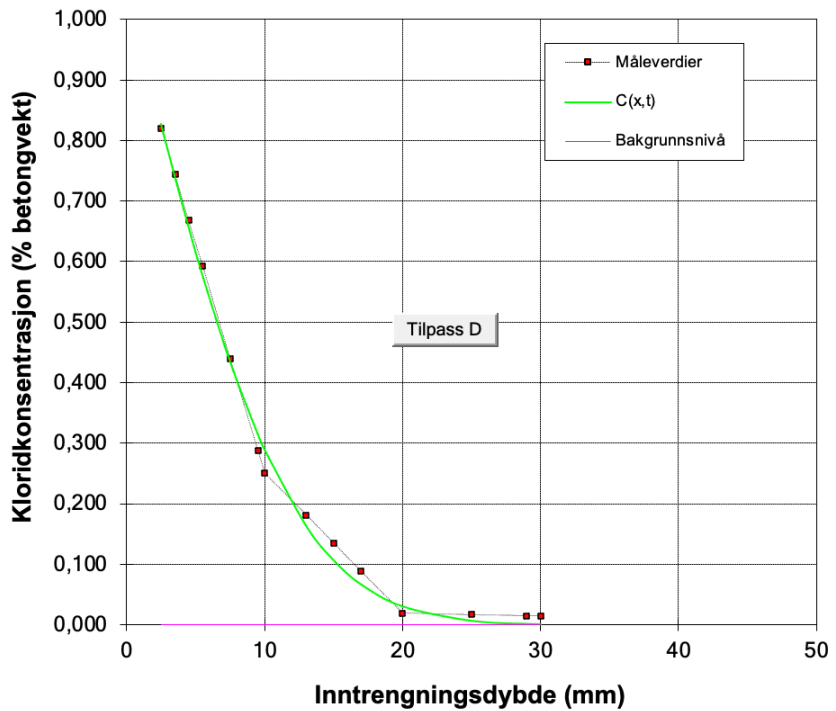
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,918	% betong
D	14,47	$10^{-12}$ m <sup>2</sup> /s
R <sup>2</sup>	0,9978	
Inntrengning	142,3	g/m <sup>2</sup>
k (0.1 %)	48,3	mm

x	målt	status
2,5	0,720	ok
3,5	0,654	ok
4,5	0,588	ok
5,5	0,522	ok
7,5	0,390	ok
9,5	0,258	ok
10	0,225	ok
13	0,165	ok
15	0,126	ok
17	0,086	ok
20	0,026	ok
25	0,020	ok
29	0,014	ok
30	0,013	ok



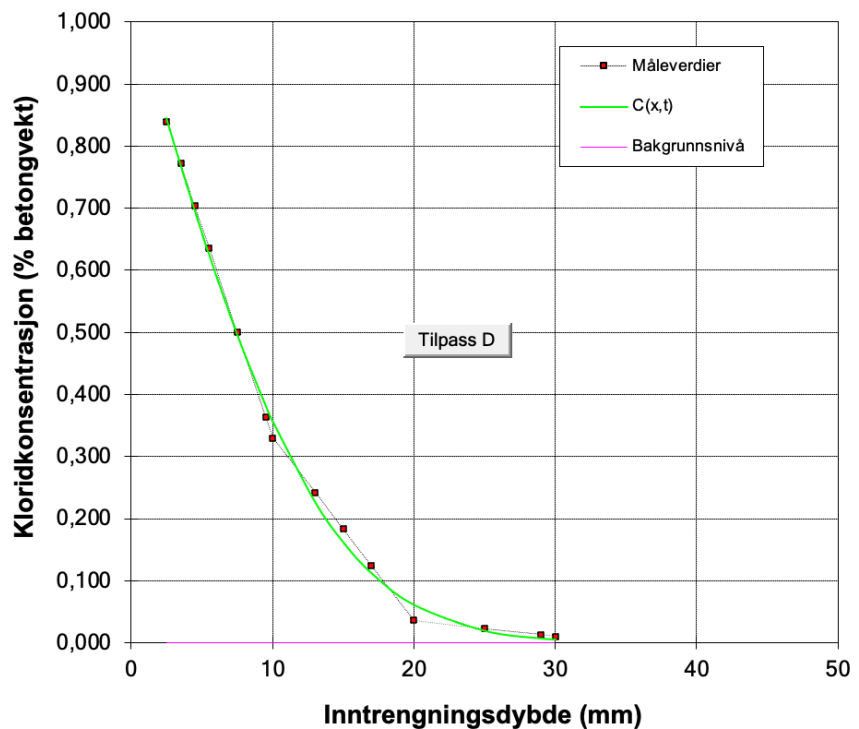
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,055	% betong
D	13,84	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9980	
Inntrengning	158,0	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	49,4	mm

x	målt	status
2,5	0,820	ok
3,5	0,744	ok
4,5	0,668	ok
5,5	0,592	ok
7,5	0,440	ok
9,5	0,288	ok
10	0,250	ok
13	0,181	ok
15	0,135	ok
17	0,088	ok
20	0,019	ok
25	0,017	ok
29	0,015	ok
30	0,015	ok



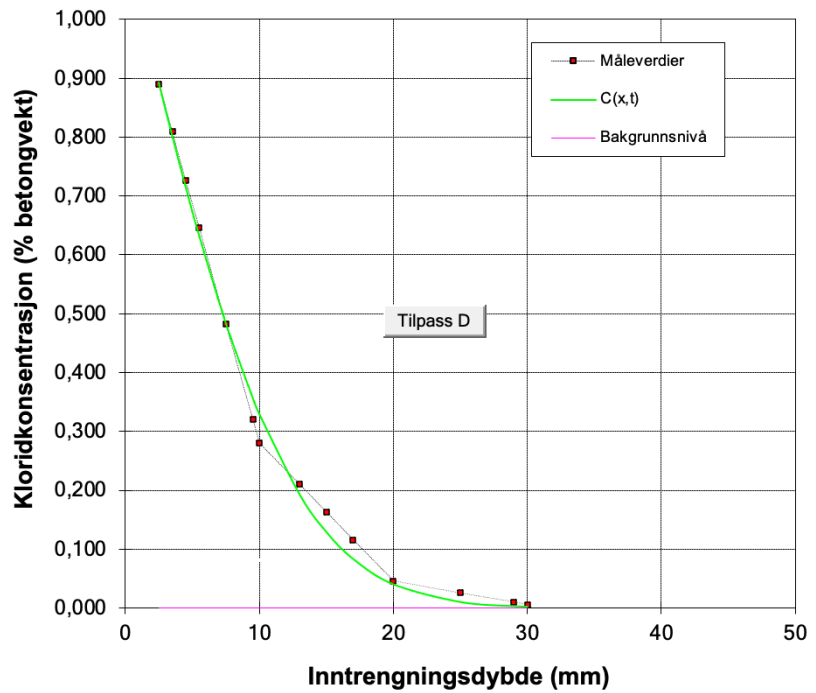
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,040	% betong
D	18,41	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9988	
Inntrengning	182,3	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	56,7	mm

x	målt	status
2,5	0,840	ok
3,5	0,772	ok
4,5	0,704	ok
5,5	0,636	ok
7,5	0,500	ok
9,5	0,364	ok
10	0,330	ok
13	0,242	ok
15	0,183	ok
17	0,124	ok
20	0,036	ok
25	0,023	ok
29	0,013	ok
30	0,010	ok



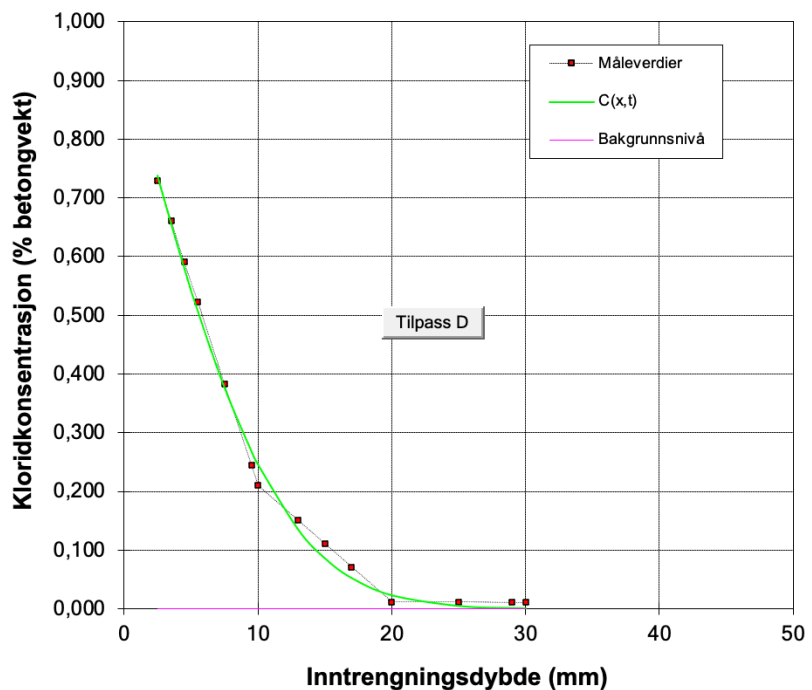
Eksponert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,126	% betong
D	14,91	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9975	
Inntrengning	178,9	g/m <sup>2</sup>
k (0.1 %)	52,2	mm

x	målt	status
2,5	0,890	ok
3,5	0,809	ok
4,5	0,727	ok
5,5	0,646	ok
7,5	0,483	ok
9,5	0,321	ok
10	0,280	ok
13	0,210	ok
15	0,163	ok
17	0,116	ok
20	0,046	ok
25	0,026	ok
29	0,010	ok
30	0,006	ok



Eksponert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,950	% betong
D	12,97	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9979	
Inntrengning	136,5	g/m <sup>2</sup>
k (0.1 %)	46,4	mm

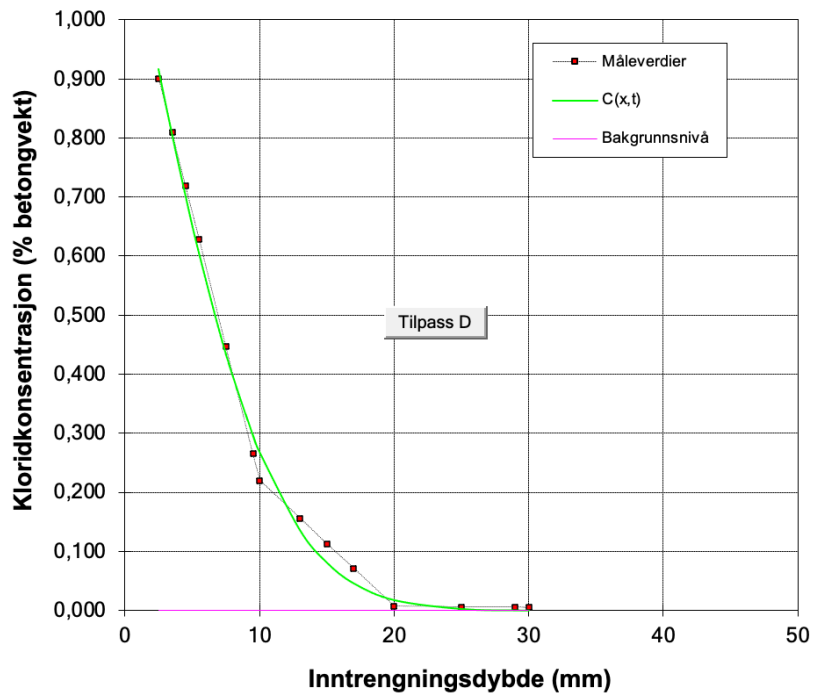
x	målt	status
2,5	0,730	ok
3,5	0,661	ok
4,5	0,591	ok
5,5	0,522	ok
7,5	0,383	ok
9,5	0,245	ok
10	0,210	ok
13	0,151	ok
15	0,111	ok
17	0,071	ok
20	0,012	ok
25	0,012	ok
29	0,011	ok
30	0,011	ok





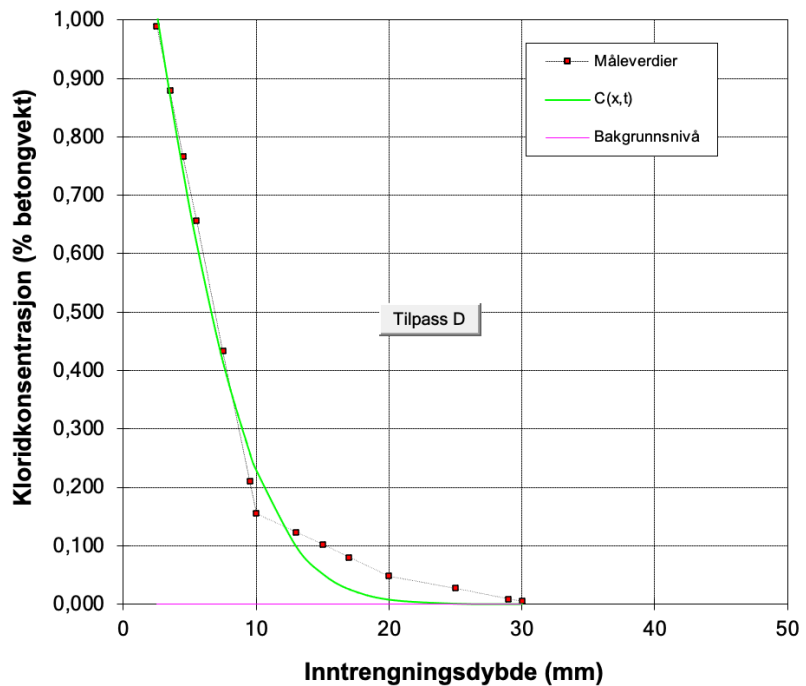
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,205	% betong
D	11,13	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9976	
Inntrengning	156,8	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	46,0	mm

x	målt	status
2,5	0,900	ok
3,5	0,809	ok
4,5	0,719	ok
5,5	0,628	ok
7,5	0,447	ok
9,5	0,265	ok
10	0,220	ok
13	0,156	ok
15	0,113	ok
17	0,071	ok
20	0,007	ok
25	0,006	ok
29	0,006	ok
30	0,005	ok



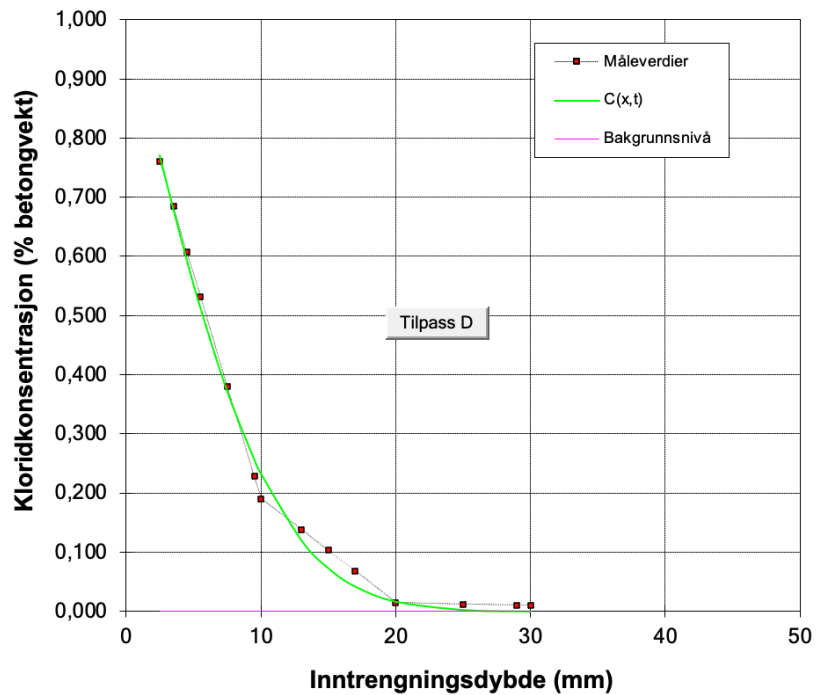
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,396	% betong
D	8,57	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9948	
Inntrengning	162,6	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	42,0	mm

x	målt	status
2,5	0,990	ok
3,5	0,879	ok
4,5	0,767	ok
5,5	0,656	ok
7,5	0,433	ok
9,5	0,211	ok
10	0,155	ok
13	0,123	ok
15	0,102	ok
17	0,080	ok
20	0,048	ok
25	0,027	ok
29	0,009	ok
30	0,005	ok



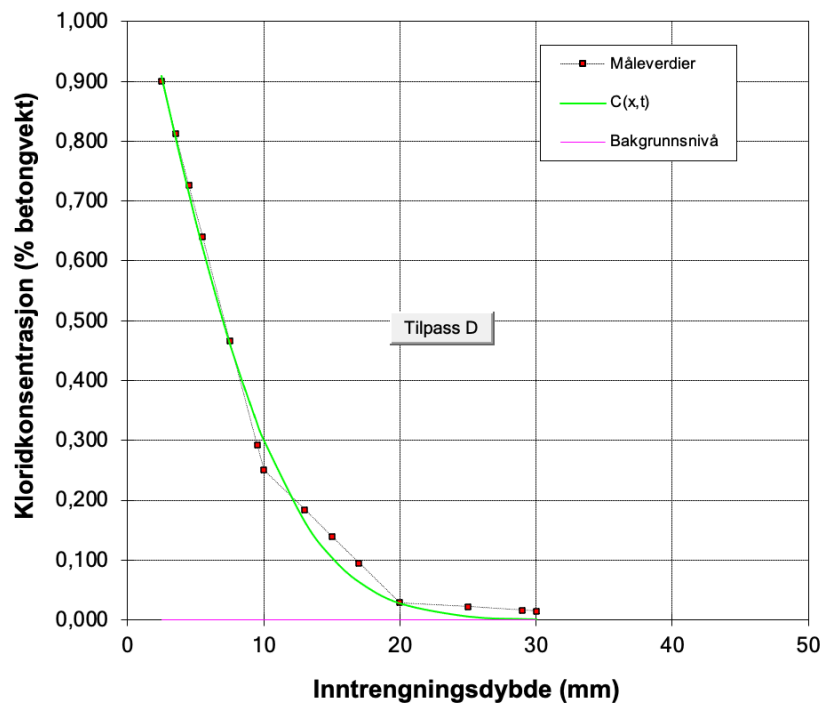
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,009	% betong
D	11,54	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9974	
Inntrengning	136,1	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	44,5	mm

x	målt	status
2,5	0,760	ok
3,5	0,684	ok
4,5	0,608	ok
5,5	0,532	ok
7,5	0,380	ok
9,5	0,228	ok
10	0,190	ok
13	0,138	ok
15	0,103	ok
17	0,068	ok
20	0,015	ok
25	0,012	ok
29	0,010	ok
30	0,010	ok



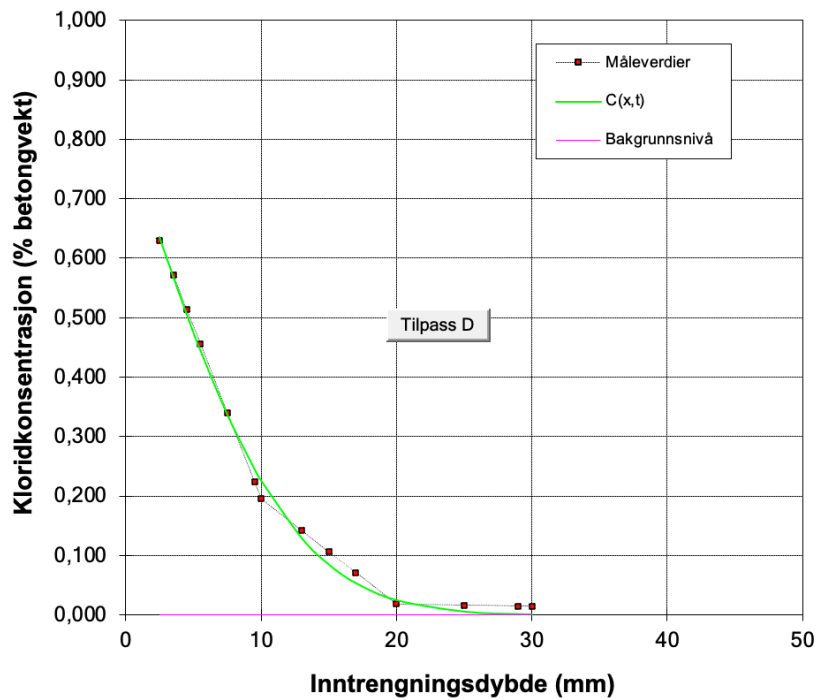
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,170	% betong
D	12,86	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9974	
Inntrengning	169,7	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	48,9	mm

x	målt	status
2,5	0,900	ok
3,5	0,813	ok
4,5	0,727	ok
5,5	0,640	ok
7,5	0,467	ok
9,5	0,293	ok
10	0,250	ok
13	0,184	ok
15	0,140	ok
17	0,095	ok
20	0,029	ok
25	0,022	ok
29	0,016	ok
30	0,015	ok



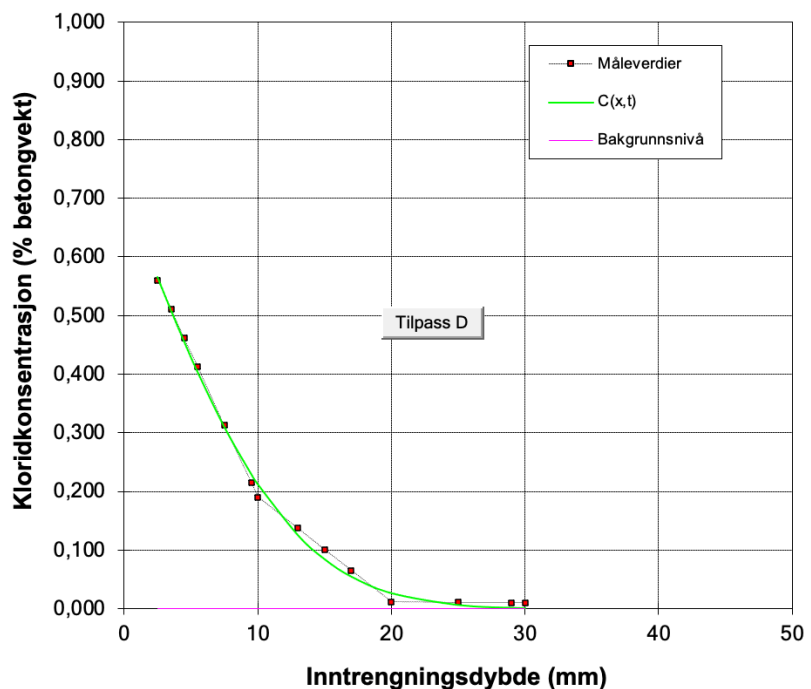
Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,807	% betong
D	14,16	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9979	
Inntrengning	123,1	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	46,0	mm

x	målt	status
2,5	0,630	ok
3,5	0,572	ok
4,5	0,514	ok
5,5	0,456	ok
7,5	0,340	ok
9,5	0,224	ok
10	0,195	ok
13	0,142	ok
15	0,106	ok
17	0,071	ok
20	0,018	ok
25	0,016	ok
29	0,015	ok
30	0,015	ok



Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,711	% betong
D	15,31	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9984	
Inntrengning	112,0	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	45,8	mm

x	målt	status
2,5	0,560	ok
3,5	0,511	ok
4,5	0,461	ok
5,5	0,412	ok
7,5	0,313	ok
9,5	0,215	ok
10	0,190	ok
13	0,137	ok
15	0,101	ok
17	0,065	ok
20	0,012	ok
25	0,011	ok
29	0,010	ok
30	0,010	ok



**Beregning av Cs og D**

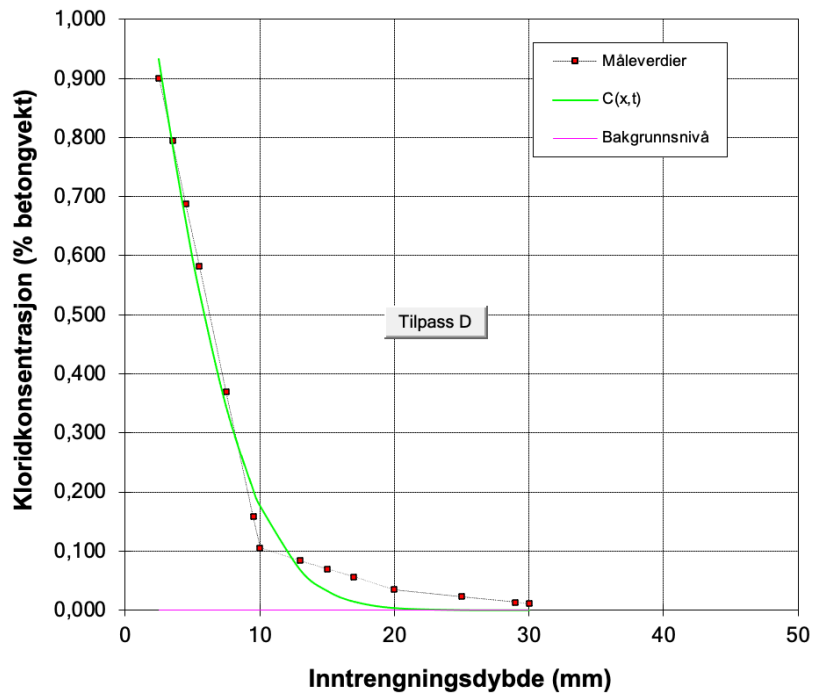
Prosjekt: Bacheloroppgave Ida

Profil F1

© 2019-07-10 ss

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,318	% betong
D	7,39	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9944	
Inntrengning	138,0	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	38,2	mm

x	målt	status
2,5	0,900	ok
3,5	0,794	ok
4,5	0,688	ok
5,5	0,582	ok
7,5	0,370	ok
9,5	0,158	ok
10	0,105	ok
13	0,084	ok
15	0,070	ok
17	0,056	ok
20	0,035	ok
25	0,023	ok
29	0,013	ok
30	0,011	ok



**Beregning av Cs og D**

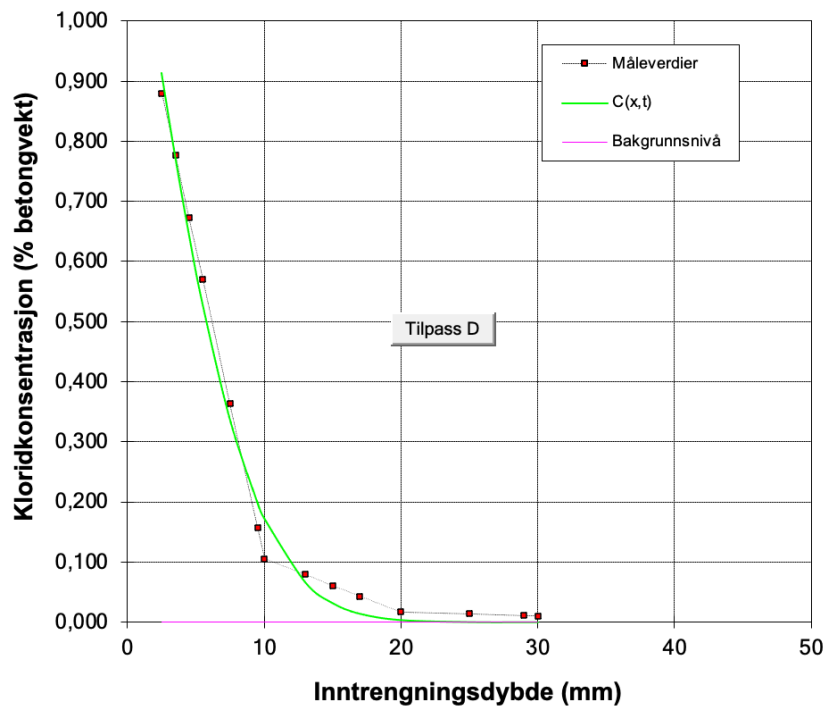
Prosjekt: Bacheloroppgave Ida

Profil F2

© 2019-07-10 ss

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	1,292	% betong
D	7,36	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R <sup>2</sup>	0,9953	
Inntrengning	131,3	$\text{g}/\text{m}^2$
k (0.1 %)	38,1	mm

x	målt	status
2,5	0,880	ok
3,5	0,777	ok
4,5	0,673	ok
5,5	0,570	ok
7,5	0,363	ok
9,5	0,157	ok
10	0,105	ok
13	0,079	ok
15	0,061	ok
17	0,043	ok
20	0,017	ok
25	0,014	ok
29	0,011	ok
30	0,010	ok



### Beregning av Cs og D

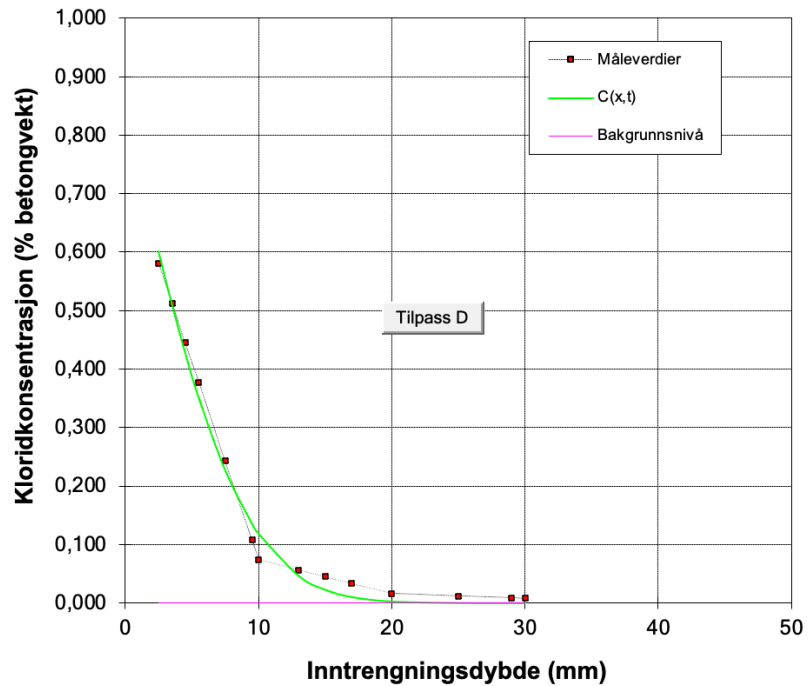
Prosjekt: Bacheloroppgave Ida

Profil F3

© 2019-07-10 ss

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,843	% betong
D	7,62	$10^{-12}$ m <sup>2</sup> /s
R <sup>2</sup>	0,9951	
Inntrengning	88,9	g/m <sup>2</sup>
k (0.1 %)	34,3	mm

x	målt	status
2,5	0,580	ok
3,5	0,513	ok
4,5	0,445	ok
5,5	0,378	ok
7,5	0,243	ok
9,5	0,108	ok
10	0,074	ok
13	0,057	ok
15	0,045	ok
17	0,033	ok
20	0,016	ok
25	0,012	ok
29	0,009	ok
30	0,008	ok



### Beregning av Cs og D

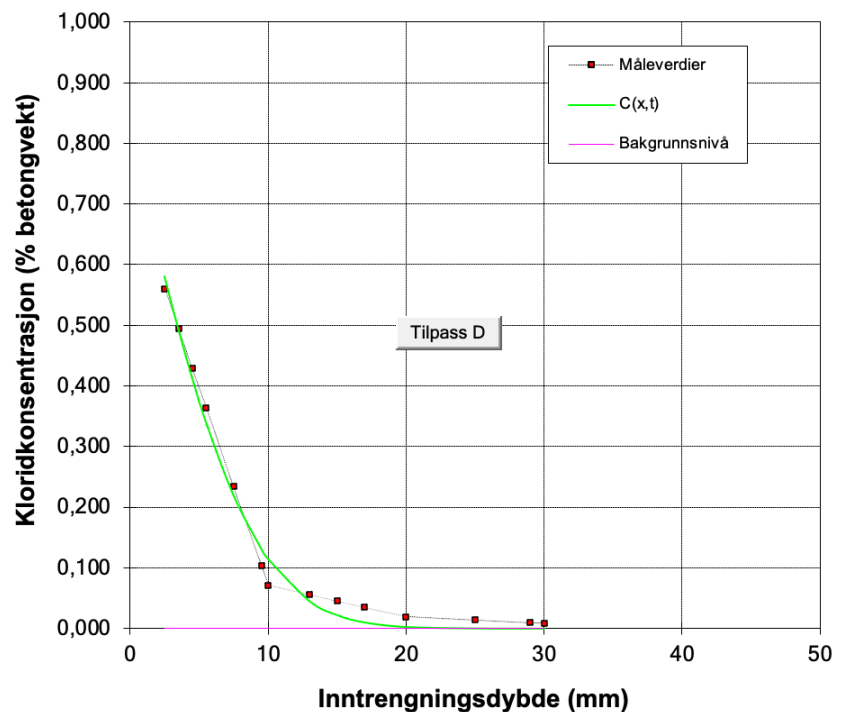
Prosjekt: Bacheloroppgave Ida

Profil F4

© 2019-07-10 ss

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,000	% betong
Cs	0,814	% betong
D	7,63	$10^{-12}$ m <sup>2</sup> /s
R <sup>2</sup>	0,9949	
Inntrengning	86,7	g/m <sup>2</sup>
k (0.1 %)	33,9	mm

x	målt	status
2,5	0,560	ok
3,5	0,495	ok
4,5	0,430	ok
5,5	0,364	ok
7,5	0,234	ok
9,5	0,104	ok
10	0,071	ok
13	0,055	ok
15	0,045	ok
17	0,035	ok
20	0,019	ok
25	0,014	ok
29	0,010	ok
30	0,009	ok



## Vedlegg E – Prosedyrer:

*NT Build 443*

*14.641 – Kloridinnhold i betong ved RCT-test*

*Speedy Moisture Test-prosedyre*

## CONCRETE, HARDENED: ACCELERATED CHLORIDE PENETRATION

UDC 622.43

Key words: Test method, hardened concrete, chloride penetration, non-steady state diffusion

### 1 SCOPE

This Nordtest method specifies a procedure for the determination of penetration parameters for estimating the resistance against chloride penetration into hardened concrete or other cement-based materials.

The resistance against chloride penetration is determined by accelerated testing.

### 2 FIELD OF APPLICATION

The method is applicable to test specimens from existing structures and to new samples older than 28 maturity-days. The concrete test specimens must be free from construction faults such as cavities and visible cracks.

It is important to keep in mind that the values for the chloride penetration parameters are dependent on concrete maturity. Especially concretes containing pozzolans will not have reached optimum maturity after a period of 28 maturity-days, which is the specified minimum curing time before exposure.

Deviations from the requirements of the method concerning exposure temperature, exposure time, together with the composition and the chloride concentration of the exposure liquid, can be made where required by the purpose of the test. In case of any deviations, it must be stated in the test report that the results are obtained from a modified test and the deviations must be specified.

Parameters of importance for the resistance against chloride penetration are e.g. composition, workmanship, surfacing, curing, age.

### 3 REFERENCES

NT BUILD 202, 2nd ed. Approved 1984-05. Concrete, hardened: Sampling and treatment of cores for strength tests.

NT BUILD 208, 2nd ed. Approved 1984-05. Concrete, hardened: Chloride content.

### 4 DEFINITIONS

**Chloride penetration:** The ingress of chlorides into concrete due to exposure to external chloride sources.

**Exposure temperature:** The temperature of the exposure liquid while the test specimen is submerged in it.

**Exposure time:** The time from immersion of the test specimen in the exposure liquid to profile grinding.

**Profile grinding:** Grinding off concrete powder in thin successive layers from a test specimen using a dry process.

**Maturity-day:** A concrete of 28 maturity-days has developed a maturity corresponding to curing for 28 days at 20 °C

**Surface-dry condition:** Is achieved by drying the water-saturated test specimen with a clean cloth or similar leaving the test specimen damp but not wet. This is achieved by wetting the cloth with the liquid in which the test specimen has been immersed and then wringing it out sufficiently to absorb any liquid adhering to the surface of the specimen.

### 5 SAMPLING

This method requires drilled cores or cast cylinders as test specimens. They must be representative of the concrete and/or structure in question. The concrete must be hardened to minimum 28 maturity-days. At least three test specimens should be used in the test. The diameter should be at least Ø75 mm, but not less than 3 times the maximum aggregate size. The length should be minimum 100 mm.

### 6 METHOD OF TEST

#### 6.1 Principle

A water-saturated concrete specimen is on one plane surface exposed to water containing sodium chloride. After a specified exposure time thin layers are ground off parallel to the exposed face of the specimen and the chloride content of the layers,  $C_x$ , is measured. The original (initial) chloride content of the concrete,  $C_i$ , is measured at a suitable depth below the exposed surface. The effective chloride transport coefficient,  $D_e$ , and the boundary condition of the chloride profile at the

exposed surface,  $C_s$ , are calculated. This is done by using the related values of measured depth below the exposed surface,  $x$ , and measured chloride content,  $C_x$ .

The penetration parameter,  $K_{C_r}$ , is calculated for a selected chloride concentration,  $C_r$ . The influence of  $D_e$ ,  $C_s$ ,  $C_i$ , and  $C_r$  is combined in the calculation of  $K_{C_r}$ , which facilitates comparison of the results.

## 6.2 Reagents and apparatus

### 6.2.1 Reagents

- Redistilled or demineralised water.
- Calcium hydroxide ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), technical quality.
- Sodium chloride ( $\text{NaCl}$ ), technical quality.
- 2-component (chloride-ion diffusion-proof) polyurethane or epoxy-based paint (membrane).
- Chemicals for chloride analysis according to applied test method.

### 6.2.2 Apparatus

- Water-cooled diamond saw.
- Balance, accuracy better than  $\pm 0,01$  g.
- Thermometer, accuracy better than  $\pm 1$  °C.
- Temperature controlled cupboard.
- Plastic container with tight-fitting lid.
- Equipment for grinding off and collecting concrete powder from thin concrete layers (less than 2 mm).
- Equipment for crushing concrete.
- Standard sieve, mesh width 1.0 mm.
- Equipment for chloride analysis according to applied test method.
- Slide caliper, accuracy better than  $\pm 0.1$  mm.

## 6.3 Preparation of test samples

From each of the concrete cones or concrete cylinders, the parts 6.3.1 and 6.3.2 specified below are cut off by means of a water-cooled diamond saw.

### 6.3.1 Test specimen for exposure in NaCl solution

If a drilled core is used, the test specimen is prepared by cutting off the outermost approx. 70 mm of the core. A test specimen is thus obtained, of which one end face is the original surface and the other is a sawn face. The outermost approx. 10 mm is then cut off the original concrete surface (note 1), and the resulting sawn surface is exposed in the NaCl solution.

Note 1: It is very important that the test is made on the concrete between the surface and the layer of reinforcement because it is here that the protection against chloride penetration is needed. Furthermore, the quality of the concrete in this particular area can deviate from the rest of the concrete. The outermost approx. 10 mm of concrete is removed to ensure that the measurement is made in an area with an approximately constant cement matrix content.

If a cast cylinder is used, the test specimen is prepared by dividing the cylinder into halves by a cut perpendicular to the axis of the cylinder. One half is used as test specimen, with the sawn surface exposed in the NaCl solution.

The test specimen is immersed in a saturated  $\text{Ca(OH)}_2$  solution at about 23 °C in a tightly closed plastic container. The container must be filled to the top to minimize carbonation of the liquid. The next day the mass in surface-dry condition ( $m_{sd}$ ) is determined by weighing the test specimen.

The storage in the saturated  $\text{Ca(OH)}_2$  solution continues until  $m_{sd}$  does not change by more than 0.1 mass % per 24 hours.

All faces of the test specimen except the one to be exposed are then dried at room temperature to a stable white-dry condition and given an approx. 1 mm thick epoxy or polyurethane coating. Precautions must be taken to ensure that no coating material gets onto the surface to be exposed. It must be ensured that the method of application and hardening prescribed by the supplier of the coating material is observed.

When the coating has hardened, the test specimen is immersed in the  $\text{Ca(OH)}_2$  solution until  $m_{sd}$  stabilizes as described above.

### 6.3.2 Slice of at least 20 mm thickness

From the remainder of the drilled core or cast cylinder a slice of at least 20 mm thickness is cut in extension of test specimen 6.3.1.

## 6.4 Procedure

### 6.4.1 Exposure liquid

An aqueous NaCl solution is prepared with a concentration of  $165 \text{ g} \pm 1 \text{ g NaCl per dm}^3$  solution. This exposure liquid is used for 5 weeks and then replaced by a new pure NaCl solution. The NaCl concentration of the solution must be checked at least before and after use.

### 6.4.2 Exposure temperature

The temperature of the water bath must be 21-25°C with a target average temperature of 23 °C. The temperature must be measured at least once a day.

### 6.4.3 Exposure

The  $\text{Ca(OH)}_2$  solution in the container used for water saturation is replaced with the exposure liquid and the test specimen 6.3.1 is immersed in surface-dry condition in the saline solution. It is important that the container is completely filled with the exposure liquid and closed tightly. The ratio between the exposed area in  $\text{cm}^2$  and the volume of exposure liquid in  $\text{dm}^3$  shall be minimum 20 and maximum 80. The container is placed in the temperature controlled cupboard during exposure. The exposure shall last for at least 35 days, and the container is



shaked once every week. The date and time of exposure start and exposure stop is recorded.

#### 6.4.4 Profile grinding

The chloride profile is measured immediately after the exposure by grinding off material in layers parallel to the exposed surface. The grinding is performed within a diameter approx. 10 mm less than the full diameter of the core. This obviates the risk of edge effects and disturbances from the coating.

At least eight layers must be ground off. The thickness of the layers must be adjusted according to the expected chloride profile, so that minimum 6 points covers the part of the profile between the exposed surface and the depth with a chloride content of  $C_i + 0.03$  mass %. However, the outermost layer must always have a thickness of minimum 1.0 mm.

It must be ensured that a sample of at least 5 g of dry concrete dust is obtained from each layer. For each sample of concrete dust collected, the depth below the exposed surface is calculated as the average of five uniformly distributed measurements using a slide caliper.

#### 6.4.5 Chloride analysis

The acid-soluble chloride content of the samples is determined to three decimals in accordance with NT BUILD 208 or by a similar method with the same or better accuracy. The accuracy must be documented.

#### 6.4.6 Initial chloride content

From the concrete slice 6.3.2, a representative subsample of approx. 20 g is prepared, e.g. by crushing until the material passes a 1 mm standard sieve, followed by splitting. The acid-soluble chloride content of the subsample is determined to three decimals by using the method described in 6.4.5. The measured chloride content is the initial chloride content of the specimen,  $C_i$ .

### 6.5 Expression of results

#### 6.5.1 Test results

The values of  $C_s$  and  $D_e$  are determined by fitting the equation (1) to the measured chloride contents by means of a non-linear regression analysis in accordance with the method of least squares fit. The first point of the profile determined from the sawn face is omitted in the regression analysis. The other points are weighted equally.

$$C(x,t) = C_s - (C_s - C_i) \cdot \operatorname{erf}\left(x / \sqrt{4 \cdot D_e \cdot t}\right) \quad (1)$$

where

$C(x,t)$  [mass %] is the chloride concentration, measured at the depth  $x$  at the exposure time  $t$

$C_s$  [mass %] is the boundary condition at the exposed surface

$C_i$  [mass %] is the initial chloride concentration measured on the concrete slice 6.3.2

$x$  [m] is the depth below the exposed surface (to the middle of a layer)

$D_e$  [ $m^2/s$ ] is the effective chloride transport coefficient

$t$  [s] is the exposure time (with an accuracy better than 5 hours)

$\operatorname{erf}$  is the error function defined in (2)

$$\operatorname{erf} z = 2 / \sqrt{\pi} \cdot \int_0^z \exp(-u^2) du \quad (2)$$

Tables with values of the error function are given in standard mathematical reference books.

The penetration parameter,  $K_{C_r}$  is calculated using the values of  $C_i$  [mass % of concrete],  $C_s$  [mass % of concrete],  $D_e$  [ $m^2/s$ ], and  $C_r$  [mass % of concrete] (note 2) according to (3). The  $C_r$ -value is set to 0.05 mass % unless another value is required.

$$K_{C_r} = 2\sqrt{D_e} \cdot \operatorname{erf}^{-1}\left(\frac{C_s - C_r}{C_s - C_i}\right) \quad (3)$$

Note 2: In (3)  $C_r$  is a selected reference chloride concentration. Note that  $K_{C_r}$ , only is defined when  $C_s > C_r > C_i$ .

The test results are:

- The initial chloride concentration,  $C_i$ , stated to three decimals in mass % of dry concrete.
- The boundary condition at the exposed surface,  $C_s$ , stated to three decimals in mass % of dry concrete.
- The effective chloride transport coefficient,  $D_e$ , stated to two significant digits in  $m^2/s$ .
- The penetration parameter,  $K_{C_r}$  stated to two significant digits in mm/ year. The  $C_r$ -value used to calculate  $K_{C_r}$ , must be clearly stated in the test report.

Please note that the values of  $C_s$  and  $D_e$  should not be directly used for prediction of chloride penetration under conditions other than those used in the test. (If  $K_{C_r}$  is calculated in the unit mm/ s it is multiplied by  $5.6157 \cdot 10^6$  to translate the unit to mm/ year.)

#### 6.5.2 Other information of importance

- The measured chloride contents at all points are plotted versus the depths below the exposed surface. The curve for the optimized mathematical model (1) is plotted on the same graph (See Figure 1).
- The correlation between the measured chloride contents and the corresponding chloride contents calculated according to (1) is determined by means of a linear regression analysis.
- The average exposure temperature is calculated. The variation must be illustrated, e.g. by giving the measured temperature curve.
- The average chloride concentration of the exposure liquid is calculated.

## 6.6 Accuracy

The following variation coefficients (the standard deviation divided by the mean value) can be expected:

$$C_s = 20 \%, D_\theta = 15 \% \text{ and } K_{0,05} = 10 \%$$

## 6.7 Test report

The test report shall include the following information, if relevant:

- a) Name and address of the test laboratory, and the place at which the tests were performed if different from the laboratory address.
- b) Date and identification number of the test report.
- c) Name and address of the organisation or person who ordered the test.
- d) Purpose of the test.
- e) Method of sampling and other circumstances (date and person responsible for the sampling).
- f) Name and address of the manufacturer or supplier of the tested object.
- g) Name or other identification marks of the tested object.
- h) Description of the tested object including the age of the test specimen.
- i) Date of supply of the tested object.
- j) Date of the test.
- k) Test method.
- l) Conditioning of the test specimens, environmental data during the test (temperature, chloride concentration in exposure liquid, etc.)
- m) Identification of the test equipment and instruments used.
- n) Any deviations from the test method together with other information of importance for judging the result.
- o) Test results.
- p) Inaccuracy or uncertainty of the test result.
- q) Date and signature.

**A.1 NON-LINEAR REGRESSION ANALYSIS**

The regression analysis is performed by minimising the sum given in (A.1)

$$S = \sum_{n=2}^N C^2(n) = \sum_{n=2}^N (C_m(n) - C_c(n))^2 \quad (A.1)$$

where

S [(mass %)<sup>2</sup>] is the sum of squares to be minimized

N [-] is the number of concrete layers ground off

C(n) [mass %] is the difference between the measured and the calculated chloride concentration of the n'th concrete layer

C<sub>m</sub>(n) [mass %] is the measured chloride concentration of the n'th concrete layer

C<sub>c</sub>(n) [mass %] is the calculated chloride concentration in the middle of the n'th concrete layer

Refer to Figure 1 for clarification.

**A.2 BACKGROUND INFORMATION**

Frederiksen, J. M.: "APM 302 - dansk målemetode for chloridindtrængning i beton" (APM 302 - Danish test method for chloride penetration into concrete). Dansk Beton, No. 2, p. 22-27, 1992. (In Danish.)

Sorensen, H. E.: "Determination of chloride penetration parameters for concrete". Nordtest project 1154-94, Nordtest, SF-021 51 ESPOO.

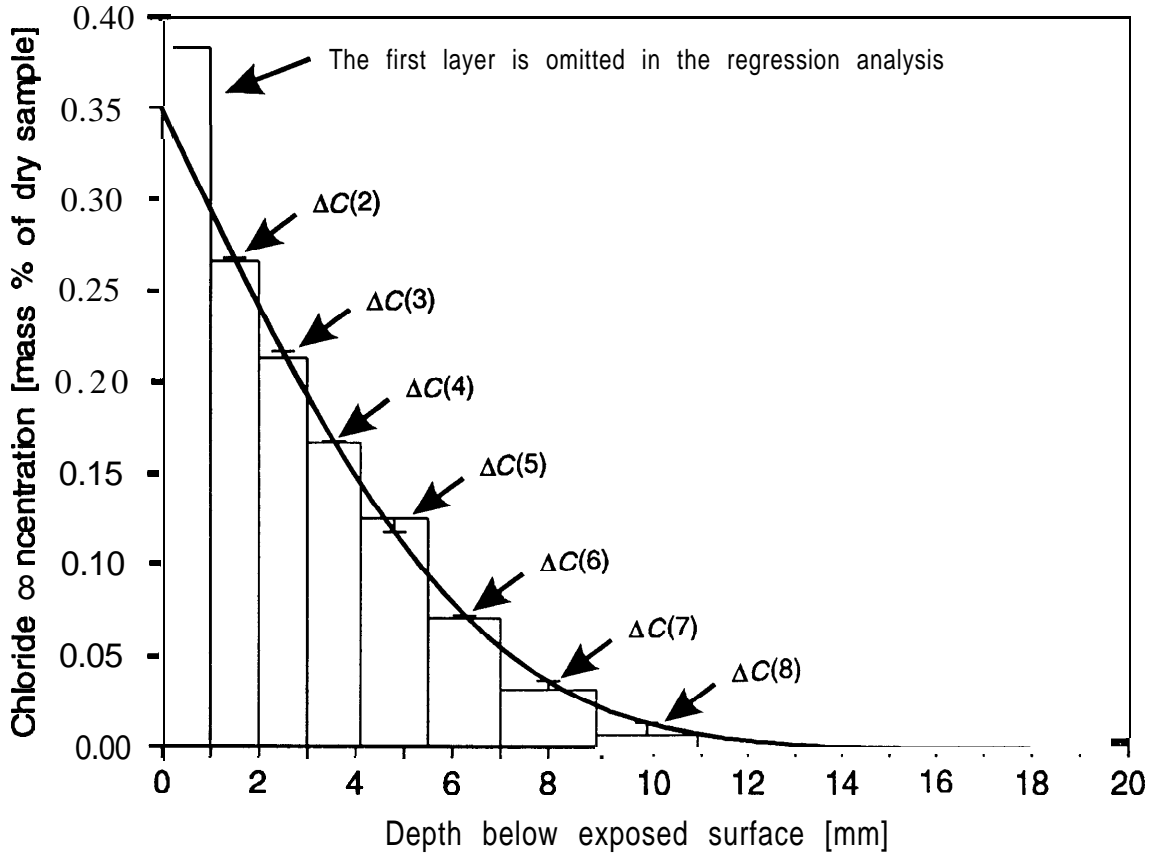


Figure 1. The regression analysis. The bars represent the measured chloride contents. The curve represents the optimized mathematical model.



## 14.641 Kloridinnhold i betong ved RCT-test

Gjeldende prosess (nov. 1996): NY

### Omfang

Denne metodebeskrivelsen omfatter en fremgangsmåte for bestemmelse av det totale kloridinnholdet i betong vha. Rapid Chloride Test (RCT). Undersøkelsen utføres på utboret betongstøv fra konstruksjonen.

Metoden tilsvarende beskrivelse 15.553 (Håndbok 015) og kan brukes som laboratorieundersøkelse eller som en hurtig feltundersøkelse. Resultatene som oppnås kan avvike fra det faktiske kloridinnholdet, som lar seg bestemme med mer eksakte metoder. Bruken av metoden bør ta hensyn til dette.

### Prinsipp

Det totale syreløselige kloridinnholdet i preparerte prøver av betongstøv måles med en kloridselektiv elektrode og et millivoltmeter. Man avleser en spenning på voltmeteret og omgjør den til kloridinnhold ( $\text{Cl}^-$  i % av betongvekt) ved å gå inn på en standard kalibreringskurve.

### Definisjoner

Ved RCT-måling av kloridinnhold i betong gjelder følgende definisjoner:

**Prøve:** Materiale fra et gitt punkt på en betongkonstruksjon, som skal undersøkes med en eller flere enkeltmålinger.

**Måleserie:** En rekke prøver som undersøkes fortløpende etter hverandre, i samme arbeidsøkt og under mest mulig konstante betingelser, mellom to eller flere sammenhengende kalibreringer og med tilhørende målinger på referansestøv.

### Referanser

Norges Byggeforskningsinstitutt (1993): *Bestemmelse av kloridinnhold i betong. Prøveuttak og analysemetoder*. Byggeforskserien A 520.034. Byggedetaljer, Oslo

NS 3671 (1987): *Betongprøving. Herdet betong. Kloridinnhold*. NSF, Oslo

K. Reknes (1994): *Ringforsøk. Felt- og lab. metoder for måling av klorider i betong*. Rapport nr. 06563. NBI, Oslo

### Utstyr

- koffert med komplett RCT-utstyr, som omfatter bl.a. millivoltmeter, kloridselektiv elektrode, ampuller med oppløsningsvæske (opplutningsvæske) til betongen, kalibreringsvæsker, kalibreringsutstyr, beger og flasker,

samt arbeidsskjema med enkeltlogaritmisk diagram for kalibrering og målinger

- vekt med nøyaktighet 0,1 gram
- referansestøv med dokumentert kloridinnhold 0,10 % og 0,25 % av betongvekt

### Vedlikehold

Innholdet i RCT-kofferten kontrolleres i hht. oversikt som skal medfølge utstyret. Innholdet kompletteres og vedlikeholdes ved behov, i hht. brukerveiledning som også skal medfølge utstyret. Oppløsningsvæsken er forbruksvare og kan kjøpes separat. Kalibreringsvæskene fornyes ved behov, i hht. brukerveiledningen.

Kalibrering av elektroden er en del av standard fremgangsmåte og utføres for hver måleserie.

Referansestøv er ikke en del av RCT-utstyret og må anskaffes separat.

### Fremgangsmåte

Betongstøv til RCT-test bores ut og behandles i samsvar med 15.517 (Håndbok 015). Støvet kan samles opp vha. spesialutstyr som medfølger RCT-utstyret.

For hvert punkt (ev. hver dybde) som skal undersøkes bør prøven være på 20 gram totalt. Prøven skal være helt tørr og blandes/homogeniseres før det tas ut en representativ porsjon på 1,5 gram støv til selve kloridmålingen (se nedenfor). Dersom det kreves parallelle målinger, tas det ut flere porsjoner à 1,5 gram.

Referansestøv skal benyttes ved hver ny måleserie uansett antall prøver. Det bør være en referanseprøve pr. 20. prøve, og minst to referanseprøver totalt.

### Klargjøring og kalibrering

Elektroden kontrolleres og kalibreres i hht. oppgitt prosedyre i RCT-utstyrets brukerveiledning. Denne kontrollen skal utføres før oppstart og etter avslutning av hver måleserie. I prinsippet omfatter kalibreringen følgende trinn:

- Utstyret tempereres på stedet der målingene skal utføres i én time før målingene begynner og temperaturen holdes, om mulig, konstant under hele måleperioden.
- Elektrodens standard kalibreringskurve bestemmes vha. væsker med kjent kloridinnhold. Det benyttes fire forskjellige kloridkonsentrasjoner, f.eks. tilsvarende: 0,005, 0,020, 0,050 og 0,500 masseprosent av betongvekt.

- Elektroden rengjøres (spyles) med destillert eller ionebyttet vann mellom hvert kalibreringsnivå.
- Avlest spenning og tilhørende kloridkonsentrasjon plottes i diagrammet på arbeidsskjemaet, og standard kalibreringskurve tegnes opp. Standardkurven vil være tilnærmet rettlinjert når den er plottet med lineær spenningskala og logaritmisk kloridkonsentrasjonsskala.
- Elektrodens standard kalibreringskurve skal bestemmes på ny etter at måleserien er avsluttet for å korrigere for ev. drift i løpet av målingene.

I tillegg til prosedyren i brukerveiledningen skal kalibreringen kontrolleres ved prøving av referansekstøv med kjente kloridkonsentrasjoner, hhv. 0,10 % og 0,25 % klorider i forhold til betongvekten. Fremgangsmåten er som ved testing av ordinære prøver, se nedenfor. Avlest kloridinnhold for referanseprøvene bør normalt ikke avvike mer enn 25 % i forhold til oppgitt kloridinnhold. Resultatet for referanseprøvene angis i rapporten. Før man tar i bruk oppløsningsvæsken kontrolleres denne uten tilsetning av støv. Riktig avlesning på væsken alene skal normalt være 112-115 mV.

### Måling på utboret betongstøv

Testing av betongstøv utføres i hht. RCT-utstyrets brukerveiledning. I prinsippet omfatter det følgende trinn:

- Sørg for at temperaturen på utstyr og oppløsningsvæske samt prøver er den samme som ved kalibreringen og holder seg konstant under hele måleserien.
- Betongstøv fylles i målebegeret og stemples opp til indikatorlinjen for 1,5 g betongstøv. Det er viktig at støvet blir ordentlig komprimert i målebegeret. Det er fordelaktig om prøvene kontrollveies.
- Pass på at det ikke faller grovere støvkorn nederst i målebegeret som er traktformet. Grovere korn kan lage hulrom som vil gi avvik i vekt.
- Betongstøvet helles fra målebegeret og over i plastflasken med oppslutningsvæske. La den stå noen min. før lokket skrues på og prøven ristes.
- Plastflasken ristes i minst 5 min. Inneholder løsningen grove partikler må den ristes tilsvarende lenger (10 min.).
- Løsningen settes til side i nye 5 min.
- Elektroden settes ned i den oppsluttede væsken.
- Når avlesningen på voltmeteret er stabil, leses verdien av. Ved høye avlesningsverdier (lavt kloridinnhold) kan det gå opptil 2 min. før avlesningen er stabil. Ved lave avlesningsverdier (høyt kloridinnhold) stabiliserer avlesningen seg nesten umiddelbart.
- Elektroden rengjøres med destillert eller ionebyttet vann mellom hver avlesning. OBS! Elektroden må ikke tørkes av, skal kun spyles! Dråpen som blir hengende under elektroden etter spyling fjernes ved at et tørke-/trekkpapir holdes inntil dråpen.
- Den avleste spenningen plottes på standardkurven. Kloridinnholdet leses av kurven direkte i masseprosent av betongvekt.

## Resultater

### Registreringer

- temperatur
- alle kalibreringsdata (kjente kloridkonsentrasjoner og tilhørende avlesning på millivoltmeteret)
- avlesning på millivoltmeteret ved testing av referansekstøv
- avlesning på millivoltmeteret ved testing av ordinære prøver av betongstøv

### Beregninger

Kloridinnholdet i støvprøvene avleses fra standard kalibreringskurve som funksjon av avlest spenning på millivoltmeteret. Dette gir kloridinnholdet ( $\text{Cl}^-$ ) i % av betongvekten, uavhengig av sementmengden i betongen. Kloridinnholdet angis og rapporteres i % av betongvekten med 2 desimaler.

I tillegg bør kloridinnholdet angis i forhold til antatt sementmengde i betongen, ut fra følgende omregning:

$$\text{Cl}^- \text{ i \% av sement} = \frac{\text{Cl}^- \text{ i \% av betong} \cdot \text{Densitet av betong}}{\text{Sementinnhold}}$$

hvor:

Densitet av betong = 2400 kg/m<sup>3</sup> (vanligvis)

Sementinnhold angis i kg/m<sup>3</sup>

Eksempel:

I en betong er kloridinnholdet målt til 0,02 % av betongvekten. Forutsatt at densiteten er 2400 kg/m<sup>3</sup> og sementinnholdet er 380 kg/m<sup>3</sup> blir omregningen slik:

$$\text{Cl}^- \text{ i \% av sement} = \frac{0,02 \cdot 2400}{380} = 0,13$$

### Usikkerhet

RCT (Rapid Chloride Test) gir god repeterbarhet, men kan gi mindre god overensstemmelse med det faktiske kloridinnholdet slik dette lar seg bestemme ved andre metoder. Nøyaktigheten reduseres med økende kloridkonsentrasjon. Kalibreringsvæskene har begrenset holdbarhet og er følsomme for eventuelle forurensninger. Det kan by på problemer å få stabilisert elektroden under målingene. Temperaturen i kalibreringsvæskene har innvirkning på posisjonene i kalibreringskurven, men testresultatene påvirkes ikke når oppslutningsvæsken med prøven har samme temperatur.

Metoden er ment å gi måleresultatene i løpet av kort tid, men målingene blir mer nøyaktige om de oppløste prøvene får stå lengre enn de beskrevne 5 min. (f.eks. over natten).

Andre feilkilder som gjør seg spesielt gjeldende er unøyaktig opptegning av kalibreringskurve og unøyaktig avlesning fra kurven. Uregelmessigheter ved prøvetaking og behandling av prøvene, samt foreldet eller forurenset oppløsningsvæske, kan også gi betydelig utslag på resultatene.

## Rapportering

Det skal lages en prøvingsrapport som minst skal inneholde følgende punkter:

- dato og rapportidentifikasjon
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- navn og adresse på ansvarlig for prøvingen

- prøvingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- prøvetakingsmetode
- dybdeintervaller
- dato og sted for prøvetaking og kloridmåling
- identifikasjon av referanseprøver
- antatt sementinnhold i betongen
- alle registreringer og utregninger
- værforhold
- annen informasjon av betydning for bedømmelse av resultatet
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen

RCT-arbeidsskjemaet i utfylt stand med inntegnede kalibreringsverdier og andre måleverdier skal inngå i rapporten.



# Standard Test Procedures Manual

Section: SOILS

Subject: MOISTURE BY SPEEDY TESTER

## 1. SCOPE

### 1.1. Description of Test

This method describes the procedure for determining the moisture content of soils and other materials. The reaction of water with calcium carbide produces acetylene gas which activates a pressure gauge that is calibrated to read as percent moisture.

## 2. APPARATUS AND MATERIALS

### 2.1. Equipment Required

Speedy moisture test kit which includes, scoop, balance, speedy moisture meter, measuring spoon, steel balls, speedy absorbent, weights, small brush.

## 3. PROCEDURE

### 3.1. Test Procedure

Set up apparatus as shown on diagram in kit.

Clean the cap and body of moisture meter with brush.

Place three measures of speedy absorbent into body of moisture meter and also the two steel balls.

Weigh 26 grams of soil for testing - (the scale is calibrated to balance at exactly 26 g) and place sample to be tested in cap of meter.

With meter in horizontal position put cap on and tighten clamp.

Tip speedy meter to vertical position so absorbent contacts the soil, then return it to the horizontal position. Holding it with both hands, begin a circular motion so that balls are put into orbit inside the meter. Rotate for 10 seconds - rest for 20 seconds.

Repeat rotate - rest cycle until dial remains constant (usually about 3 minutes).

Hold meter in horizontal position and read dial when it comes to rest.

With speedy meter in vertical position carefully release pressure away from you, then empty contents and clean apparatus.

If moisture is in excess of 20%, then use half sample weight (13 grams). Use weight provided for this purpose, then follow same procedure except that the reading is multiplied by two.

## 4. RESULTS AND CALCULATIONS

### 4.1. Calculations

The reading on the dial is the moisture content based on the wet-weight of soil. Convert it to the dry-weight basis with the following formula.

$$\% \text{ Moist}_{(DryWt.)} = \frac{\% \text{ Moist}_{(WetWt.)} \times 100}{100 - \% \text{ Moist}_{(WetWt.)}}$$

### 4.2. R Reporting Results

Report results on Form MR-20.

## 5. ADDED INFORMATION

Since the sample for moisture content is very small, great care must be taken to make sure the sample is representative.

This test is usually accurate to within about 1 or 2% of the true moisture content. If greater accuracy is required, use the oven dry method (STP 205-3).

Two problems often occur with the apparatus so be aware of them: one is the pressure gauge which may lose its calibration and the second is the tiny passage between the main chamber and the pressure gauge, which may become plugged. To avoid erroneous results, compare several speedy meter tests to duplicate oven-dry tests. If the difference is substantial, return the speedy meter to the central laboratory for repairs.



# Standard Test Procedures Manual

STP 205-4

Section:

SOILS

Subject:

MOISTURE BY SPEEDY TESTER

The steel balls in the main chamber are used to pulverize and mix the soil and absorbent. They should be put in orbit around the circumference of the chamber. Never use an end to end motion because the balls will seal off the opening to the pressure gauge by riveting it closed.

Because the dial readings give moisture content based on wet weight of soil, the results are lower than our normal dry-weight based tests. Below 10% the results are "close enough", but at 20%, the tests are 5% low, so corrections are needed. Use the formula given under "CALCULATIONS" to prepare a chart showing corrected moisture content for each dial reading.

# Standard Test Procedures Manual

STP 205-4

Section:  
SOILS

Subject:  
MOISTURE BY SPEEDY TESTER

## APPROVAL SHEET

New    Revision   X   Date of Previous Document 82-04-01  
Effective Date:   -  -

Description of Revision (Reason for Revision):  
Format of test procedure updated.

Review/Implementation Process:  
Reviewed by the Materials Section of the Technical Standards and Policies  
Branch.

Other Manuals/Policies Affected:  
Nil

Follow Up/Training Required:  
Nil

Comments/Concerns/Implications (Budget/Environment/Stakeholders):

Prepared and Recommended by D. MacLeod 93-11-24  
Materials Standards Engineer Date

Approval Recommended by R.A. Widger   -  -  
Senior Materials Engineer Date

Approval Recommended by A.R. Gerbrandt   -  -  
Dir., Technical Standards & Policies Br. Date

Approved by D.G. Metz   -  -  
Assistant Deputy Minister, Infrastructure Date

Electronic File Updated 94-03-09  
Update Mailed   -  -

## Vedlegg F – Materialdatablad

*Anlegg*

*Anlegg FA*

*Standard FA*

*Miljøsement*

*Lavvarmesement*

*Elkem Microsilica*

*Dynamon SX-N*

*Mapecure 1*

*Antipluviol W*

*Cur-Imp*

PRODUKTDATABLAD

# ANLEGGSEMENT

## CEMI 52,5 N

Sist revidert desember 2018

Sementen tilfredsstiller kravene i NS-EN 197-1:2011 til Portlandsement CEM I 52,5 N.

Egenskap		Deklarerte data	Krav ifølge NS-EN 197-1:2011
Finhet (Blaine m <sup>2</sup> / kg)		415	
Spesifikk vekt (kg/ dm <sup>3</sup> )		3,14	
Volumbestandighet (mm)		1	≤ 10
Begynnende størkning (min)		120	≥ 45
Trykkfasthet (MPa)	1 døgn	21	
	2 døgn	33	≥ 20
	7 døgn	49	
	28 døgn	63	≥ 52,5
Sulfat (%SO <sub>3</sub> )		≤ 4,0	≤ 4,0
Klorid (%Cl <sup>-</sup> )		≤ 0,07	≤ 0,10
Vannløselig krom (ppm Cr <sup>6+</sup> )		≤ 2	≤ 2 <sup>1</sup>
Alkalier (%Na <sub>2</sub> O <sub>ekv</sub> )		0,6	
Klinker (%)		96	95-100
Sekundære bestanddeler (%)		4	0-5

1. I henhold til EU forordning REACH Vedlegg XVII punkt 47 krom VI-forbindelser.

**NORCEM**  
HEIDELBERG CEMENT Group

Norcem AS, Postboks 142, Lilleaker, 0216 Oslo  
Tlf. 22 87 84 00 firmapost@norcem.no www.norcem.no



# Anlegg sement FA

## Tekniske data

Norcem Anleggsement FA tilfredsstillter kravene til Portland flygeaskesement.

NS-EN 197-1-CEM II/A-V 42,5 N

### Kjemiske data

Egenskap	Retningsgivende verdier	Krav ifølge NS-EN 197-1
Finhet (Blaine)	390 m <sup>2</sup> /kg	
Alkali (ekv Na <sub>2</sub> O <sub>ekv</sub> )*	0,6 %	
Flyveaskeinnhold	17%	6 - 20%
Sulfat (SO <sub>3</sub> )	2,7%	≤ 2 - 3 %
Klorid	< 0,0 85 %	≤ 0,1%
Vannløselig Cr <sup>6+</sup>	< 2ppm	≤ 2 ppm
Spesifikk vekt	2,99 kg/dm <sup>3</sup>	

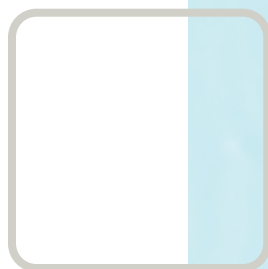
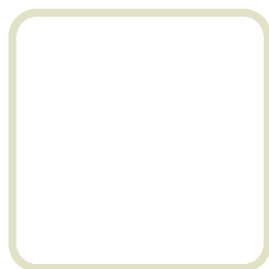
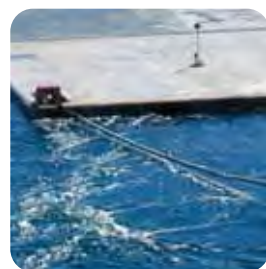
\*Alkali innhold i klinkerdel

### Fysikalske data

Egenskap	Retningsgivende verdier	Krav ifølge NS-EN 197-1
Trykkfasthet 1 døgn	15 MPa	
Trykkfasthet 2 døgn	24 MPa	≥ 10 MPa
Trykkfasthet 7 døgn	37M Pa	
Trykkfasthet 28 døgn	55 MPa	≥ 42,5 MPa    ≤ 62,5 MPa
Begynnende bindetid	165 min	≥ 60 min
Ekspansjon	1mm	≤ 10 mm



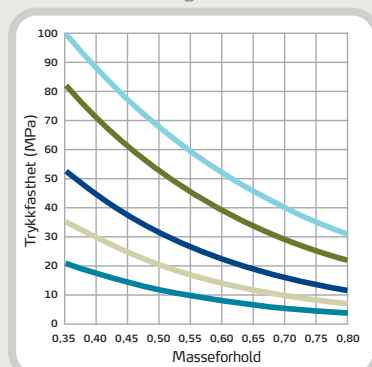




Norcem Anleggsement FA er en spesialsement for anleggskonstruksjoner. Sementen kan brukes i alle eksponerings-, bestandighet- og fasthetsklasser. Den er spesielt tilpasset norske forhold for bruk i bestandighetsklasse M45 og MF45 eller strengere. Sementen er godt tilpasset for bruk i konstruksjoner med krav til høy slutfasthet. Anleggsement FA kan benyttes i kombinasjon med alkalireaktivt tilslag. Sementen har relativt lav varmeutvikling og er velegnet for bruk i massivere konstruksjoner. Sementen har meget gode støpelighet og bestandighetsegenskaper.



Fasthetsutvikling

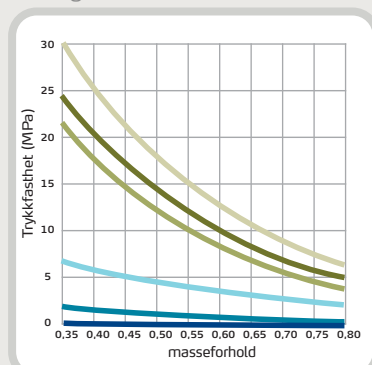


Figur 1

### Fasthetsutvikling

Fasthetsutvikling er en sentral egenskap for planlegging, styring og utførelse av alle betongarbeider. Fasthetsutviklingen er avhengig av sementtype, masseforhold, herdebetingelser (temperatur, tid og fuktighet) og eventuell bruk av tilsetningsmaterialer eller -stoffer. I figur 1 er vist trykkfasthetsutviklingen som funksjon av masseforhold og alder ved 20°C vannlagring for betong med Norcem Anleggsement FA.

Tidligfasthet



Figur 2

### Tidligfasthet

Tidligfastheten i betong er meget avhengig av temperatur og eventuell dosering av tilsetningsstoff med retarderende effekt. I figur 2 er vist trykkfasthet i betong etter 1 døgn med forskjellig masseforhold med og uten 1% plastiserende tilsetningsstoff (P-stoff) med Anleggsement FA. Prøvene er lagret ved 95% luftfuktighet ved varierende temperatur.

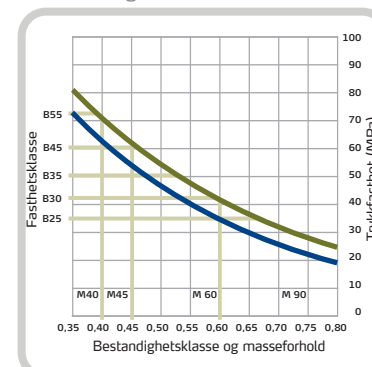
### Fasthetsklasse – masseforhold

Med normal, god styring av betongproduksjonen er det behov for en overhøyde på ca. 5 MPa ved de ulike fasthetsklassene for å produsere med tilstrekkelig sikkerhet mot undermålere. Anleggsement FA gir følgende retningsgivende verdier for største masseforhold i ulike fasthetsklasser for betong uten luftinnføring.

Fasthetsklasse	B30	B35	B45	B55
Største masseforhold	0,57	0,52	0,45	0,38
Største masseforhold med 5% silika				0,40

Tabell 1

Bestandighetsklasse



Figur 3

### Motstand mot alkalireaksjoner

Norcem Anleggsement FA kan brukes sammen med alkalireaktivt tilslag. Sementen kommer inn under regel 4.2 (2008-05-28 Addendum) i Norsk Betongforenings publikasjon 21 samt Vedlegg C (Rev 6) til publikasjonen (se [www.betong.net](http://www.betong.net)). Sementen lages med klinker inneholdende 0,6% Na<sub>2</sub>O<sub>ekv</sub>. Alkalier fra flygeasken utelates ved beregning av ekvivalent alkali innhold pr m<sup>3</sup> betong. Siden sementen inneholder minimum 17% flygeaske, regnes ekvivalent alkali innhold pr m<sup>3</sup> betong fra Anleggsement FA ut på følgende måte:

$$\text{Na}_2\text{O}_{\text{ekv}} \text{ (kg/m}^3\text{)} = \text{Sementmengde (kg/m}^3\text{)} \cdot 0,006 \cdot (1 - 0,17)$$

Maksimalt tillatt Na<sub>2</sub>O<sub>ekv</sub> innhold iht. NB 21 er 3,0 kg/m<sup>3</sup> betong.

### Bestandighetsklasse

NS-EN 206-1 klassifiserer betongens miljøpåvirkning i eksponeringsklasser. I nasjonalt tillegg til denne standarden er de ulike eksponeringsklassene gruppert i seks bestandighetsklasser med krav til betongens maksimale masseforhold (se tabell 3). Tabell 2 viser anbefalt kombinasjoner av bestandighets- og fasthetsklasser. Retningsgivende verdier for største masseforhold i de ulike fasthetsklassene er gitt i tabell 1. I figur 3 er vist sammenhengen mellom bestandighetsklasse og fasthetsklasse, i et variasjonsbelte forårsaket av ulike produksjonsforutsetninger. Figuren gjelder for Anleggsement FA uten luftinnføring.

#### Anbefalte kombinasjoner

Bestandighetsklasse M45	Fasthetsklasse B35 eller høyere
Bestandighetsklasse M40	Fasthetsklasse B45 eller høyere
Statens vegvesen SV 40	Fasthetsklasse B45 eller høyere
Statens vegvesen SV 30	Fasthetsklasse B45 eller høyere

Tabell 2

PRODUKTDATABLAD

# STANDARDSEMENT FA

## CEM II/B-M

SIST REVIDERT MARS 2021

Sementen tilfredsstillter kravene i NS-EN 197-1:2011 til Portland blandingssement CEM II/B-M 42,5 R.

Egenskap		Deklarerte data	Krav ifølge NS-EN 197-1:2011
Finhet (Blaine m <sup>2</sup> /kg)		450	
Spesifikk vekt (kg/dm <sup>3</sup> )		3,00 (B) / 2,99 (K)	
Volumbestandighet (mm)		1	≤ 10
Begynnende størkning (min)		140	≥ 60
Trykkfasthet (MPa)	1 døgn	20	
	2 døgn	31	≥ 20
	7 døgn	42	
	28 døgn	55	≥ 42,5 ≤ 62,5
Sulfat (% SO <sub>3</sub> )		≤ 4,0	≤ 4,0
Klorid (% Cl <sup>-</sup> )		≤ 0,085 (B) / ≤ 0,05 (K)	≤ 0,10
Vannløselig krom (ppm Cr <sup>6+</sup> )		≤ 2	≤ 2 <sup>1</sup>
Alkalier (% Na <sub>2</sub> O <sub>ekv</sub> )		1,4 (B) / 1,5 (K)	
Klinker (%)		78	65-79
Flygeaske (%)		18	21-35
Kalkmel (%)		4	

1. I henhold til EU forordning REACH Vedlegg XVII point 47 krom VI forbindelser.

B = Brevik og K = Kjøpsvik

**NORCEM**  
HEIDELBERGCEMENT Group

Norcem AS, Postboks 142, Lilleaker, 0216 Oslo  
Tlf. 22 87 84 00 firmapost@norcem.no www.norcem.no



## Teknisk datablad

**Miljøsement**

CEM II/B-S 52,5 N

Rüdersdorf

Sammensetning:	Slaggsement
Bruk:	Til bruk i betongproduksjon. Elementindustri, ferdigbetong og injeksjon.
Egenskaper:	Universalsement.

Tilfredsstill kravene ihht. EN 197-1: CEM II/B-S 52,5 N  
Produktet er sertifisert (CE-merket) ihht. EN 197-1 av VDZ, Tyskland

**Typiske data:****Fysiske data**

Finhet(blaine)	4600 cm <sup>2</sup> /g
Densitet	3,06 g/cm <sup>3</sup>
Bulkdensitet	1,1g/cm <sup>3</sup>
Andel slagg	Ca 33%
Bindetid	170 min
Ekspansjon	1,0 mm

**Trykkfasthet**

1d	16 Mpa
2d	28 Mpa
28d	59 MPa

**Kjemiske data**

		vekt %
Kalk	(CaO)	56
Silisium	(SiO <sub>2</sub> )	25
Aluminium	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6,3
Magnesium	(MgO)	4,0
Sulfat	(SO <sub>3</sub> )	3,1
Jern	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2,1
Kalium	(K <sub>2</sub> O)	0,8
Natrium	(Na <sub>2</sub> O)	0,3
Alkali ekv. (C <sub>3</sub> A)	(Na <sub>2</sub> Oekv)	0,85
Glødetap	(L.O.I)	5,3
Uløselig rest	(i.r)	1,7
Vannnløslig klorid	(Cl <sup>-</sup> )	0,6
Vannnløslig krom	Cr <sup>(VI)</sup>	0,07
		< 2 mg/kg



0840

CEMEX Zement GmbH  
Werk Rüdersdorf  
Frankfurter Chaussee  
15562 Rüdersdorf

0840-CPD-5510-221200-05  
EN 197-1  
CEM II/B-S 52,5 N

**Teknisk spørsmål:**

Lars Busterud, tel 908 90 668

- E-Mail [lars.busterud@schwenk.no](mailto:lars.busterud@schwenk.no)

Versjon August 2019

SCHWENK Norge AS

Grønland 70A, 3045 Drammen

Telefon: +47 31 02 10 11

E-Mail: [info@schwenk.no](mailto:info@schwenk.no) · [www.schwenk.no](http://www.schwenk.no)

Informasjonen i denne publikasjonen er basert på gjeldende kunnskap og erfaring. De gir en referanseverdi for grunnleggende egnethet og må matches av tester og forsøk av prosessoren til den spesifikke applikasjonen. For dette må de tilsvarende gyldige lover, standarder og retningslinjer samt de generelt anerkjente reglene for byggeteknikk overholdes. Ved publisering av dette tekniske databladet mister tidligere tekniske datablad deres gyldighet. Endringer i rammeproduktet og applikasjonsteknikkutviklingen er reservert. Våre salgs- og leveringsbetingelser i gjeldende versjon gjelder for alle forretningsforbindelser.



## Teknisk datablad

**Lavvarmesement**

CEM III/B 42,5 L-LH/SR (na)

Rüdersdorf

Sammensetning:	Slaggsement
Bruk:	Til bruk i betongproduksjon. Elementindustri, ferdigbetong og injeksjon.
Egenskaper:	Lav varme- og herdeutvikling. Lavt CO2 avtrykk.

Tilfredsstill kravene ihht. EN 197-1: CEM III/B 42,5 L-LH/SR (na)  
Produktet er sertifisert (CE-merket) ihht. EN 197-1 av VDZ, Tyskland

**Typiske data:****Fysiske data**

Finhet(blaine)	4700 cm <sup>2</sup> /g
Densitet	2,98 g/cm <sup>3</sup>
Bulkdensitet	1,1g/cm <sup>3</sup>
Andel slagg	Ca 70%
Bindetid	230 min
Ekspansjon	0,3 mm

**Trykkfasthet**

2d	28 Mpa
7d	36 MPa
28d	58 MPa
56d	64 MPa

**Kjemiske data**

		vekt %
Kalk	(CaO)	49
Silisium	(SiO <sub>2</sub> )	31
Aluminium	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	8,3
Magnesium	(MgO)	6,1
Sulfat	(SO <sub>3</sub> )	2,1
Jern	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,6
Kalium	(K <sub>2</sub> O)	0,6
Natrium	(Na <sub>2</sub> O)	0,3
Alkali ekv. (C <sub>3</sub> A)	(Na <sub>2</sub> Oekv)	0,79
Glødetap	(L.O.I)	0,7
Uløselig rest	(i.r)	0,2
Vannnløslig klorid	(Cl <sup>-</sup> )	0,05
Vannnløslig krom	Cr <sup>(VI)</sup>	< 2 mg/kg



0840

CEMEX Zement GmbH  
Werk Rüdersdorf  
Frankfurter Chaussee  
15562 Rüdersdorf

0840-CPD-5520-340595-16  
EN 197-1  
CEM III/B 42,5 L-LH/SR (na)

**Teknisk spørsmål:**

Lars Busterud, tel 908 90 668

- E-Mail [lars.busterud@schwenk.no](mailto:lars.busterud@schwenk.no)

Versjon August 2019

SCHWENK Norge AS

Grønland 70A, 3045 Drammen

Telefon: +47 31 02 10 11

E-Mail: [info@schwenk.no](mailto:info@schwenk.no) · [www.schwenk.no](http://www.schwenk.no)

Informasjonen i denne publikasjonen er basert på gjeldende kunnskap og erfaring. De gir en referanseverdi for grunnleggende egnethet og må matches av tester og forsøk av prosessoren til den spesifikke applikasjonen. For dette må de tilsvarende gyldige lover, standarder og retningslinjer samt de generelt anerkjente reglene for byggeteknikk overholdes. Ved publisering av dette tekniske databladet mister tidligere tekniske datablad deres gyldighet. Endringer i rammeproduktet og applikasjonsteknikkutviklingen er reservert. Våre salgs- og leveringsbetingelser i gjeldende versjon gjelder for alle forretningsforbindelser.

## Product Data Sheet

# Elkem Microsilica® Grade 940 for fibre cement

---

Elkem Microsilica® Grade 940 is a dry silica fume available in two main forms: Undensified (U) and Densified (D)

### Description

Elkem Microsilica® Grade 940 is a dry silica fume available in two main forms: Undensified (U) and Densified (D). In use, it acts physically as a filler and chemically as a highly reactive pozzolan. A key ingredient in many construction materials, Elkem Microsilica® is used in fibre cement products as a process aid, to improve ingredient dispersion and to improve hardened properties and overall durability.

### Packing

The product is available in:

- 25 kg paper bags

- Big bags in various designs & sizes
- Bulk road tanker

Please contact our representative for more details.

### Storage & handling

Elkem Microsilica® Grade 940 should be stored in dry conditions and not exposed to moisture.

### Quality assurance & quality control

Elkem Silicon Materials' Management System for development, processing and supply of Elkem Microsilica® is certified to ISO 9001. The chemical and physical properties of Elkem Microsilica® are regularly tested.

## Chemical and physical properties

Properties	Unit	Specification
SiO <sub>2</sub>	%	> 90
Retention on 45µm sieve	%	< 1.5*
H <sub>2</sub> O (when packed)	%	< 1.0
Bulk Density (U)	kg/m <sup>3</sup>	200 – 350
Bulk Density (D)	kg/m <sup>3</sup>	500 – 700

\*Tested on Undensified.

Test methods are available on request.

# Dynamon SX-N

## Superplastiserende tilsetningsstoff



### BESKRIVELSE

**Dynamon SX-N** er et svært effektivt superplastiserende tilsetningsstoff basert på modifiserte akrylpolymerer. Produktet tilhører **Dynamon-systemet** basert på den Mapei-utviklede DPP-teknologien (DPP = Designed Performance Polymers), der tilsetningsstoffenes egenskaper skreddersys til ulike betongformål. **Dynamon-systemet** er utviklet på basis av Mapeis egen sammenstilling og produksjon av monomerer.

### BRUKSOMRÅDER

**Dynamon SX-N** er et tilnærmet allround-produkt som er anvendelig i all betong for å øke støpeligheten og/eller redusere tilsatt vannmengde.

Noen spesielle bruksområder er:

- Vann tett betong med krav til høy eller svært høy fasthet og med strenge krav til bestandighet i aggressive miljøer.
- Betong med særlige krav til høy støpelighet; i konsistensklasser S4 og S5 etter NS-EN 206.
- Selvkomprimerende betong med ønske om lengre åpentid. Om nødvendig kan SKB stabiliseres med en viskositetsøker - **Viscofluid** eller **Viscostar**.
- Til produksjon av frostbestandig betong - da i kombinasjon med luftinnførende tilsetningsstoffer - **Mapeair**. Valg av type luftinnførende stoff gjøres ut

fra egenskapene til de andre delmaterialer som er tilgjengelige.

- Til golvstøp for å oppnå en smidig betong med bedret støpelighet. Store doseringer og lave temperaturer kan retardere betongen noe.

### EGENSKAPER

**Dynamon SX-N** er en vannløsning av aktive akrylpolymerer som effektivt dispergerer (løser opp) sementklaser.

Denne effekten kan prinsipielt utnyttes på tre måter:

1. For å redusere mengden tilsatt vann, men samtidig beholde betongens støpelighet. Lavere v/c-forhold gir høyere fasthet, tetthet og bestandighet i betongen.
2. For å forbedre støpeligheten sammenlignet med betonger med samme v/c-forhold. Fastheten forblir dermed den samme, men muliggjør forenklet utstøping.
3. For å redusere både vann og sementmengde uten å forandre betongens mekaniske styrke. Gjennom denne metoden kan en blant annet redusere kostnadene (mindre sement), redusere betongens svinnpotensial (mindre vann) og redusere faren for temperaturgradienter på grunn av lavere hydrasjonsvarme. Spesielt er denne siste effekten viktig ved betonger med større sementmengder.

## KOMPATIBILITET MED ANDRE PRODUKTER

Dynamon SX-N lar seg kombinere med andre Mapei tilsetningsstoffer, som f.eks størkningsakselererende stoffer som **Mapefast** og størkningsretarderende stoffer som **Mapetard**.

Produktet lar seg også kombinere med luftinnførende tilsetningsstoffer, **Mapeair**, for produksjon av frostbestandig betong.

Valg av type luftinnførende stoff gjøres ut fra egenskapene til de andre delmaterialer som er tilgjengelige.

## DOSERING

Dynamon SX-N tilsettes for å oppnå ønsket resultat (styrke, bestandighet, støpeligheit, sementreduksjon) ved å variere doseringen mellom 0,4 og 2,0 % av sement + flyveaske + mikrosilika. Ved økt dosering økes også betongens åpentid, dvs. tiden betongen lar seg bearbeide. Større doseringsmengder og lave betongtemperaturer gir en retardert betong. Vi anbefaler alltid prøvestøper med aktuelle parametere.

Til forskjell fra konvensjonelle melamineller naftalenbaserte superplastiserende tilsetningsstoffer, utvikler **Dynamon SX-N** maksimal effekt uavhengig av tilsetningstidspunkt, men tilsetningstidspunktet kan påvirke nødvendig blandetid.

Dersom **Dynamon SX-N** tilsettes etter at minst 80 % av blandedvannet er inne vil blandetiden generelt være kortest. Det er likevel viktig med utprøvinger tilpasset eget blandeutstyr.

**Dynamon SX-N** kan også tilsettes direkte i automikser på bygg- eller anleggsplass. Betongen bør da blandes med maksimal hastighet på trommelen i ett minutt pr. m<sup>3</sup> betong i lasset, men minimum 5 minutter.

## EMBALLASJE

Dynamon SX-N leveres i 25 liters kanner, 200 liters fat, 1000 liter IBC-tanker og i tank.

## LAGRING

Produktet må oppbevares ved temperaturer mellom +8°C og +35°C. I lukket emballasje bevarer produktet sine egenskaper i minst 12 måneder. Hvis produktet utsettes for direkte sollys, kan det føre til variasjoner i fargetonen uten at dette påvirker egenskapene til produktet.

## SIKKERHETSINSTRUKSJONER FOR KLARGJØRING OG BRUK

For instruksjon vedrørende sikker håndtering av våre produkter, vennligst se siste utgave av sikkerhetsdatablad på vår nettside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

PRODUKT FOR PROFESJONELL BRUK.

## MERK

*De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produktbeskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene. All overstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering. Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt eller ved feilaktig utførelse.*

Vennligst referer til siste oppdaterte versjon av teknisk datablad som finnes tilgjengelig på vår webside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

## JURIDISK MERKNAD

**Innholdet i dette tekniske databladet kan kopieres til andre prosjektrelaterte dokumenter, men det endelige dokumentet må ikke suppleres eller erstatte betingelsene i det tekniske datablad, som er gjeldende, når MAPEI-produktet benyttes. Det seneste oppdaterte datablad er tilgjengelig på vår hjemmeside [www.mapei.no](http://www.mapei.no) ENHVER ENDRING AV ORDLYDEN ELLER BETINGELSER, SOM ER GITT ELLER AVLEDET FRA DETTE TEKNISKE DATABLADET, MEDFØRER AT MAPEI SITT ANSVAR OPPHØRER.**

**Alle relevante referanser for produktet er tilgjengelige på forespørsel og fra [www.mapei.no](http://www.mapei.no)**

**TEKNISKE DATA (typiske verdier)****PRODUKTBESKRIVELSE**

<b>Form:</b>	væske
<b>Farge:</b>	gulbrun
<b>Viskositet:</b>	lettflytende; < 30 mPa·s
<b>Tørrestoffinnhold (%):</b>	17,0 ± 1,0
<b>Densitet (g/cm<sup>3</sup>):</b>	1,05 ± 0,02
<b>pH:</b>	6,5 ± 1
<b>Kloridinnhold (%):</b>	< 0,05
<b>Alkaliinnhold (Na<sub>2</sub>O-ekvivalenter) (%):</b>	< 2,0



# Mapecure 1

## Herdemembran



### BRUKSOMRÅDE

**Mapecure 1** er en herdemembran som sprøytes på fersk og nystøpt betong for å hindre vanntap fra overflaten.

### EGENSKAPER

**Mapecure 1** gir en enkel og effektiv etterbehandling av betong, særlig benyttet ved glideforskaling, bru, kai, vei og flyplass dekker. Produktet er basert på en parafinvoksemulsjon.

Betong trenger høyt fuktighetsinnhold fremfor alt i den første herdingstiden. En uttørking vil bety stopp i den hydrauliske avbindingen, da sementgel kun dannes i vannfylte kapillærer. Taper betongen vann ved fordamping fra overflaten i denne perioden, tiltar svinnet sterkt og det kan dannes riss og sprekker i det øverste sjiktet.

Ved å påføre **Mapecure 1** dannes en film som beskytter betongen mot vanntap (uttørking) i størkningsperioden og den første herdingstiden.

Etterbehandling med påsprøyting av herdemembran og/eller tildekking med plast er alltid nødvendig.

Ved støping i ugunstige uttørkingsforhold, eller ved støping av betong med lavt masseforhold, vil det være nødvendig å påføre **Mapecure 1** umiddelbart etter at betongen er lagt ut. Etter at betongen er pusset eller glattet må man igjen påføre **Mapecure 1**, eller dekke til betongen på annen måte.

De viktigste faktorene som bestemmer uttørkningsforholdene er temperatur, vindhastighet, luftfuktighet, fasthetsklasse, vanninnhold, vannseparasjon, sementtype og konstruksjonens tykkelse. Det store antall bestemmende faktorer forklarer hvorfor manglende etterbehandling noen ganger gir skader og andre ganger ikke.

Bruk av herdemembran er en billig forsikring mot sprekker og dårlige overflater. Filmen som dannes av **Mapecure 1** brytes gradvis ned over noen uker og hindrer derfor også uttørkingssjokk. Filmen som sprøytes på blir sjelden slitt helt vekk. Ved etterbehandling vil det være nødvendig å fjerne restene av **Mapecure 1** for å oppnå maksimal heft mellom betong og overliggende sjikt (epoxy, maling, sparkelmasser etc).

### BRUKSANVISNING

Normalt forbruk er 0,2 - 0,3 kg/m<sup>2</sup>.

**Mapecure 1** sprøytes på med sprøyte. Herdemembran kan også kastes eller rulles på.

**Mapecure 1** påføres umiddelbart etter utlegging.

### RENGJØRING

Utstyr rengjøres med vann. Dyser bør ikke bli stående med **Mapecure 1**, men vaskes straks man har stopp i arbeidet.

### VÆR OPPMERKSOM PÅ

**Mapecure 1** må rystes eller omrøres før bruk.

## EMBALLASJE

Mapecure 1 leveres i 25 liters kanner, 200 liters fat og i 1000 liter IBC-tanker.

## LAGRING

Produktet må oppbevares frostfritt, og er holdbart i 6 måneder i lukket originalemballasje.

## SIKKERHETSINSTRUKSJONER FOR KLARGJØRING OG BRUK

Istruksjon vedrørende sikker håndtering av våre produkter, vennligst se siste utgave av sikkerhetsdatablad på vår nettside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

PRODUKT FOR PROFESJONELL BRUK.

## MERK

De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produktbeskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene.

All overstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering. Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt eller ved feilaktig utførelse.

Vennligst referer til siste oppdaterte versjon av teknisk datablad som finnes tilgjengelig på vår webside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

## JURIDISK MERKNAD

*Innholdet i dette tekniske databladet kan kopieres til andre prosjektrelaterte dokumenter, men det endelige dokumentet må ikke suppleres eller erstatte betingelsene i det tekniske datablad, som er gjeldende, når MAPEI-produktet benyttes.*

*Det seneste oppdaterte datablad er tilgjengelig på vår hjemmeside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)*

**ENHVER ENDRING AV ORDLYDEN ELLER BETINGELSER, SOM ER GITT ELLER AVLEDET FRA DETTE TEKNISKE DATABLADET, MEDFØRER AT MAPEI SITT ANSVAR OPPHØRER.**

**Alle relevante referanser for produktet er tilgjengelige på forespørsel og på [www.mapei.no](http://www.mapei.no)**

## TEKNISKE DATA (typiske verdier)

### PRODUKTBESKRIVELSE

Form:	væske
Farge:	hvit
Viskositet:	lettflytende
Spesifikk vekt, g/cm <sup>3</sup> :	0,98 ± 0,02
pH:	9 ± 1
Reduksjon av avdamping (ASTM C309/C156):	84 % (0,3 kg/m <sup>2</sup> )





# Antipluviol W



**Fargeløs, silan  
og siloksanbasert  
vannavisende  
impregnering i vann  
emulsjon**

## **BRUKSOMRÅDE**

Fargeløs beskyttende overflatebehandling for sementbaserte puss, poreblokker, murstein, natur- og kunststein mot erosjon av regnvann.

## **Brukseksempler**

Vannavstøtende behandling for puss som utsettes for erosjon fra regnvann.

Fargeløs og vannavstøtende beskyttende behandling for historiske bygninger av arkitektonisk interesse.

Vannavstøtende behandling av vegger, mur- og naturstein.

## **TEKNISKE EGENSKAPER**

**Antipluviol W** er en melkeaktig, silan- og siloksanbasert vann dispergert emulsjon karakterisert av sin høye kapasitet for å trenge inn i alle absorberende mineralske materialer som benyttes i bygnings-industrien for å gjøre disse vannavisende.

Ved påføring på et porøst underlag vil **Antipluviol W** penetrere dypt inn og reagere med den naturlige forekomst av fuktighet og danne en hydrofobisk og vannavisende hinne inne i porene og kapillærene i underlaget.

På grunn av disse egenskapene til **Antipluviol W** dannes en effektiv barriere mot aggressive påkjenninger i atmosfæren som tilføres underlaget

gjennom regnvann. Impregneringen som dannes av **Antipluviol W** er også med på å gi fasaden en selvrensjørende effekt og reduserer dannelsen av mugg, sopp og mose på overflaten.

**Antipluviol W** danner ikke en film på overflaten. Derfor reduserer ikke **Antipluviol W** underlagets permeabilitet for vanddamp og overflatens visuelle uttrykk endres minimalt.

**Antipluviol W** har en utmerket motstandsdyktighet mot alkalitet og UV-stråler og beholder sine vannavisende egenskaper i lang tid etter påføring.

## **ANBEFALINGER**

**Antipluviol W** er ikke egnet for impregnering av:

- horisontale overflater (for eksempel terrasser);
- kjellere;
- vanntanker;
- vegger som utsettes for stigende fuktighet med saltinnhold;
- heissjakter og andre overflater som utsettes for vann under trykk;
- gipsoverflater;

Tekniske data (typiske verdier)	
<b>PRODUKTIDENTITET</b>	
Konsistens:	væske
Farge:	melkehvitt
Andel aktivt stoff (%):	8
Densitet (g/cm <sup>3</sup> ):	ca. 1,01
<b>PÅFØRINGSDATA</b>	
Fortynning:	bruksklar
Overflatetørr:	1-2 timer
Påføringstemperatur:	fra +5°C til +35°C
<b>SLUTTEGENSKAPER</b>	
Kapillær vann absorpsjons koeffisient $W_{24}$ (EN 1062-3) [kg/(m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup> )] -murstein: -konvensjonell puss: -tuffstein: -sementbaserte puss:	0,04 (15,60 metning)* 0,03 (10,40 metning)* 0,06 (6,80 metning)* 0,05 (4,90 metning)*
* Tallene i parentesene referer til samme underlag uten behandling av <b>Antipluviol W</b>	
Produktet ansees som klasse III i samsvar med EN 1062-3 med verdier av $W_{24} < 0,1$ som korresponderer med lav vann absorpsjon	

- syntetisk puss eller puss dekorert med syntetisk maling.

Utfør alltid et prøvfeldt for å sikre at det ikke oppstår fargeendringer i underlaget når **Antipluviol W** påføres på naturstein, farget puss eller på andre underlag som kan ha ujevn absorpsjon.

### **BRUKSANVISNING** **Klargjøring av underlaget**

Før impregnering av underlaget det er viktig at alt støv, fett, olje, maling, saltutslag, mose og andre urenheter fjernes for å unngå at **Antipluviol W** dyptgående penetrerings-egenskaper ikke forringes.

Hvilken rengjøringsmetode som velges for bruk på gamle overflater avhenger av hvilke forurensninger som skal fjernes, men det er ofte tilstrekkelig å rengjøre med kaldt vann.

Rengjøring med varmt vann eller vanddamp er spesielt godt egnet for fjerning av olje og fett som sitter på overflaten som skal behandles.

Dersom underlaget ikke er forurenset,

børst underlaget med en stiv kost og fjern løst materiale med høytrykksluft.

**Antipluviol W** må kun påføres på tørre underlag. Dersom det er vann på underlaget vil dette motvirke produktets egenskap til å penetrere dypt inn i underlaget.

### **Klargjøring av produktet**

**Antipluviol W** er klar til bruk og må ikke tilsettes vann.

Rør om eller rist produktet godt før bruk.

### **Påføring av produktet**

For å påføre **Antipluviol W** jevnt anbefales det å benytte en lavtrykks-sprøyte, kost eller rulle.

Påfør et antall sjikt til underlaget er mettet. De ulike sjiktene skal påføres vått i vått.

På svakt absorberende underlag vær nøye med å ikke påføre for store mengder som kan danne en film på overflaten under påføringen. Ved behov kan overflaten behandles med et svamp-brett mens produktet fortsatt er vått.

Effekten og holdbarheten av impregneringen er avhengig av penteringsdybden som oppnås med produktet.

Dette parameteret er direkte proporsjonal med absorpsjonsevnen til materialet som skal behandles og mengden impregnering som påføres.

Etter påføring av **Antipluviol W** kan det ikke benyttes vannbaserte produkter til å overmale overflaten.

### **FORHÅNDSREGLER UNDER KLARGJØRING AV UNDERLAGET OG PÅFØRING**

- Ikke påfør **Antipluviol W** på fuktige underlag eller underlag som ikke er fullstendig herdet.
- Ikke påfør **Antipluviol W** dersom temperaturen er lavere enn +5 °C eller høyere enn +35 °C (i alle tilfeller må underlaget alltid være tørt og ikke utsettes for direkte sollys).
- Ikke påfør **Antipluviol W** dersom den luftfuktigheten er over 85 %.
- Ikke påfør **Antipluviol W** dersom det er utsikter til regn eller vindfull værtype.
- Vennligst les kapitlet «Sikkerhetsinstruksjoner for klargjøring og påføring».

### **Rengjøring**

Verktøy som brukes under påføringen kan rengjøres med vann.

### **FORBRUK**

Forbruket er sterkt påvirket av absorpsjonsgraden i underlaget og kan variere mellom 0,20 kg/m<sup>2</sup> og 1 kg/m<sup>2</sup>.

Under er en liste over forbruk på vanlige underlag:

– murstein:	0,50-0,75 kg/m <sup>2</sup>
– konvensjonell puss:	0,50-0,80 kg/m <sup>2</sup>
– tufftstein:	0,50-1,00 kg/m <sup>2</sup>
– sementbaserte puss:	0,20-0,40 kg/m <sup>2</sup>
– marmor:	0,20-0,50 kg/m <sup>2</sup>

### **EMBALLASJE**

**Antipluviol W** leveres i 10 kg plastikk kanner.

### **LAGRING**

Produktet kan lagres i 24 måneder i uåpnet original emballasje ved temperaturer mellom +5 °C og +30 °C. Beskyttes mot frost.

### **SIKKERHETSINSTRUKSJONER FOR KLARGJØRING OG BRUK**

For instruksjon vedrørende sikker håndtering av våre produkter, vennligst se siste utgave av sikkerhetsdatablad på vår nettside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

PRODUKT FOR PROFESJONELL BRUK.

### **ADVARSEL**

*De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produktbeskrivelsen representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene. All ovenstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering på bakgrunn av erfaringer. Enhver som benytter produktet må derfor på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren selv er alltid helt ansvarlig for eventuelle konsekvenser av bruk av produktet.*

Vennligst referer til siste oppdaterte versjon av teknisk datablad som finnes tilgjengelig på vår webside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

### **JURIDISK MERKNAD**

*Innholdet i dette tekniske databladet kan kopieres til andre prosjekterrelaterte dokumenter, men det endelige dokumentet må ikke suppleres eller erstatte betingelsene i det tekniske datablad, som er gjeldende, når MAPEI-produktet benyttes. Se det seneste oppdaterte datablad samt garantiinformasjoner på [www.mapei.no](http://www.mapei.no). ENHVER ENDRING AV ORDLYDEN ELLER BETINGELSER, SOM ER GITT I ELLER AVLEDET FRA DETTE TEKNISKE DATABLADET, MEDFØRER AT ALLE RELATERTE MAPEI GARANTIER OPPHØRER.*

**Alle referanser for produktet er tilgjengelige på forespørsel og på [www.mapei.no](http://www.mapei.no)**



# Antipluviol W



BUILDING THE FUTURE

Det er ikke tillatt å ta kopier av tekst eller bilder utgitt her.  
Overtrøedelse kan føre til rettsforfølgelse.

2036-12-2016 (NO)



# Cur-Imp

## Membranherder



### PRODUKTBEKRIVELSE

**Cur-Imp** er en klar membranherder.

**Cur-Imp** er basert på metakryl-polymer løst i aromatisk white spirit.

### BRUKSOMRÅDE

#### Membranherder

**Cur-Imp** er en membranherder som påføres umiddelbart etter utstøping for å hindre for tidlig uttørking, dvs. at betongen gis riktige herdebetingelser.

**Cur-Imp** gir ved riktig anvendelse et godt underlag for videre behandling, f.eks. kan den overmales med

**Elastocolor** betongmaling eller **Cem-Elastic**.

**Cur-Imp** gir en UV-bestendig, matt, klar film som synes lite. Ved overmaling med andre produkter, kontakt MAPEI AS på forhånd, for å sikre at det oppnås god heft til underlaget.

Ved mørtling i flere lag skal **Cur-Imp** ikke benyttes mellom lagene, fordi gal anvendelse kan gi dårlig heft. Dette gjelder også ved belegging med sterkere materialer som epoxy/polyuretan som krever høyere heft.

### BRUKSANVISNING

#### Membranherder

**Cur-Imp** sprøytes på betongoverflaten etter glatting / utstøping. Påføringsstidspunktet er viktig. Det skal skje i det betongen er svakt sugende igjen og vannglansingen er borte.

**Cur-Imp** kan sprøytes på flaten med formoljesprøyte, hand- eller motordrevet.

### FORBRUK

Forbruket er ca. 0,15 - 0,3 kg/m<sup>2</sup> pr. strøk.

Forbruket avhenger av underlagets sugsevne og ruhet.

### RENGJØRING

Utstyr vaskes med **Tynner** eller med andre egnede løsemidler.

### EMBALLASJE

**Cur-Imp** leveres i 18 kg kanner og 180 kg fat.

### LAGRING

**Cur-Imp** kan lagres i uåpnet emballasje i minst 2 år, og maksimal lagringstemperatur er +30°C.

Lagres frostfritt.

### SIKKERHETSINSTRUKSJONER FOR KLARGJØRING OG BRUK

Istruksjon vedrørende sikker håndtering av våre produkter, vennligst se siste utgave av sikkerhetsdatablad på vår nettside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

PRODUKT FOR PROFESJONELL BRUK.

### MERK

*De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produktbeskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene.*

*All overstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering. Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at*

## TEKNISKE DATA (typiske verdier)

### PRODUKTBESKRIVELSE

Form:	væske
Farge:	fargeløs
Viskositet:	lettflytende
Spesifikk vekt, g/cm <sup>3</sup> :	0,88 - 0,91
pH:	9 ± 1
Reduksjon av avdamping etter 72 timer (ASTM C309/C156):	73 % (0,3 kg/m <sup>2</sup> )

produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt eller ved feilaktig utførelse.

Vennligst referer til siste oppdaterte versjon av teknisk datablad som finnes tilgjengelig på vår webside [www.mapei.no](http://www.mapei.no)

#### JURIDISK MERKNAD

Innholdet i dette tekniske databladet kan kopieres til andre prosjektrelaterte dokumenter, men det endelige dokumentet må ikke suppleres eller erstatte betingelsene i det tekniske datablad, som er gjeldende, når MAPEI-produktet benyttes.

**Det seneste oppdaterte datablad er tilgjengelig på vår hjemmeside [www.mapei.no](http://www.mapei.no) ENHVER ENDRING AV ORDLYDEN ELLER BETINGELSER, SOM ER GITT ELLER AVLEDET FRA DETTE TEKNISKE DATABLADET, MEDFØRER AT MAPEI SITT ANSVAR OPPHØRER.**

**Alle relevante referanser for produktet er tilgjengelige på forespørsel og på [www.mapei.no](http://www.mapei.no)**