



# Korsør Svømmehal

Undersøgelse af beton og armering

Maj 2024



**TEKNOLOGISK**  
**INSTITUT**



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**

# Korsør Svømmehal

## Undersøgelse af beton og armering

---

**Rekvirent:**

SLAGELSE KOMMUNE  
Rådhuspladsen 11  
4200 Slagelse

**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut  
Gregersensvej 4  
2630 Taastrup  
Byggeri og Anlæg

Tommy Jacobsen  
Claes Christiansen

Sagsansvarlig: Tommy Jacobsen, tlf. 7220 2171, tj@teknologisk.dk  
Kvalitetssikring : TJ

**Opgavenr.:** 248695

**Versionsnr.:** 011

28. maj 2024

Resultater af Instituttets opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Instituttets navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.



## Indhold

|      |                                               |    |
|------|-----------------------------------------------|----|
| 1.   | Objekt .....                                  | 4  |
| 2.   | Baggrund .....                                | 4  |
| 3.   | Formål .....                                  | 4  |
| 4.   | Data og modtagne informationer .....          | 4  |
| 5.   | Metoder og undersøgelsesomfang .....          | 4  |
| 6.   | Sammenfatning .....                           | 6  |
| 6.1. | Opgavens omfang .....                         | 6  |
| 6.2. | Resultater .....                              | 8  |
| 7.   | Vurdering .....                               | 10 |
| 8.   | Løsningsforslag/Udbedringsforslag .....       | 12 |
| 9.   | Dæklagsmåling .....                           | 15 |
| 10.  | Korrosions aktivitetsmåling (EKP) .....       | 17 |
| 11.  | Udtagning af borekerner og pulverprøver ..... | 22 |
| 12.  | Karbonatiseringsbestemmelse .....             | 31 |
| 13.  | Makroanalyse .....                            | 32 |
| 14.  | Mikroanalyse .....                            | 49 |
| 15.  | Chloridbestemmelse – RCT .....                | 60 |



## 1. Objekt

Objekt for undersøgelsen er bassinvægge i springbassin og i 25 m svømmebassin, bjælkevederlag, promenadedæk og søjlefødder i Korsør Svømmehal.

## 2. Baggrund

Slagelse Kommune står foran en renovering af Korsør Svømmehal, som er bygget i midten af 1970'erne. Kommunalbestyrelsen har samlet afsat 22 mio. kr. i 2024 – 25.

Helt konkret skal følgende ifølge anlægssagens tekst foretages:

”Bærende konstruktion for aluminiumsfacader. Betonkonstruktionen ved bassin, overløbs render og dæk omkring bassiner. Forstærkning af den bærende betonkonstruktion. Ny bærende betonkonstruktion beskyttes af ny fleksibel vandtætningsmembran”.

I den forbindelse er der et ønske om at få et så nøjagtigt billede som muligt af, hvor der skal sættes ind og hvilke løsninger, der er de mest optimale.

Især med henblik på et mere detaljeret indblik i de konsekvenser som renoveringen af de relevante bygningsdele vil få i forhold til tilstødende bygningsdele og/eller påvirkede systemer.

## 3. Formål

Ifølge aftale med rekvirenten havde undersøgelsen følgende formål:

- At vurdere tilstand af armering og beton i de ovenfor nævnte konstruktionsdele og på den baggrund foreslå et minimalt omfang (men tilstrækkeligt) af reparationer/tiltag, som vil sikre betonkonstruktionerne over de næste 4 år.

## 4. Data og modtagne informationer

Rekvirenten har oplyst følgende:

- Der er etableret katodisk beskyttelse på søjler i øst facaden.

Rekvirenten har udleveret følgende:

- ”Opfølgende Teknisk notat vedr. KORSØR svømmehal REV 2023” udarbejdet af Sweco, dateret 13. april 2023.
- ”15083237-123-33492 rapport KB for Korsør svømmehal 23 - 07-11-23 - ups\_bk - final\_240130084821321” udarbejdet af Force, dateret 13. november 2023
- Plan tegninger over kælder, 1. og 2. sal
- Bygningssyn af 26. februar 2020 Sweco.

## 5. Metoder og undersøgelsesomfang

Teknologisk Institut har ved Tommy B. Jacobsen den 19. februar 2024 besøgt betonkonstruktionerne i Korsør svømmehal, og derefter er det udleverede materiale gennemgået. På den baggrund er



der udarbejdet et notat med undersøgelsesprogram, som er tilsendt rekvirenten ("Tilbud Korsør svømmehal 2024", Dateret 18. marts 2024).

Undersøgelsen er koncentreret om de områder, der visuelt vurderet er de mest medtagne, idet disse områder i første omgang er bestemmende for hvornår og hvilke tiltag, der skal implementeres, for at forlænge den nuværende konstruktions levetid.

Der er foretaget en borekerneundersøgelse af søjler i Nordfacade, bassinvægge og promenadedæk. Der er udtaget henholdsvis 2 borekerner i søjler, 2 borekerner i promenadedæk samt 4 borekerner fra bassinvæggene (fra bassinside). Alle borekernerne er undersøgt ved makroanalyse, hvorved opbygningen samt den generelle tilstand af materialerne i prøverne afklares. 3 af kernerne fra bassinvægge samt en af kernerne fra søjlerne er undersøgt ved mikroanalyse for en detaljeret beskrivelse af sammensætning og evt. nedbrydningsmekanismer i betonen. I kerne 1, som er udtaget fra en af søjlerne, er der desuden foretaget chloridanalyse i 3 niveauer for at vurdere risikoen for chloridinitieret armeringskorrosion. I kerne 8 er der foretaget en chloridanalyse i intervallet omkring delamineringen.

Fra kældersiden er der tidligere rapporteret omfattende armeringskorrosion i betonen, men årsagen til korrosionen er ikke dokumenteret. Derfor er der foretaget EKP-målinger på nogle udvalgte konstruktionsdele samt udtaget 5 karbonatiseringsprøver fra bassinvægge og i alt 45 pulverprøver til bestemmelse af chloridindtrængning i promenadedæk, skulperender og vederlagsbjælker. Dæklagsmålinger er foretaget stikprøvevis på de forskellige konstruktionsdele.

For detaljeret beskrivelse af de anvendte metoder henvises der til dokumentationsafsnittet.

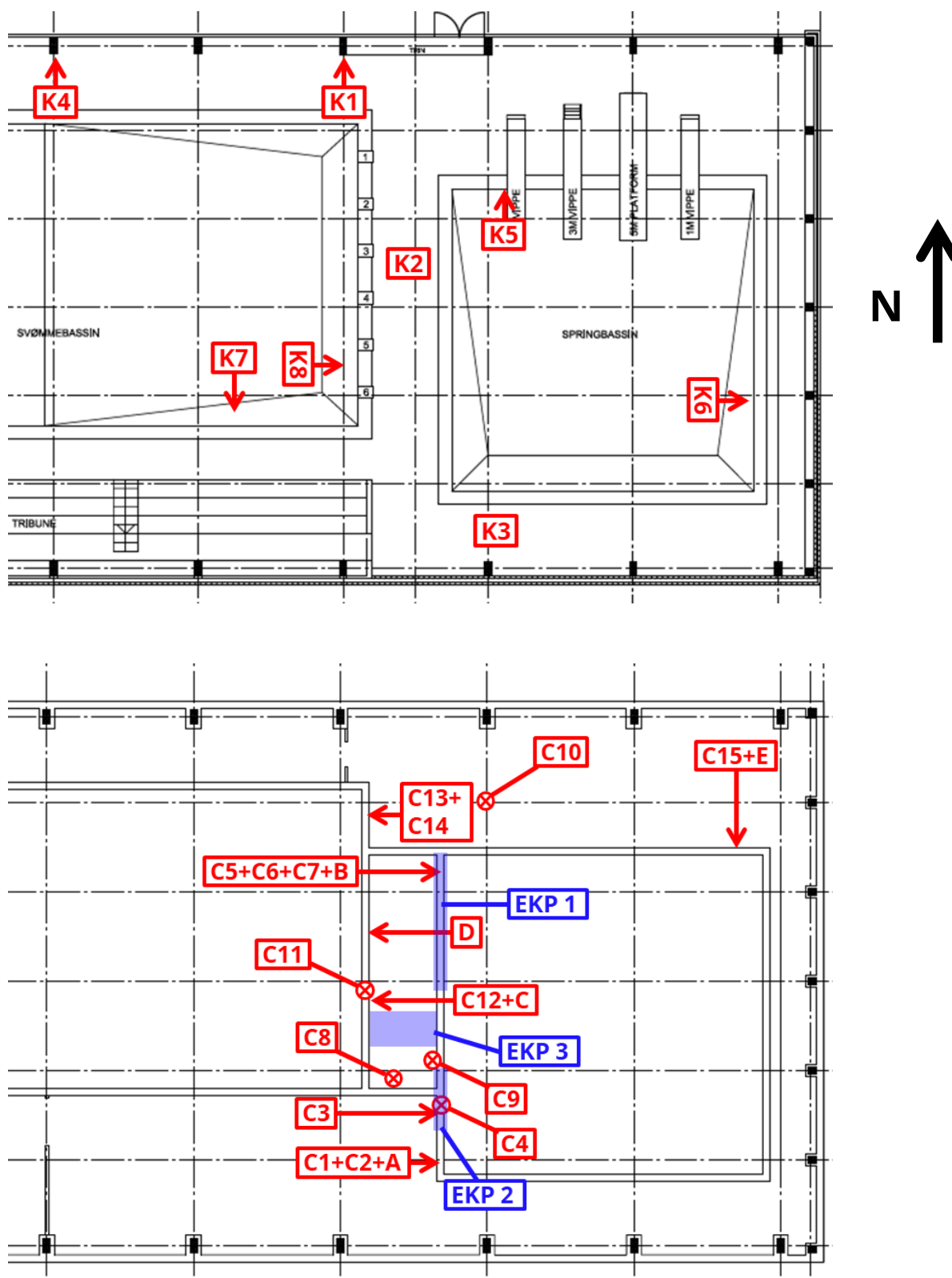


## 6. Sammenfatning

### 6.1. Opgavens omfang

Tabel 6-1: Oversigt over udtagne prøver og foretagne analyser

| Prøve      | Placering         | Makro-analyse | Karbonatise-ringsmåling | Mikro-analyse | Chloridana-lyse (RCT) |
|------------|-------------------|---------------|-------------------------|---------------|-----------------------|
| Kerne K1   | Søjlefod          | X             |                         | 9316-1        | 3 niveauer            |
| Kerne K2   | Promenadedæk      | X             |                         |               |                       |
| Kerne K3   | Promenadedæk      | X             |                         |               |                       |
| Kerne K4   | Søjlefod          | X             |                         |               |                       |
| Kerne K5   | Bassinvæg (BS)    | X             |                         |               |                       |
| Kerne K6   | Bassinvæg (BS)    | X             |                         | 9316-6        |                       |
| Kerne K7   | Bassinvæg (BS)    | X             |                         | 9316-7        |                       |
| Kerne K8   | Bassinvæg (BS)    | X             |                         | 9316-8        | 1 niveau              |
| Kerne A    | Bassinvæg (KS)    |               | X                       |               |                       |
| Kerne B    | Bassinvæg (KS)    |               | X                       |               |                       |
| Kerne C    | Bassinvæg (KS)    |               | X                       |               |                       |
| Kerne D    | Bassinvæg (KS)    |               | X                       |               |                       |
| Kerne E    | Bassinvæg (KS)    |               | X                       |               |                       |
| Pulver C1  | Vederlagsbjælke   |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C2  | Skulperende       |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C3  | Skulperende       |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C4  | Skulperende       |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C5  | Skulperende       |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C6  | Skulperende       |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C7  | Promenadedæk (KS) |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C8  | Promenadedæk (KS) |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C9  | Promenadedæk (KS) |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C10 | Bjælke            |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C11 | Vederlagsbjælke   |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C12 | Skulperende       |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C13 | Vederlagsbjælke   |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C14 | Bassinvæg (KS)    |               |                         |               | 3 niveauer            |
| Pulver C15 | Skulperende       |               |                         |               | 3 niveauer            |



Figur 6-1: Oversigtstegninger over svømmehal (øverst) og kælder (nederst) med placering af udtagne prøver indtegnet.

## 6.2. Resultater

I det følgende gives en kortfattet sammenfatning af resultater fra de gennemførte undersøgelser. For en mere detaljeret beskrivelse af resultater, henvises til dokumentationsafsnittet.

### Bassinvægge, promenadedæk, skulperender og vederlagsbjælker.

Ved besigtigelsen er der i kælderen observeret 5 områder, som visuelt bedømt er noget medtagne:

- Promenadedæk mellem springbassin og 25 m bassin, samt de vederlagsbjælker og skulperender der har kontakt hertil.
- Tværgående bjælke under 1m vippen.
- Vederlagsbjælke samt skulperende langs springbassinets nordlige side.
- Vederlagsbjælke samt skulperende langs springbassinets sydlige side (Ikke tilgængelig).
- Promenadedæk ud for kældertrappe midt mellem 25 m bassin og det lille bassin (ikke registreret i Swecos syn).

I mange af områderne ses tegn på gennemsivninger i form af hvide udfældninger. På tidspunktet for denne undersøgelse blev der dog kun observeret igangværende gennemsivninger i promenadedækket ud for kældertrappe mellem det lille bassin og 25 m bassinet (se Figur 6-2). Her ses lunger med vand i oversiden af dækket og undersiden er dækket af udfældninger. Der er formentlig tale om et utæt støbeskel i dækket.

I de øvrige områder blev der på undersøgelsestidspunktet ikke registreret igangværende gennemsivninger, og kælderen virkede generelt tør.

Der er ikke observeret væsentlige skader på bassinvæggene.



Figur 6-2: Område ud for kældertrappe og mellem det lille bassin og 25 m bassin. Lunger i overside samt punktvis "våde" områder i underside (pil).

Borekerneundersøgelsen viser følgende opbygning af promenadedækket:

- Klinke: 10-12 mm
- Fliselim: ~1 mm
- Mørtel: 52-58 mm
- Armeret beton, 155 mm

Bassinvæggene har næsten samme opbygning, dog er fliserne sat direkte i mørtellaget på væggene, mens der er anvendt en fliselim på gulvet. Der ses generelt god kontakt mellem fliser og mørtel i både vægge og dæk. Derimod ses der i alle udtagne prøver tegn på manglende/svag vedhæftning



mellem mørtel og beton, idet alle kerner er knækkede i dette støbeskel eller mørtlen lige over støbeskellet.

I bassinvæggene er der nogle steder i dette støbeskel observeret et brunligt hærdeplastlignende materiale, som muligvis er en form for injiceringsmateriale.

Betonen i både dæk og vægge har en sammensætning svarende til en typisk ældre dansk beton; betonen består af en portlandcement iblandet et flinterigt stentilslag og et kvartsdomineret sand. Indholdet af potentielle alkalireaktive flintekorn i både sand- og stenfraktionen er forholdsvis lavt. Betonens cementpasta har i bassinvæggene en medium til lav kapillærporøsitet, hvilket kunne tyde på, at betonen er relativt tæt.

Udover en enkelt lodret delaminering i kerne 8 (bassinvæg) er der i de udtagne prøver ikke observeret skader i betonen. Dog ses der tegn på, at både beton og mørtel er eller har været vandbelastet, idet der er mange fugtbetingede udfældninger i form af ettringit og  $\text{Ca(OH)}_2$  i betonens porer/hulrum.

Delamineringen i kerne 8 er undersøgt ved mikroanalyse. Revnen ligger i 50 mm under betonoverfladen og har et forholdsvis lige forløb. I betonen omkring revnen ses mange fugtbetingede udfældninger i hulrum og luftporer, hvilket tyder på at betonen har været fugtbelastet. Revnen ses at skære gennem disse udfældninger, men i selve revnen ses ingen udfældninger, hvilket kunne tyde på, at betonen ikke har været væsentligt fugtbelastet efter revnen er opstået. Udfældningerne, der har kontakt med revnen er karbonatiserede, og cementpastaen langs revnen er ligeledes karbonatiseret.

#### *Korrosionsmålinger, dæklag, chlorider og karbonatisering:*

Der er foretaget EKP-målinger i 3 felter, som inkluderer eller ligger op til skadede områder på henholdsvis vederlagsbjælke/skulpterende (felt 1), skulpterende (felt 2) samt promenadedæk. Resultaterne er angivet i dokumentationsbilag, afsnit 10. Målingerne i felt 1 og 3 viser relativt lave potentialer lige op ad områder med dæklagsafskalninger, men potentialet stiger relativt hurtigt med afstanden til skaderne. Målingerne foretaget i felt 2 viser derimod meget lave potentialer over hele det målte område, hvilket tyder på generelt høj risiko for korrosion i dette område af skulpterenden.

Dæklagsmålinger, chloridindhold og karboniseringsmålinger er sammenfattet i Tabel 6-2.

#### Søjler.

På nogle af søjlerne i svømmehallen ses tegn på nedbrydning i søjlefoden. Dette ses som fliser der skaller af og forvitring af mørtelreparationer. Der er ved denne undersøgelse ikke observeret afskalninger ind til armeringen i betonsøjlen.

Der er udtaget 2 borekerner fra den nedre del af søjler i svømmehallen. Den ene kerne er udtaget i et skadet område, mens den anden er udtaget i et intakt område lige over den flisebelagte nedre for. I begge borekerner ses betonen at være intakt. Dog ses der i kernen fra det skadede område kraftig nedbrydning af mørtellaget, og mørtellaget ses at være delamineret lige over vedhæftningszonen til betonen. Mikroanalysen af prøven, viser at mørtlen er dårligt blandet (indeholder mange ikke-dispergerede mikrosilicaklumper) og mangelfuldt komprimeret (mange luftindeslutninger), hvilket formentlig er årsagen til, at mørtlen er blevet nedbrudt i svømmehallens kemisk aggressive miljø.



Tabel 6-2: Sammenfatning af dæklagsmålinger, chlorid- og karbonatiseringsmålinger. Chloridindhold er angivet som % Cl af betontørvægt. Positioner med chloridindhold over den kritiske grænseværdi på 0,050 vægt-% for chloridbetinget armeringskorrosion er farvet lyserød.

| Prøve                                                                                                   | Konstruktion              | Placering      | Dæklag [mm] | Chlorid 0-15 mm | Chlorid 15-30 mm | Chlorid 30-45 mm | Karb.             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|-------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| C7                                                                                                      | Promenadedæk              | Over afsk.     | 10-16       | 0,030           | 0,008            | 0,006            | 36                |
| C8                                                                                                      | Promenadedæk              | Udfældninger   |             | 0,362           | 0,258            | 0,287            |                   |
| C9                                                                                                      | Promenadedæk              | Nær afsk.      |             | 0,054           | 0,024            | 0,018            |                   |
| C2                                                                                                      | Skulperende               | Under afsk.    | 16-45       | 0,218           | 0,110            | 0,092            | 15-34<br>(gns=24) |
| C3                                                                                                      | Skulperende               | Nær afsk.      |             | 0,278           | 0,152            | 0,104            |                   |
| C4                                                                                                      | Skulperende               | I afsk.        |             | 0,167           | 0,131            | 0,099            |                   |
| C5                                                                                                      | Skulperende               | Over afsk.     |             | 0,644           | 0,353            | 0,240            |                   |
| C6                                                                                                      | Skulperende               | Ingen skader   |             | 0,091           | 0,032            | 0,025            |                   |
| C12                                                                                                     | Skulperende               | I afsk.        |             | 0,099           | 0,135            | 0,109            |                   |
| C15                                                                                                     | Skulperende, under vipper | Udfældninger   | 30-70       | 0,747           | 0,281            | 0,300            |                   |
| C1                                                                                                      | Vederlagsbjælke           | Nær afsk.      | 13-35       | 0,382           | 0,294            | 0,164            |                   |
| C11                                                                                                     | Vederlagsbjælke           | Over afsk.     |             | 0,115           | 0,067            | 0,092            |                   |
| C13                                                                                                     | Vederlagsbjælke           | Intakt         |             | 0,188           | 0,138            | 0,135            |                   |
| C10                                                                                                     | Bjælke                    | Udf. og revner | 20-30       | 0,202           | 0,079            | 0,152            |                   |
| C14                                                                                                     | Bassinvæg                 | Intakt         | 30-33       | 0,061           | 0,023            | 0,019            |                   |
| K1                                                                                                      | Søjlefod                  | Revnet rep.    | ~31         | 0,214           | 0,115            | 0,042            | 2-8               |
| <b>K8: RCT-analyse er foretaget i 40-80 mm interval inkl. delamineringen. Chloridindhold er 0,052 %</b> |                           |                |             |                 |                  |                  |                   |

Søjlebetonen indeholder et groft tilslag i knust granit og fint kvartsdomineret sand. Cementpastaen består af en portlandcement og har en relativ høj kapillærporøsitet. Indholdet af porøs potentiel alkalireaktiv flint i sandet er relativt lavt.

Der ses tegn på at betonen (og i særdeleshed mørtellaget) har været fugtbelastet idet der ses fugtbetingede udfældninger i hulrum i både beton og mørtel.

Dæklaget til hovedarmeringen er målt til 31 mm (kerne K4). Karbonatiseringen er målt til 2-8 mm. Chloridindhold er målt til at ligge mellem 0,115 og 0,042 mm (kerne K1) i armeringsniveau (se Tabel 6-2).

## 7. Vurdering

På baggrund af den udførte undersøgelse kan følgende vurderes:

Bortset fra et enkelt område i promenadedækket med gennemsvivninger er der ikke observeret gennemsvivende vand til trods for, at der en del steder omkring specielt springbassinet ses mange fugtbetingede udfældninger og armeringskorrosion. Specielt er der en del udfældninger omkring vederlagsbjælker og skulperender, men her ses ingen våde overflader. Dette kan skyldes formentlig at utæthederne på et tidspunkt er tætnet ved injicering. I nogle af borekernerne udtaget fra bassinderne ses rester af et brunligt hærdeplastlignende materiale, som sandsynligvis er injiceret for at tætte det utætte støbeskel. Der er dog i det modtagne materiale ingen dokumentation for evt. tidli-



gere udførte reparationer eller renovering af svømmehallen, men der ses tegn på at fliserne på promenadedækket på et tidspunkt er lagt om idet fliserne her er lagt i en fliselim – på bassinvæggene er fliserne sat direkte i mørtellaget. Dette tyder på, at der tidligere er udført reparationsarbejder.

#### Bassinvægge:

Bassinvæggene fremstår generelt uden væsentlige skader mod kældersiden, og der ses ingen egentlige gennemsvivninger eller fremskreden armeringskorrosion. Dæklaget i væggen er målt til omkring 30 mm, og det vurderes på den baggrund at både karbonatiseringen kun i begrænset omfang har nået armeringsniveau, og at chloridindholdet i armeringsniveau ligeledes er begrænset.

Dersom kælderen fortsat holdes tør, vurderes risikoen for fremtidig armeringskorrosion i væggene at være lav og evt. skader vil efter al sandsynlighed foregå langsomt.

Mod bassinsiden ses mørtellaget generelt at have dårlig vedhæftning til betonvæggen. Der ses dog ingen tegn på at fliserne sidder løst eller at mørtellaget er ved at skalle af. På denne side af væggen vurderes der dog at være væsentlig risiko for at mørtel og flisebelægning kan "sprænge" af – vedhæftningen af mørtellaget er så ringe, og der kan stå vand i denne zone som kan udøve et pres ud på mørtellaget hvis bassinet tømmes.

Den fine delaminering, som er observeret i kerne 8, kan være opstået som følge af armeringskorrosion. Chloridindholdet i 40-60 mm intervallet er målt til at være 0,052 vægt%, hvilket er tilstrækkeligt til at forårsage korrosion i tør beton. Dersom betonen er vandmættet, er denne koncentration typisk for lav til at forårsage korrosion. Dette tyder ligeledes på, at der på et tidspunkt er foretaget en tætning af konstruktionen. Forud for tætningen er chlorider trængt ind i betonen sammen med bassinvandet, og efter tætningen er betonen tørret ud til et niveau, hvor den chloridinitieret korrosion er opstået, og revnen herved er dannet.

#### Skulperender og vederlagsbjælker:

I skulperenderne og vederlagsbjælkerne omkring bassinerne ses generelt høje chloridindhold i armeringsniveau og fremskreden karbonatisering der ligeledes har nået armeringen en del steder. Omfanget af korrosion på den indstøbte armering er derfor stort, hvilket har resulteret i relativt store dæklagsafskalninger, men ses også som omfattende rustudfældninger på skulperendernes lodrette flader (se Figur 7-1). Sidstnævnte udfældninger synes generelt at have udspring i samlingen mellem skulperende og vederlagsbjælke. På den baggrund må der forventes væsentlig korrosion på den armering der går på tværs af denne samling. Dette kan have nogle bæreevnemæssige konsekvenser, idet der lokalt kan være væsentligt godstykkelsesforringelse på armeringen (grubetæring).

Korrosionsmålingerne viser at der yderligere er risiko for armeringskorrosion i nogle af de områder, hvor der endnu ikke er observeret afskalninger. Dette skyldes til dels den fremskredne karbonatisering og til dels indtrængning af chlorider, men forholdende har i disse områder tilsyneladende ikke været tilstrækkelige fugtige til at forårsage væsentlig korrosion. Dersom betonen opfugtes yderligere må der forventes yderligere korrosion.



Figur 7-1: Fotos af rustudfældninger på skulperende med udspringspunkt i samlingen mellem vederlagsbjælke og skulperende. Billede til venstre viser springbassinets syd væg og billedet til højre bassinets nordvæg.

#### Promenadedæk:

Der ses nogle områder i promenadedækket, med store dæklagsafskalninger og armeringskorrosion. Generelt er dæklaget til dækkets underside meget lavt (10-16 mm), og da karbonatiseringen har en dybde på op til 36 mm, vurderes langt størstedelen af den nederste armering at ligge i karbonatiseret beton, ubeskyttet mod korrosion. Armeringskorrosionen er så opstået i de områder, hvor fugt er trængt ned gennem dækket og har opfugtet den karbonatiserede beton omkring armeringen. Derudover er der med fugten også trængt chlorider ned til armeringen, som vil forværre korrosionen.

Dette vurderes hovedsagelig at være sket i forbindelse med revner eller evt. ved utætte støbeskel. Dersom der nogle steder dannes lunger på oversiden af dækket vil betonen herunder i langt højere grad vandbelastes og risikoen for at den nedre del af dækket opfugtes og dermed armeringskorrosion vil forøges betragteligt.

#### Søjler

Skaderne i flise- og pudslag på den nedre del af søjlerne vurderes at være forårsaget af saltkrystallisation. Salte fra bassinvandet er ophobet i de porøse mørtellag og bag fliser, og har ved cykliske genkrystalliseringer forårsaget et tryk bag fliser og pudslag, der til sidst har forårsaget afskalningen. Samtidig ses der i mindre skala en "smuldring" af mørteloverfladen, ligeledes forårsaget af saltkrystallisation.

Dæklaget til armeringen i søjlerne er ca. 25-31 mm. Chloridindholdet på mellem 0,115 (15-30 mm) og 0,045 (30-45 mm) ligger henholdsvis over og under grænsen for chloridinitieret armeringskorrosion, og der må på den baggrund anses for at være nogen risiko for igangværende armeringskorrosion i den nederste del af søjlerne. Karbonatiseringen af betonen er begrænset (2-8 mm), og vurderes ikke at have nået armeringen. Den begrænsede karbonatiseringsdybde skyldes formentlig at betonoverfladerne har været malede.

## **8. Løsningsforslag/Udbedringsforslag**

#### Bassinvægge:

Der vurderes over en periode på 4 år ikke at være risiko for væsentlige skader, og det vurderes på den baggrund ikke nødvendigt at implementere levetidsforlængende tiltag.



For at undgå skader på bassinets inderside anbefales det ikke at tømme bassinet i denne periode.

Dersom væggene anvendes ud over de 4 år, bør det overvejes at beskytte armeringen mod korrosion, idet karbonatiseringen med tiden vil fortsætte og nå en større del af armeringen, hvorved risikoen for armeringskorrosion vil øges. Derudover kan chloridindtrængning lokalt have forårsaget korrosion og indre revnedannelse i væggene, som det er observeret i kerne K8.

#### Promenadedæk, skulperender og vederlagsbjælker:

Armeringskorrosionen i og omkring skulperender og vederlagsbjælker er så fremskreden at der nogle steder kan være risiko for at armeringen er gennemtæret og dermed risiko for nedsat bæreevne af promenadedækket. Det anbefales derfor, at der som midlertidig forstærkning over de næste 4 år etableres en søjleunderstøtning af dækket langs alle bassinvægge. Der må således påregnes en forsat nedbrydning af armeringen, hvilket der skal tages hensyn til ved den endelige renovering.

Karbonatiseringen og chloridindtrængning er disse steder så fremskreden at en stor del af armeringen ikke længere ligger beskyttet mod korrosion. En varig udbedring vil derfor omfatte at armeringen mellem vederlagsbjælker, skulperender og promenadedæk frihugges, besigtiges, forstærkes i nødvendigt omfang og derpå genudstøbes. Dette indgreb er så stort, at det bør overvejes helt at udskifte konstruktionen hvis man alligevel har tænkt sig ændre på skulperenden.

#### Søjler

Over en periode på 4 år vurderes en udbedring af søjlerne ikke at være nødvendig. Det anbefales dog alligevel på nuværende af tidspunkt af udbedre/forny overfladebehandlingen af søjlerne og etablere katodisk beskyttelse på armeringen ved søjlefødderne ud fra den betragtning at søjlernes nuværende relativt gode tilstand er værd at bevare på lang sigt. Denne udbedring kan ske uden større indgriben i svømmehallens aktiviteter.

#### Generelt

Hvis man vælger at udskyde renoveringen i op til 4 år, skal der foretages en løbende observation af konstruktionerne således at markante ændringer af disse rapporteres og vurderes.



## Dokumentation



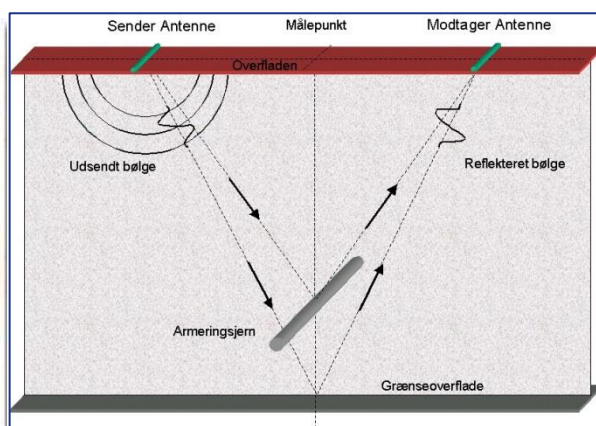
## 9. Dæklagsmåling

### Udført

Dæklagsmåling er udført den 6. maj 2024 af Claes Christiansen.

### Metode

Armeringens dækkende betonlag er målt med georadar, måleudstyr Structure Scan Mini. Udstyret registrerer metaller ved at udsende og registrere radiobølger, der reflekteres fra materialer med ændrede elektriske egenskaber. Udstyret kan lokalisere armering til dybder af ca. 40 cm. Er der flere lag armering eller kabelrør inde i konstruktionen kan disse også lokaliseres.



### Omfang

Der er udført stikprøvevis dæklagsmålinger på underside af promenadedæk samt kælderside af bassinvægge, skulperender og vederlagsbjælker.

### Resultat

Resultatet er angivet i tabellen på næste side.



Tabel 9-1: Dæklagsmålinger foretaget stikprøvevis på de undersøgte konstruktionsdele.

|                | Lodret side | Underside |                           | Lodret side | Underside |                 | Lodret side | Underside |
|----------------|-------------|-----------|---------------------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|
| Bjælke         | 28          | 20        | Skvulperende              | 26          | 29        | Vederlagsbjælke | 15          | 16        |
|                | 30          | 23        |                           | 27          | 34        |                 | 17          | 14        |
|                | 26          | 22        |                           | 27          | 39        |                 | 17          | 15        |
|                | 22          | 21        |                           | 32          | 39        |                 | 20          | 15        |
| Dæk            |             | 14        |                           | 31          | 42        |                 | 20          | 15        |
|                |             | 15        |                           | 28          | 44        |                 | 21          | 13        |
|                |             | 16        |                           | 29          | 43        |                 | 19          | 15        |
|                |             | 15        |                           | 27          | 29        |                 | 19          | 14        |
|                |             | 11        |                           | 27          | 28        |                 | 17          | 16        |
|                |             | 10        |                           | 35          | 25        |                 | 16          | 16        |
|                |             | 11        |                           | 31          | 24        |                 | 17          | 14        |
|                |             | 12        |                           | 18          | 24        |                 | 18          | 15        |
|                |             | 16        |                           | 16          | 28        |                 | 20          | 16        |
|                |             | 15        |                           | 16          | 29        |                 | 18          | 17        |
|                |             | 15        |                           | 20          | 28        |                 | 34          | 14        |
|                |             | 14        |                           | 19          | 32        |                 | 35          | 13        |
|                |             | 16        |                           | 18          | 30        |                 | 33          | 22        |
|                |             | 16        |                           | 17          | 31        |                 | 31          | 24        |
|                |             | 16        |                           | 17          | 31        |                 | 30          | 23        |
|                |             | 15        |                           | 17          | 27        |                 | 30          | 24        |
| Bassin-<br>væg | 32          |           |                           | 42          |           |                 |             | 26        |
|                | 33          |           |                           | 41          |           |                 |             |           |
|                | 31          |           |                           | 39          |           |                 |             |           |
|                | 31          |           |                           | 40          |           |                 |             |           |
|                | 30          |           |                           | 38          |           |                 |             |           |
|                | 30          |           |                           | 40          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 43          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 42          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 42          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 43          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 45          |           |                 |             |           |
|                |             |           | Skvulperende<br>u. vipper | 70          | 76        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 69          | 41        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 69          | 62        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 73          | 52        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 73          | 42        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 70          | 37        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 70          | 63        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 70          | 30        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 68          | 53        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 69          | 48        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 69          | 44        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 67          | 40        |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 60          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 59          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 57          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 52          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 52          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 66          |           |                 |             |           |
|                |             |           |                           | 65          |           |                 |             |           |



## 10. Korrosions aktivitetsmåling (EKP)

### Udført

EKP-måling er udført den 6. og 7. maj 2024 af Claes Christiansen.

### Metode

Armeringens elektrokemiske potentiale (EKP) samt modstand måles med GalvaPulse-udstyr. Målingen er et øjebliksbillede af den aktuelle korrosionsaktivitet på måletidspunktet. Den er afhængig af konstruktionens temperatur og fugtindhold og kan variere, hvis disse forhold ændres (specielt uden-dørs konstruktioner). Målinger bør kun udføres ved temperaturer over +5°C da korrosionsprocessen ellers delvist stopper.

Der måles potentialer med en referenceelektrode af sølv-sølvchlorid i et veldefineret målenet. Potentialmålingerne omregnes efterfølgende, så de målte værdier angiver armeringens potentiale i forhold til en kobber-kobbersulfat elektrode jævnfør ASTM standard. Jo lavere (mere negativt) potentiale der måles, jo højere risiko for aktiv korrosion af armeringen.

De tilhørende modstande i betonen måles samtidig med potentialet i de pågældende punkter. Modstanden afhænger af porevæskens ledende evne og er derigennem et udtryk for både betonens indhold af fugt og ioner, samt indikator for målingens pålidelighed. Metoden forudsætter et sammenhængende armeringsnet, hvilket kontrolleres inden måling ved ophugning til armering i to områder i målenettet, hvorefter der med multimeter måles om der er kontakt mellem disse områder.

Ved tolkning af EKP- målinger anvendes følgende:

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| "Potentiale"          | Måling af potentialet hen over et større område vil give mulighed for at vurdere korrosionsaktiviteten. Ændringer i armeringens korrosionstilstand samt ændringer i det omgivende miljø i betonen vil kunne aflæses som ændringer i potentialet. Lavere potentialer = større sandsynlighed for korrosion. |
| "Potentialgradienter" | I områder, hvor potentialet ændres kraftigt (potentialgradienten er størst) er risiko for korrosionsaktive områder med kraftig tæring.                                                                                                                                                                    |
| "Modstand"            | Målinger af modstanden giver en indikation på fugtindholdets variation hen over det undersøgte felt og hvorvidt der kan foregå korrosion. Jo højere fugtighed desto lavere modstand.                                                                                                                      |

Til vurdering af potentialmålingerne anvendes Tabel 10-1, der er vejledende og gælder for konstruktioner, hvor ilttilførslen ikke er begrænset.

| Potentiale<br>(mV vs. Cu/CuSO <sub>4</sub> ) | Sandsynlighed for korrosion                                               |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| > -200 mV                                    | Lav risiko: Mindre end 10 % sandsynlighed for, at der er aktiv korrosion. |
| -200 mV til -350 mV                          | Forhøjet risiko: Det er usikkert om der er korrosion i gang.              |
| < -350 mV                                    | Høj risiko: Mere end 90 % sandsynlighed for, at der er aktiv korrosion.   |

Tabel 10-1: Vejledende grænser for vurdering af potentialmålinger (ASTM C876-87).



**Bemærk:** For våde/fugtige konstruktioner – typisk marine konstruktioner - vil en aktiv korrosion have lavere potentialmålinger, typiske 100-200 mV og grænserne i tabellen kan derfor ikke anvendes. Tilsvarende vil armering i karboniseret beton have højere potentiale. I begge tilfælde skal der udføres kalibrering på konstruktioner i form af ophugninger til armering i flere områder.

#### Omfang

Der er foretaget målinger i 3 felter. Placering af felter er vist på Figur 6-1, og på de følgende sider.

#### Resultat

Resultaterne af de udførte målinger fremgår af kontur-diagrammer præsenteret nedenfor.

#### Resultat

Resultaterne af de udførte målinger fremgår af kontur-diagrammer præsenteret nedenfor. Resultaterne fra målingerne udført i 2020 præsenteres ligeledes, til sammenligning med de nye målinger. På alle konturdiagrammer er der anvendt nedenstående skala til inddeling af farver:

##### EKP:

|                |
|----------------|
| >150 mV        |
| 100 - 150 mV   |
| 50 - 100 mV    |
| 0 - 50 mV      |
| -50 - 0 mV     |
| -100 - -50 mV  |
| -150 - -100 mV |
| -150 - -200 mV |
| -250 - -200 mV |
| -300 - -250 mV |
| -350 - -300 mV |
| -350 - -400 mV |
| <400 mV        |

##### Modstand:

|                  |
|------------------|
| 0-5 k $\Omega$   |
| 5-10 k $\Omega$  |
| 10-15 k $\Omega$ |
| 15-20 k $\Omega$ |
| >20 k $\Omega$   |

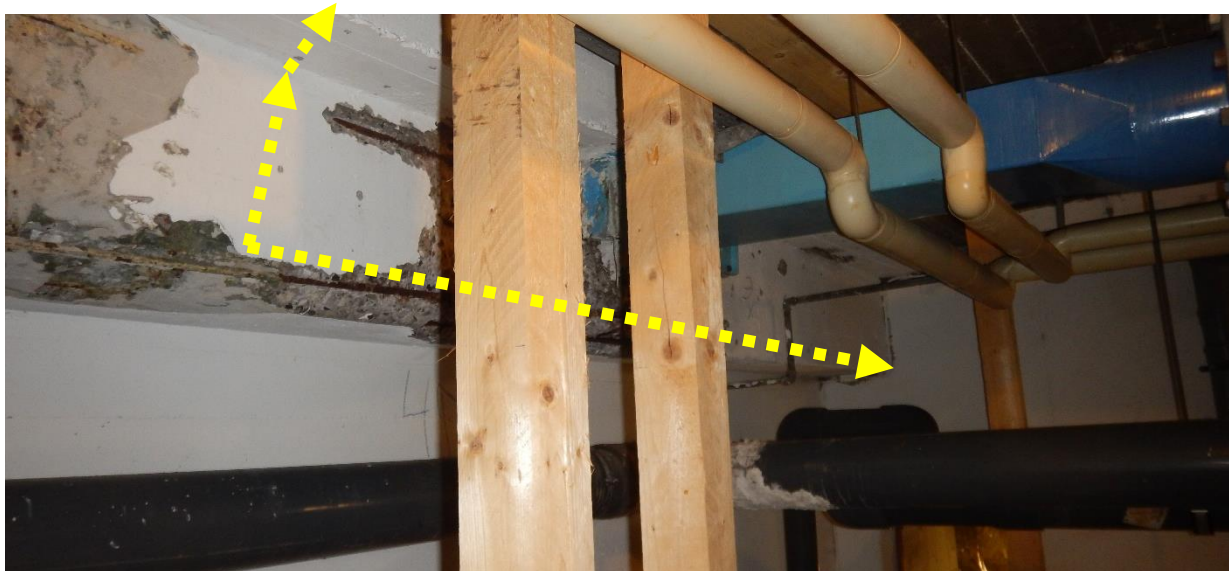


EKP [mV CSE]:

|         |      |      |      |      |      |      |      |     |     |      |      |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Række 4 | -349 | -353 | -373 |      | -239 | -137 | -70  | -40 |     | -58  | -64  | -54 | -58 | -61  | -64  | -115 | -202 | -210 | -132 | -109 | -119 | -111 | -116 | -111 | -112 | -126 | -117 |      |
| Række 3 | -357 | -366 | -397 | -316 | -240 | -157 | -73  | -32 | -40 | -61  | -76  | -56 | -75 | -64  | -76  | -115 | -242 | -171 | -134 | -127 | -136 | -131 | -123 | -111 | -122 | -141 | -150 |      |
| Række 2 |      |      |      |      |      |      | -92  | -33 | -55 | -76  | -99  | -69 | -81 | -78  | -94  | -120 | -218 | -159 | -136 | -168 | -150 | -138 | -134 | -109 | -129 | -152 | -153 |      |
| Række 1 |      |      |      |      |      |      | -109 | -49 | -69 | -113 | -113 | -99 | -96 | -108 | -121 | -126 | -251 | -139 | -151 | -176 | -181 | -147 | -151 | -136 | -130 | -163 | -159 | -170 |
| Række/m | 0    | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1    | 1,2  | 1,4 | 1,6 | 1,8  | 2    | 2,2 | 2,4 | 2,6  | 2,8  | 3    | 3,2  | 3,4  | 3,6  | 3,8  | 4    | 4,2  | 4,4  | 4,6  | 4,8  | 5    | 5,2  | 5,4  |

Modstand: [kOhm]

|                  |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |    |     |     |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| Modstand: [KOHM] |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |    |     |     |
| Række 4          | 0,7 | 0,6 | 0,9 |     | 3   | 71 | 54  | 68  |     | 35  | 34 | 37  | 28  | 26  | 23  | 22  | 14  | 13  | 17  | 17  | 20 | 24  | 18  | 21  | 61  | 33 | 68  |     |
| Række 3          | 1   | 0,2 | 0,9 | 0,6 | 1   | 44 | 65  | 76  | 84  | 41  | 32 | 39  | 21  | 27  | 24  | 28  | 7   | 11  | 15  | 19  | 24 | 21  | 15  | 24  | 21  | 30 | 25  |     |
| Række 2          |     |     |     |     |     | 40 | 82  | 61  | 36  | 32  | 33 | 16  | 34  | 23  | 18  | 11  | 9   | 17  | 7   | 19  | 14 | 17  | 28  | 16  | 20  | 11 |     |     |
| Række 1          |     |     |     |     |     | 34 | 59  | 58  | 18  | 23  | 17 | 12  | 25  | 17  | 13  | 0,2 | 0,3 | 16  | 4   | 5   | 3  | 15  | 9   | 5   | 13  | 8  | 73  |     |
| Række/m          | 0   | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1  | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2  | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3   | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4  | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5  | 5,2 | 5,4 |



EKP [mV CSE]:

|         |      |      |      |      |      |   |     |     |     |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Række 5 | -585 | -595 | -613 | -604 | -536 |   |     |     |     | -448 | -477 | -429 | -397 | -349 |
| Række 4 | -607 | -620 | -650 | -639 | -550 |   |     |     |     | -435 |      | -498 | -481 |      |
| Række 3 | -652 | -835 | -787 |      |      |   |     |     |     | -562 | -523 | -498 | -541 | -456 |
| Række 2 | -688 | -695 | -673 |      |      |   |     |     |     | -637 | -543 | -509 | -493 | -466 |
| Række 1 |      |      |      |      |      |   |     |     |     | -635 | -522 | -521 | -521 | -479 |
| Række/m | 0    | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8  | 2    | 2,2  | 2,4  | 2,6  |

Modstand: [kOhm]

|         |    |     |     |     |     |   |     |     |     |     |    |     |     |     |
|---------|----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| Række 5 | 12 | 12  | 19  | 5   | 3   |   |     |     |     | 9   | 6  | 8   | 10  | 8   |
| Række 4 | 6  | 5   | 4   | 4   | 2   |   |     |     |     | 9   |    | 4   | 5   |     |
| Række 3 | 6  | 6   | 4   |     |     |   |     |     |     | 6   | 12 | 6   | 8   | 11  |
| Række 2 | 8  | 9   | 5   |     |     |   |     |     |     | 6   | 8  | 7   | 19  | 19  |
| Række 1 |    |     |     |     |     |   |     |     |     | 7   | 6  | 8   | 9   | 18  |
| Række/m | 0  | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2  | 2,2 | 2,4 | 2,6 |



| EKP [mV CSE]: |      |      |      | Modstand: [kOhm] |    |     |     |
|---------------|------|------|------|------------------|----|-----|-----|
| 2,2           | -81  | -86  | -305 | 2,2              | 22 | 17  | 2   |
| 2             | -72  | -67  | -314 | 2                | 17 | 16  | 2   |
| 1,8           | -68  | -62  | -297 | 1,8              | 17 | 23  | 6   |
| 1,6           | -23  | -23  | -104 | 1,6              | 21 | 25  | 26  |
| 1,4           | -21  | -24  | -62  | 1,4              | 22 | 20  | 27  |
| 1,2           | -19  | -22  | -22  | 1,2              | 20 | 16  | 25  |
| 1             | -19  | -22  | -16  | 1                | 13 | 13  | 25  |
| 0,8           | -44  | -35  | -20  | 0,8              | 26 | 34  | 26  |
| 0,6           | -101 | -170 | -17  | 0,6              | 19 | 6   | 25  |
| 0,4           | -251 | -309 | -17  | 0,4              | 20 | 3   |     |
| 0,2           | -201 | -244 | -86  | 0,2              | 18 | 8   | 19  |
| 0             | -174 | -255 | -109 | 0                | 23 | 10  | 18  |
| m/m           | 0    | 0,2  | 0,4  | m/m              | 0  | 0,2 | 0,4 |



## 11. Udtagning af borekerner og pulverprøver

### Udført

Borekerner og boremelsprøver er udtaget den 6. og 7. maj 2024 af Claes Christiansen.

### Metode

Borekerner er udtaget med vandkølet diamantboreudstyr efter TI-B 1 (87).

Boremelsprøver er udboret med borehammer og opsamlet i påmonteret støvsuger. Ved hvert udtagningssted er Boremelsprøverne er udboret i bestemte intervaller med et ø15 mm bor fordelt over 3 boringer.

### Omfang

Der er udtaget i alt 13 borekerner og 45 boremelsprøver fordelt over 15 positioner. Placeringen af prøverne er vist på Figur 6-1.

### Resultat

I det følgende er angivet registreringer foretaget i forbindelse med kerneudtagningen.



Prøveudtagning

Prøve nr. K1



Konstruktionsdel: Søjle i Nordfacade.

Placering: søjlefod, 10 cm over promenadedæk.

Område: Reparation, skruk, reparation er revnet i vedhæftning og sidder løs. Maling på reparationen skaller af.

Registrering i borehul: Delaminering mellem reparation og søjlebeton.

Prøveudtagning

Prøve nr. K2



Konstruktionsdel: Promenadedæk mellem springbassin og 25 m bassin.

Placering: Midt på promenadedæk.

Område: Ingen synlige skader.

Registrering i borehul: Kerne er knækket lige over støbeskel mellem slidlag og beton – tilsvarende revne er ikke umiddelbart synlig i borehul.



Prøveudtagning

Prøve nr. K3

*Intet billede*

Konstruktionsdel: Promenadedæk mellem springbassin og syd væg.

Placering: Midt på promenadedæk.

Område: Ingen synlige skader.

Registrering i borehul: Kerne er knækket lige over støbeskel mellem slidlag og beton – tilsvarende revne er ikke umiddelbart synlig i borehul.

Prøveudtagning

Prøve nr. K4



Konstruktionsdel: Søjle i Nordfacade.

Placering: ~25 cm over promenadedæk, lige over fliserække.

Område: Lidt bulnet maling, samt nogle hvide udfældninger.

Registrering i ophugning: I bund af borehul ses del af lodret armering, dæklag til armering er 30 mm, ingen synlig rust.



| Prøveudtagning       |                                                                                                                                                                                                                                       | Prøve nr. K5 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <i>Intet billede</i> | Konstruktionsdel: Nordlig bassinvæg i springbas-<br>sin.<br>Placering: Bassinside, under 1 m vippe, 1 m over<br>bassinbund.<br>Område: Ingen registreringer.<br>Borehul: Ingen registreringer.<br><u>Note: er udboret under vand.</u> |              |

| Prøveudtagning       |                                                                                                                                                                                                                  | Prøve nr. K6 |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <i>Intet billede</i> | Konstruktionsdel: Østlig bassinvæg i springbas-<br>sin.<br>Placering: Bassinside, 1 m over bassinbund.<br>Område: Ingen registreringer.<br>Borehul: Ingen registreringer.<br><u>Note: er udboret under vand.</u> |              |

| Prøveudtagning       |                                                                                                                                                                                                                  | Prøve nr. K7 |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <i>Intet billede</i> | Konstruktionsdel: Nordlig bassinvæg i 25 m bas-<br>sin.<br>Placering: Bassinside, 1 m over bassinbund.<br>Område: Ingen registreringer.<br>Borehul: Ingen registreringer.<br><u>Note: er udboret under vand.</u> |              |



Prøveudtagning

Prøve nr. K8

*Intet billede*

Konstruktionsdel: Østlig bassinvæg i 25 m bassin.

Placering: Bassinside, 1 m over bassinbund mellem bane 5 og 6.

Område: Ingen registreringer.

Borehul: Ingen registreringer.

Note: er udboret under vand.

Prøveudtagning

Prøve nr. A



Konstruktionsdel: Vestlig bassinvæg til springbassin.

Placering: Kælderside, ved SV-hjørne, ~1,5 m o. gulv.

Område: Ingen synlige skader, ikke malet.

Prøveudtagning

Prøve nr. B



Konstruktionsdel: Vestlig bassinvæg til springbassin.

Placering: Kælderside, midtfor, ~1,5 m o. gulv.

Område: Ingen synlige skader, malet.



Prøveudtagning

Prøve nr. C



Konstruktionsdel: Østlig bassinvæg til 25 m bassin.

Placering: Kælderside, midtfor, ~1,5 m o. gulv.

Område: Ingen synlige skader, malet.

Prøveudtagning

Prøve nr. D



Konstruktionsdel: Østlig bassinvæg til 25 m bassin.

Placering: Kælderside, midtfor, ~1,5 m o. gulv.

Område: Ingen synlige skader, malet.

Prøveudtagning

Prøve nr. E



Konstruktionsdel: Nordlig bassinvæg til springbassin.

Placering: Kælderside, ved NØ-hjørne, ~1,5 m o. gulv.

Område: Ingen synlige skader, malet.



Prøveudtagning

Prøve nr. C1 og C2



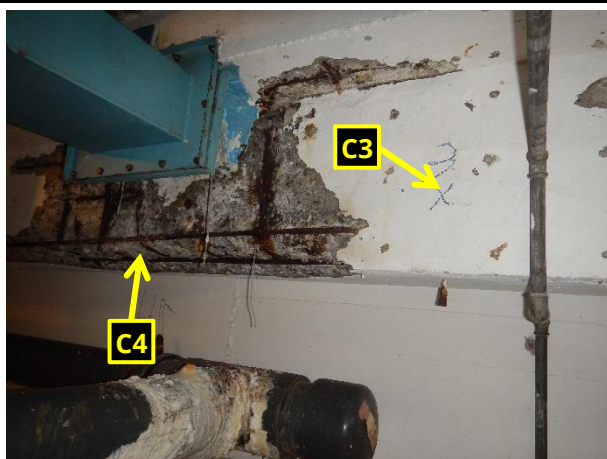
C1: Vederlagsbjælke, SØ-hjørne af springbassin. Underside ved siden af kraftig dæklagsafskalning.

C2: Skvulperende, SØ-hjørne af springbassin. Lodret side, under afskalning i vederlagsbjælke.

Note: der ses hvide udfældninger på overflade, som synes at have udspringspunkt mellem bjælke og skvulperende.

Prøveudtagning

Prøve nr. C3 og C4

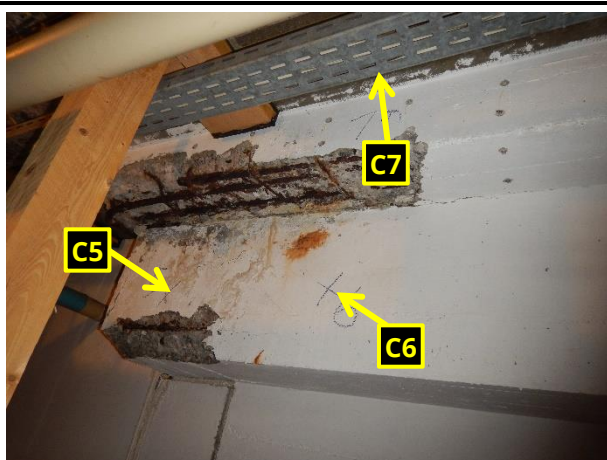


C3: Skvulperende, V-side af springbassin. Lodret side, ved siden af kraftig dæklagsafskalning.

C4: Skvulperende, V-side af springbassin. Underside i kraftig dæklagsafskalning.

Prøveudtagning

Prøve nr. C5, C6 og C7



C5: Skvulperende, V-side af springbassin, ved NV-hjørne. Lodret side, lige over kraftig dæklagsafskalning, udfældninger på overflade.

C6: Skvulperende, V-side af springbassin, ved NV-hjørne. Lodret side, ~30 cm ved siden af kraftig dæklagsafskalning.

C7: Promenadedæk, lige ved siden af vederlagsbjælke til V-side af springbassin, ved NV-hjørne. Underside, over kraftig dæklagsafskalning i vederlagsbjælke.



Prøveudtagning

Prøve nr. C8



C8: Promenade dæk mellem springbassin og 25 m bassin. Ved S-siderne af bassiner, i område med hvide udfældninger. Ved siden af reparation.

Prøveudtagning

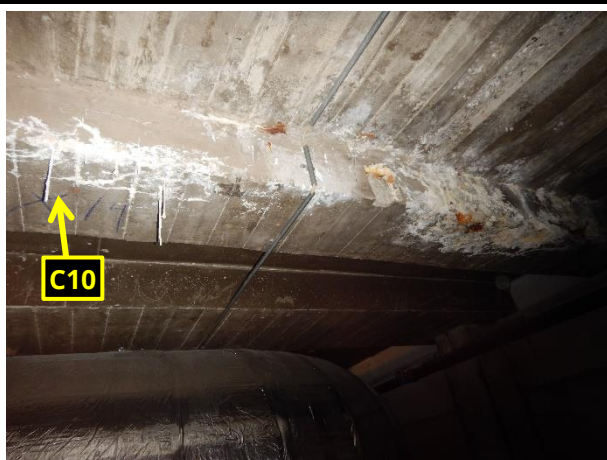
Prøve nr. C9



C9: Promenadedæk, lige ved siden af vederlagsbjælke til V-side af springbassin, midtfor. Underside, ved siden af over stor dæklagsafskalning.

Prøveudtagning

Prøve nr. C10

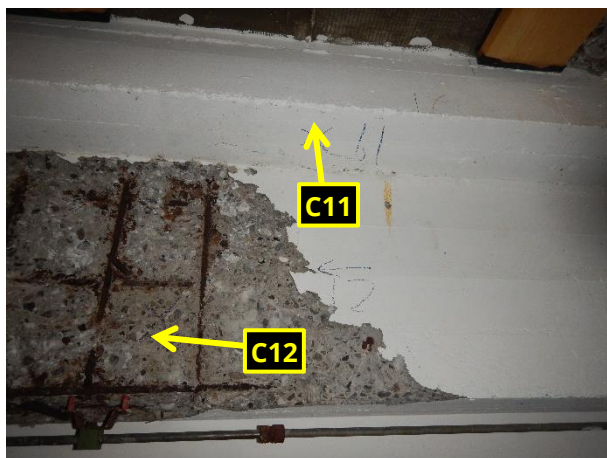


C10: Bjælke under promenadedæk nord for springbassin. Underside lige ved siden af revnet område. Kraftige hvide udfældninger i revner.



Prøveudtagning

Prøve nr. C11 og C12

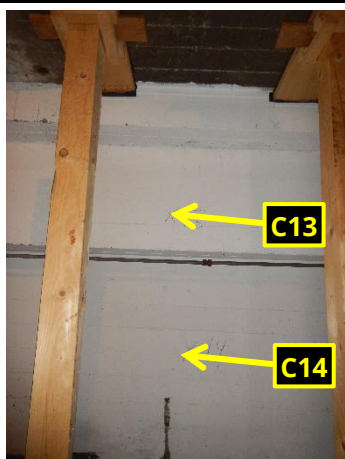


C11: Vederlagsbjælke, Ø-side af 25 m bassin. Underside, midtfor, lige over kraftig dæklagsafskalning på skulperende.

C12: Skulperende, Ø-side af 25 m bassin. Lodret side, midtfor, i dæklagsafskalning.

Prøveudtagning

Prøve nr. C13 og C14

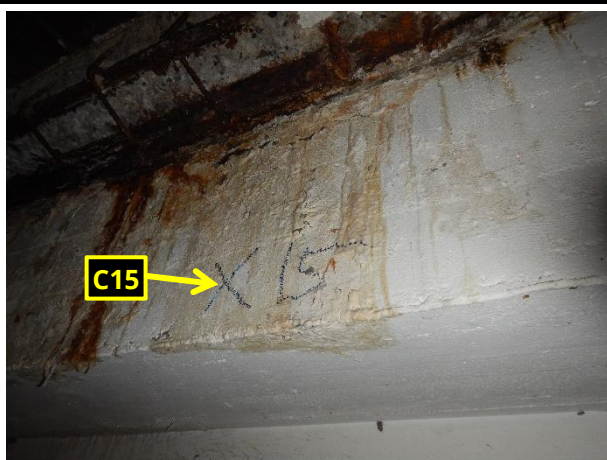


C13: Skulperende, Ø-side af 25 m bassin. Lodret side, ved NØ-hjørne. Ingen synlige skader.

C14: Bassinvæg, Ø-side af 25 m bassin. Kælderside, ved NØ-hjørne. Ingen synlige skader.

Prøveudtagning

Prøve nr. C15



C15: Skulperende, N-side af 25 m bassin. Lodret side, ved NØ-hjørne. Lige under kraftig korrosion på vederlagsbjælke, kraftige rustfarvede og hvide udfældninger.



## 12. Karbonatiseringsbestemmelse

### Udført

Karbonatiseringsbestemmelse er udført den 22. maj 2024 af Claes Christiansen.

### Metode

Karbonatiseringsdybden bestemmes på små, gennemskårne betonkerners friske skæreflade ved at påsprøjtes en indikatorvæske bestående af 1% thymolphthalein-opløsning i ethanol. Indikatorvæsken påføres hele skærefladen og karbonatiseringsdybden måles

### Omfang

Karbonatiseringsdybde er bestemt på 5 stk. ø15-ø25 mm borekerner.

### Resultat

| Prøve nr. | Karbonatiseringsdybde i mm |
|-----------|----------------------------|
| A         | 34                         |
| B         | 15                         |
| C         | 31                         |
| D         | 18                         |
| E         | 20                         |



## 13. Makroanalyse

### Udført

Makroanalyse af prøver/borekerne er udført den 21. maj 2024 af Claes Christiansen.

### Metode

Metoden beror på en visuel undersøgelse af prøvematerialet. Stereolup anvendes i nødvendigt omfang.

Armeringens rustgrad angives i henhold til BYG-ERFA blad 94 12 22, "Vurdering af armeringsjerns rustgrad". Armeringen kategoriseres **0**: Uskadt med matgrå hinde, **1**: første små spor af rust, **2**: tydelig overfladerust eller **3**: Kraftig afskallende rust og begyndende tværsnitsreduktion.

Karbonatiseringsdybden i betonen bestemmes med pH-indikator (thymolphthalein), som påføres den aksialt gennemskårne borekerne. Ikke-karboniseret cementpasta med høj pH resulterer i en blåfarvning, mens karboniseret cementpasta ikke ændrer farve.

Kvalitative vurderinger angives som:

| Grad | Mængde            |
|------|-------------------|
| 0    | Ingen eller lidt  |
| 1    | Nogle eller noget |
| 2    | En del            |
| 3    | Meget             |

### Omfang

Der er foretaget makroanalyse af 8 borekerner.

### Resultat

Resultatet fremgår af efterfølgende sider:



#### Prøvebeskrivelse

Prøven er en borekerne med en længde på 155 mm og en diameter 49 mm.

Borekernen består af følgende lag:

- Puds, 12 mm
- svumme
- Beton

Overfladen (boresiden) er ru. Der ses rester af maling.

Bagsiden er en brudflade.

Borekernen indeholder ikke armering.

#### Beton

Betonen indeholder et stentilslag bestående af granit, flint, sandsten/kvartsit og diverse andre bjergarter. Stenenes kornform er kantet og kantafrundet med en kornstørrelse på op til 12 mm. Fordelingen af stenene er homogen.

Det anvendte sand indeholder nogle hvide korn.

Cementpastaen er grå.

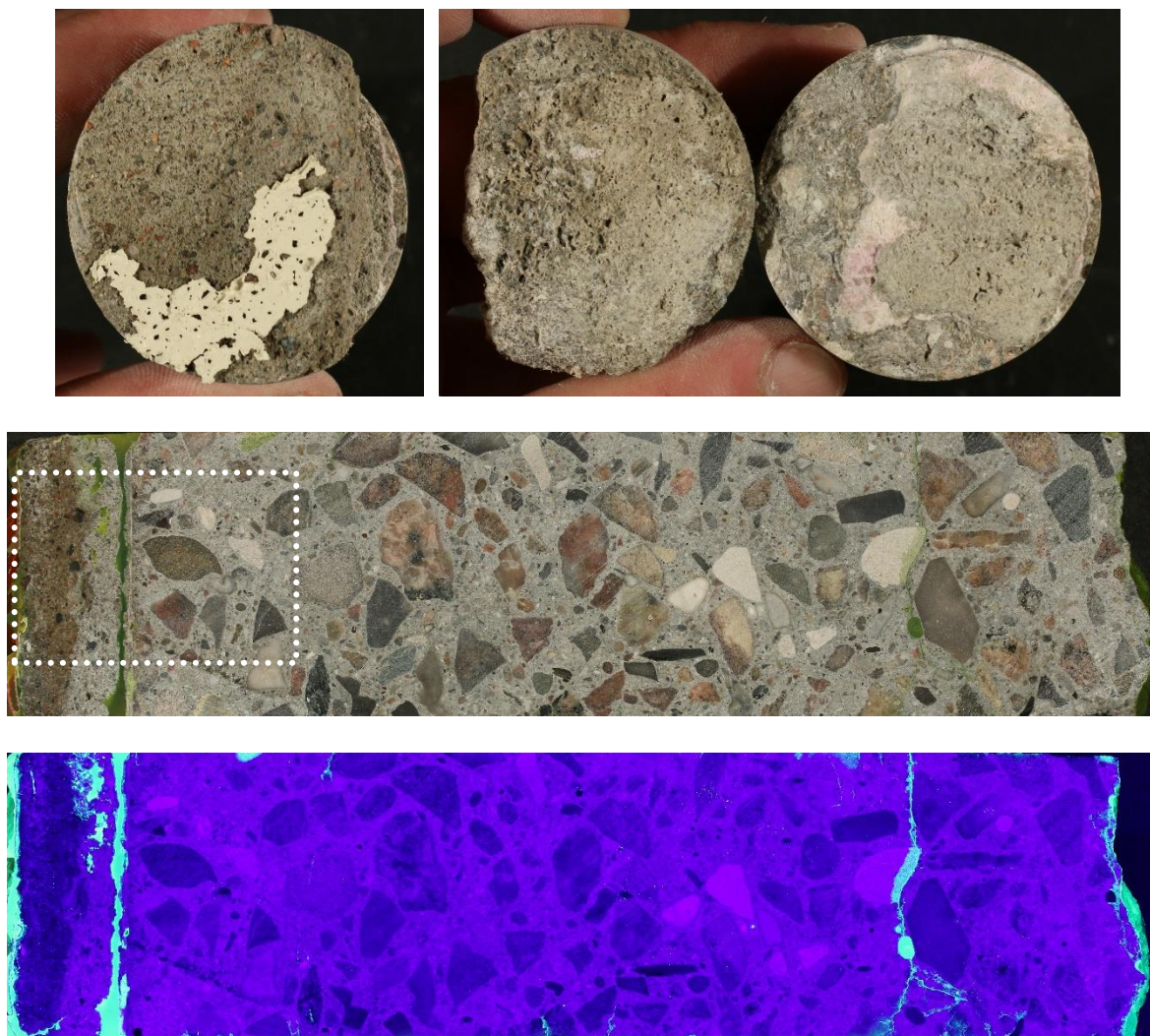
#### Revner og andre defekter

Delaminering, delvist i støbeskel og delvist i mørtel lige over støbeskel til beton/svumme. I brudflade ses lyserød farvning af svummens overflade.

Fin overfladeparallel revne i beton 120 mm bag overfladen.

#### Karbonatiseringsdybde

Ikke målt – se tyndslibsanalyse



Figur 13-1: Fotos af prøve 1. Øverst ses til venstre foto af kerneoverflade (boreside) og til højre ses revneflader til brud gennem pudslag. De to billeder herunder viser aksiale plansnit gennem den epoxyimprægnerede borekerne med oversiden mod venstre, set i henholdsvis hvidt lys (midt) og UV-lys (nederst). Kernens diameter er 49 mm. Placering af tyndslib er markeret med hvid stiptet.



#### Prøvebeskrivelse

Prøven er en borekerne med en længde på 220 mm og en diameter 79 mm.

Borekernen består af følgende lag:

- Klinke, 10-12 mm
- Fliselim, 1 mm
- Mørtel, 52-54 mm
- Beton, 155 mm

Overfladen (boresiden) er en glaseret klinkeoverflade.

Bagsiden er en forside med aftryk fra bræddeforskalling.

Borekernen indeholder 1 stk. armering:

- T8, dæklag 21 mm til underside, rustgrad 1.

#### Beton

Betonen indeholder et stentilslag bestående af flint (tæt), granit, sandsten/kvartsit og diverse andre bjergarter. Stenenes kornform er afrundet til kantafrundet med en kornstørrelse på op til 25 mm.

Fordelingen af stenene er homogen.

Det anvendte sand indeholder nogle hvide korn.

Cementpastaen er grå.

#### Revner og andre defekter

Delaminering i mørtel lige over støbeskel til beton.

#### Karbonatiseringsdybde

Fra overside af beton: 3-5 mm.

Fra underside: 30-36 mm.



Figur 13-2: Fotos af prøve 2. Øverst ses til venstre foto af kerneoverflade (overside) og til venstre undersiden. Billedet i midten viser revneflader til brud gennem pudslag. Nederste billede herunder viser aksiale plansnit gennem den borekerne med oversiden mod venstre. Kernens diameter er 79 mm.



#### Prøvebeskrivelse

Prøven er en borekerne med en længde på 160 mm og en diameter 79 mm.

Borekernen består af følgende lag:

- Klinker, 10-12 mm
- Fliselim, 1 mm
- Mørtel, 58 mm
- Beton

Overfladen (boresiden) er en glaseret klinkeroverflade.

Bagsiden er en brudflade.

Borekernen indeholder ikke armering.

#### Beton

Betonen indeholder et stentilslag bestående af flint (tæt), granit, sandsten/kvartsit og diverse andre bjergarter. Stenenes kornform er afrundet til kantafrundet med en kornstørrelse på op til 25 mm. Fordelingen af stenene er homogen.

Det anvendte sand indeholder nogle hvide korn.

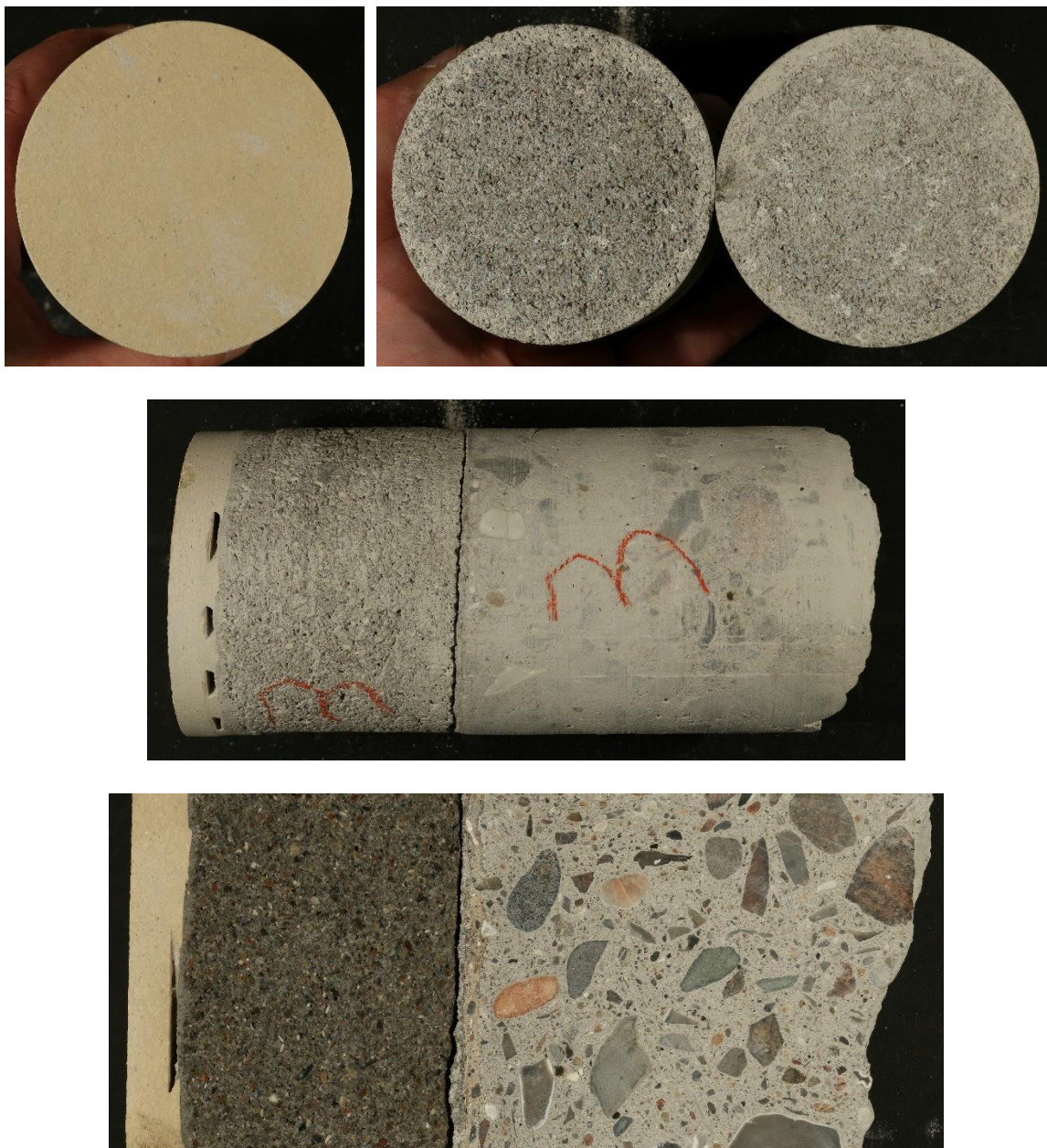
Cementpastaen er grå.

#### Revner og andre defekter

Delaminering i mørtel lige over støbeskel til beton.

#### Karbonatiseringsdybde

Fra overside af beton: 4 mm.



Figur 13-3: Fotos af prøve 3. Øverst ses til venstre foto af kerneoverflade (overside) og til venstre undersiden. Billedet i midten viser revneflader til brud gennem pudslag. Nederste billede herunder viser aksiale plansnit gennem den borekerne med oversiden mod venstre. Kernens diameter er 79 mm.



Prøvebeskrivelse

Prøven er en betonborekerne med en længde på 30 mm og en diameter 49 mm.

Overfladen (boresiden) er malet.

Bagsiden er en brudflade. Der ses aftryk fra lodret armering, 31 mm fra overflade.

Beton

Betonen indeholder et stentilslag bestående af flint (tæt), granit, sandsten/kvartsit og diverse andre bjergarter. Stenenes kornform er afrundet til kantafrundet med en kornstørrelse på op til 25 mm.

Fordelingen af stenene er homogen.

Det anvendte sand indeholder nogle hvide korn.

Cementpastaen er grå.

Revner og andre defekter

Intet at bemærke.

Karbonatiseringsdybde

Fra overflade: 8 mm.



Figur 13-4: Fotos af prøve 4. Øverst ses til venstre foto af kerneoverflade (boreside) og til venstre bagsiden. Billedet herunder viser kernen som udboret med overfladen vendt opefter. Kernens diameter er 49 mm.



#### Prøvebeskrivelse

Prøven er en borekerne med en længde på 80 mm og en diameter 40 mm.

Borekernen består af følgende lag:

- Klinker, 10 mm
- Mørtel, 25 mm
- Beton

Overfladen (boresiden) er en glaseret klinkeroverflade.

Bagsiden er en brudflade.

Borekernen indeholder ikke armering.

#### Beton

Betonen indeholder et stentilslag bestående af flint (tæt), granit, sandsten/kvartsit og diverse andre bjergarter. Stenenes kornform er afrundet til kantafrundet med en kornstørrelse på op til 16 mm. Fordelingen af stenene er homogen.

Det anvendte sand indeholder nogle hvide korn.

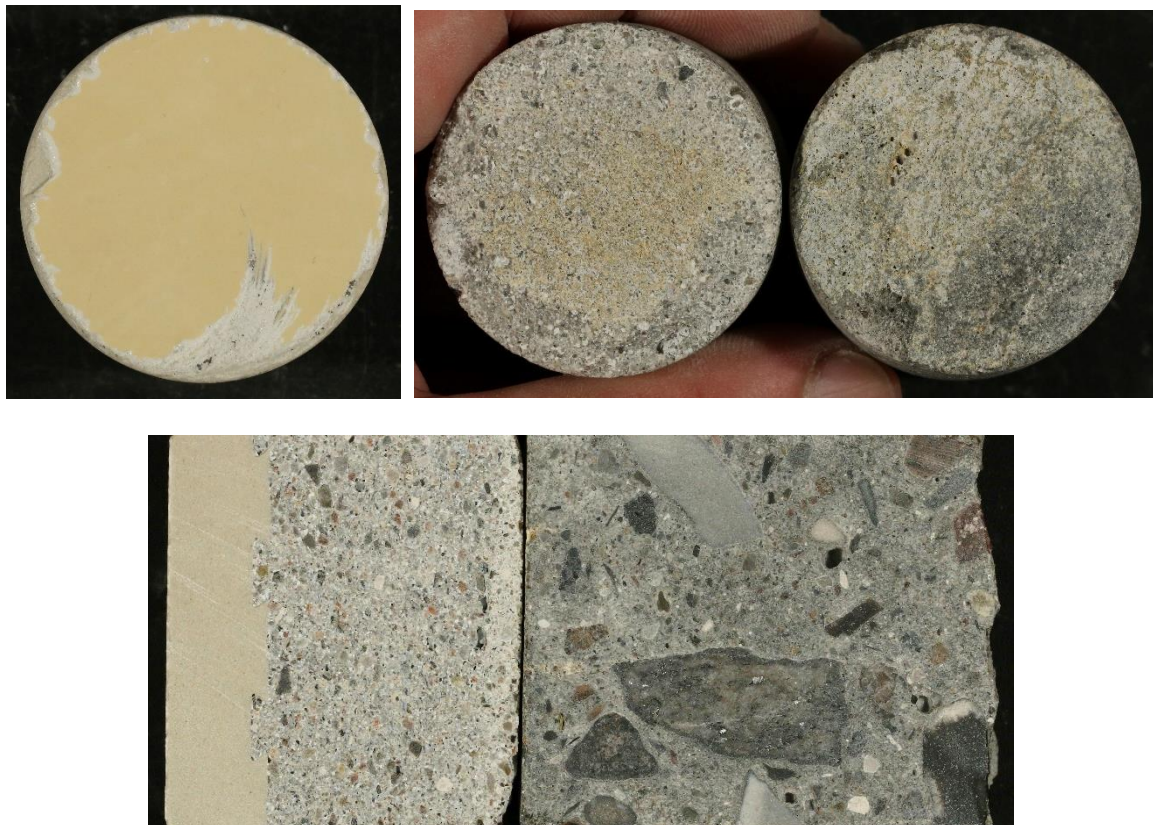
Cementpastaen er grå.

#### Revner og andre defekter

Delaminering i støbeskel mellem mørtel og beton. Der ses brunligt materiale i skellet. Overfladen af betonen er glat.

#### Karbonatiseringsdybde

Fra overside af beton: 0-1 mm.



Figur 13-5: Fotos af prøve 5. Øverst ses til venstre foto af kerneoverflade (boreside) og til højre ses revneflader til delaminering i støbeskel. Billedet herunder viser aksiale plansnit gennem den borekerne med oversiden mod venstre. Kernens diameter er 40 mm.



#### Prøvebeskrivelse

Prøven er en borekerne med en længde på 72 mm og en diameter 40 mm.

Borekernen består af følgende lag:

- Klinker, 10 mm
- Mørtel, 16 mm
- Beton

Overfladen (boresiden) er en glaseret klinkeroverflade.

Bagsiden er en brudflade.

Borekernen indeholder ikke armering.

#### Beton

Betonen indeholder et stentilslag bestående af flint (tæt), granit, sandsten/kvartsit og diverse andre bjergarter. Stenenes kornform er afrundet til kantafrundet med en kornstørrelse på op til 20 mm. Fordelingen af stenene er homogen.

Det anvendte sand indeholder nogle hvide korn.

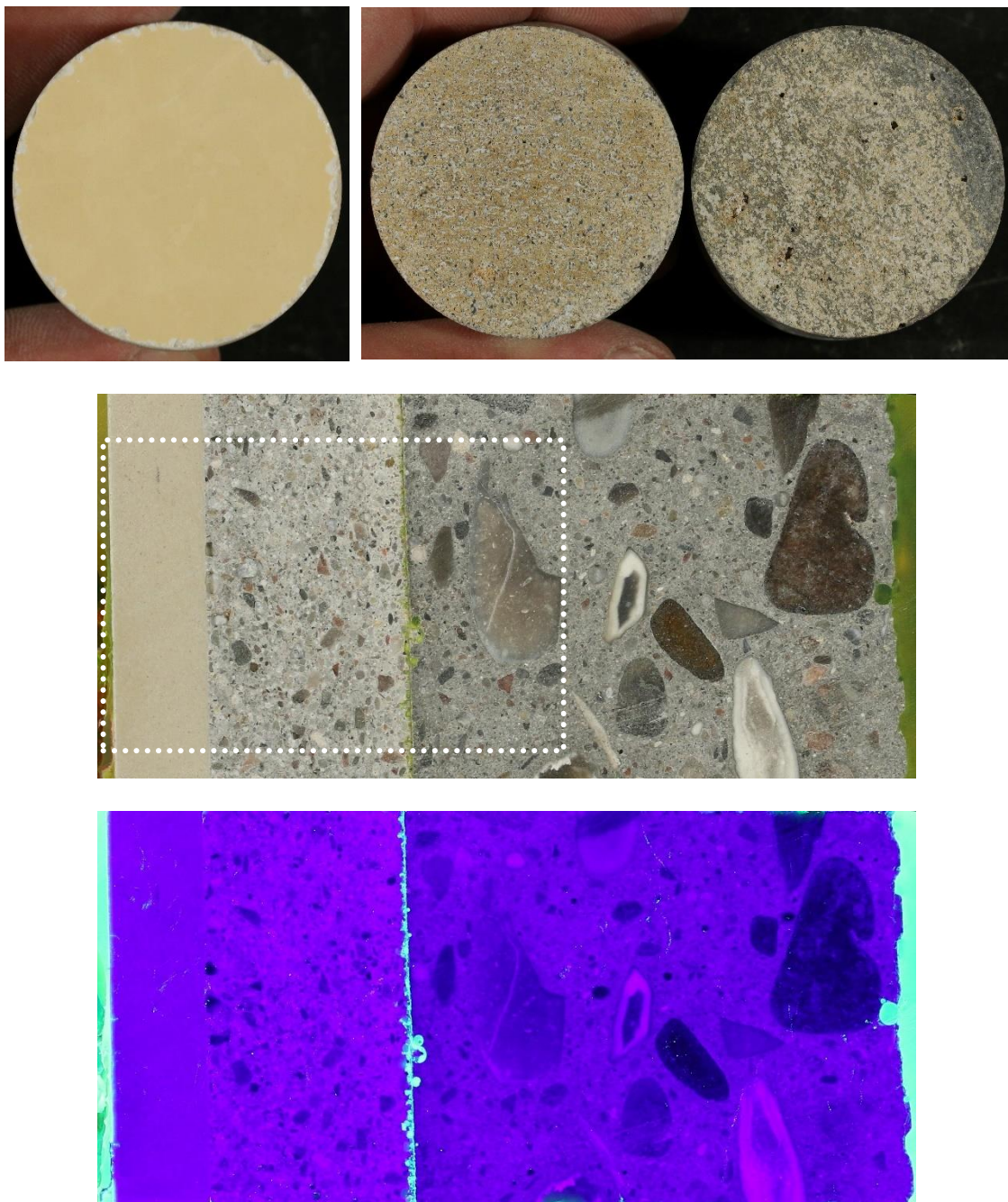
Cementpastaen er grå.

#### Revner og andre defekter

Delaminering i støbeskel mellem mørtel og beton. Der ses brunligt materiale i skellet. Overfladen af betonen er glat.

#### Karbonatiseringsdybde

Ikke målt – se tyndslibsanalyse.



Figur 13-6: Fotos af prøve 6. Øverst ses til venstre foto af kerneoverflade (boreside) og til højre ses revneflader til delaminering i støbeskel. De to billeder herunder viser aksiale plansnit gennem den epoxyimpregnerede borekerne med oversiden mod venstre, set i henholdsvis hvidt lys (midt) og UV-lys (nederst). Kernens diameter er 40 mm.



#### Prøvebeskrivelse

Prøven er en borekerne med en længde på 82 mm og en diameter 40 mm.

Borekernen består af følgende lag:

- Klinker, 10 mm
- Mørtel, 22 mm
- Beton

Overfladen (boresiden) er en glaseret klinkeroverflade.

Bagsiden er en brudflade.

Borekernen indeholder 1 stk. armering:

- T12, dæklag 43 mm, rustgrad 1.

#### Beton

Betonen indeholder et stentilslag bestående af flint (tæt), granit, sandsten/kvartsit og diverse andre bjergarter. Stenenes kornform er afrundet til kantafrundet med en kornstørrelse på op til 20 mm. Fordelingen af stenene er homogen.

Det anvendte sand indeholder nogle hvide korn.

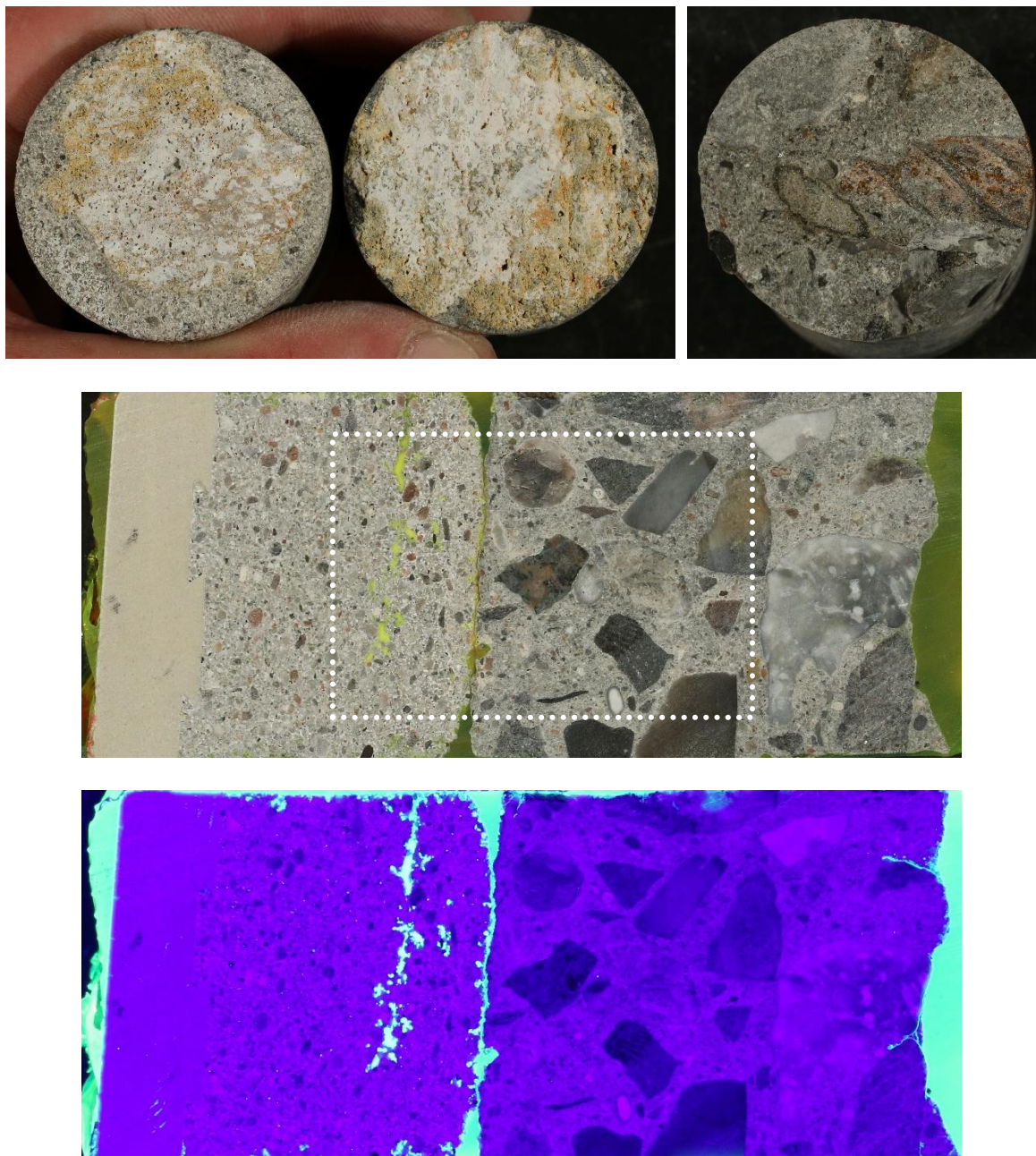
Cementpastaen er grå.

#### Revner og andre defekter

Delaminering i støbeskel mellem mørtel og beton. Der ses brunligt og hvidt materiale i skellet. Overfladen af betonen er glat.

#### Karbonatiseringsdybde

Ikke målt – se tyndslibsanalyse.



Figur 13-7: Fotos af prøve 7. Øverst ses til venstre foto revneflader til delaminering i støbeskel og til højre ses bagsiden af kernen. De to billeder herunder viser aksiale plansnit gennem den epoxyimprægnerede borekerne med oversiden mod venstre, set i henholdsvis hvidt lys (midt) og UV-lys (nederst). Kernens diameter er 40 mm.



#### Prøvebeskrivelse

Prøven er en borekerne med en længde på 82 mm og en diameter 40 mm.

Borekernen består af følgende lag:

- Klinker, 12 mm
- Mørtel, 13 mm
- Beton

Overfladen (boresiden) er en glaseret, profileret klinkeroverflade.

Bagsiden er en brudflade.

Borekernen indeholder 1 stk. armering:

- T12, dæklag 43 mm, rustgrad 1.

#### Beton

Betonen indeholder et stentilslag bestående af flint (tæt), granit, sandsten/kvartsit og diverse andre bjergarter. Stenenes kornform er afrundet til kantafrundet med en kornstørrelse på op til 30 mm.

Fordelingen af stenene er homogen.

Det anvendte sand indeholder nogle hvide korn.

Cementpastaen er grå.

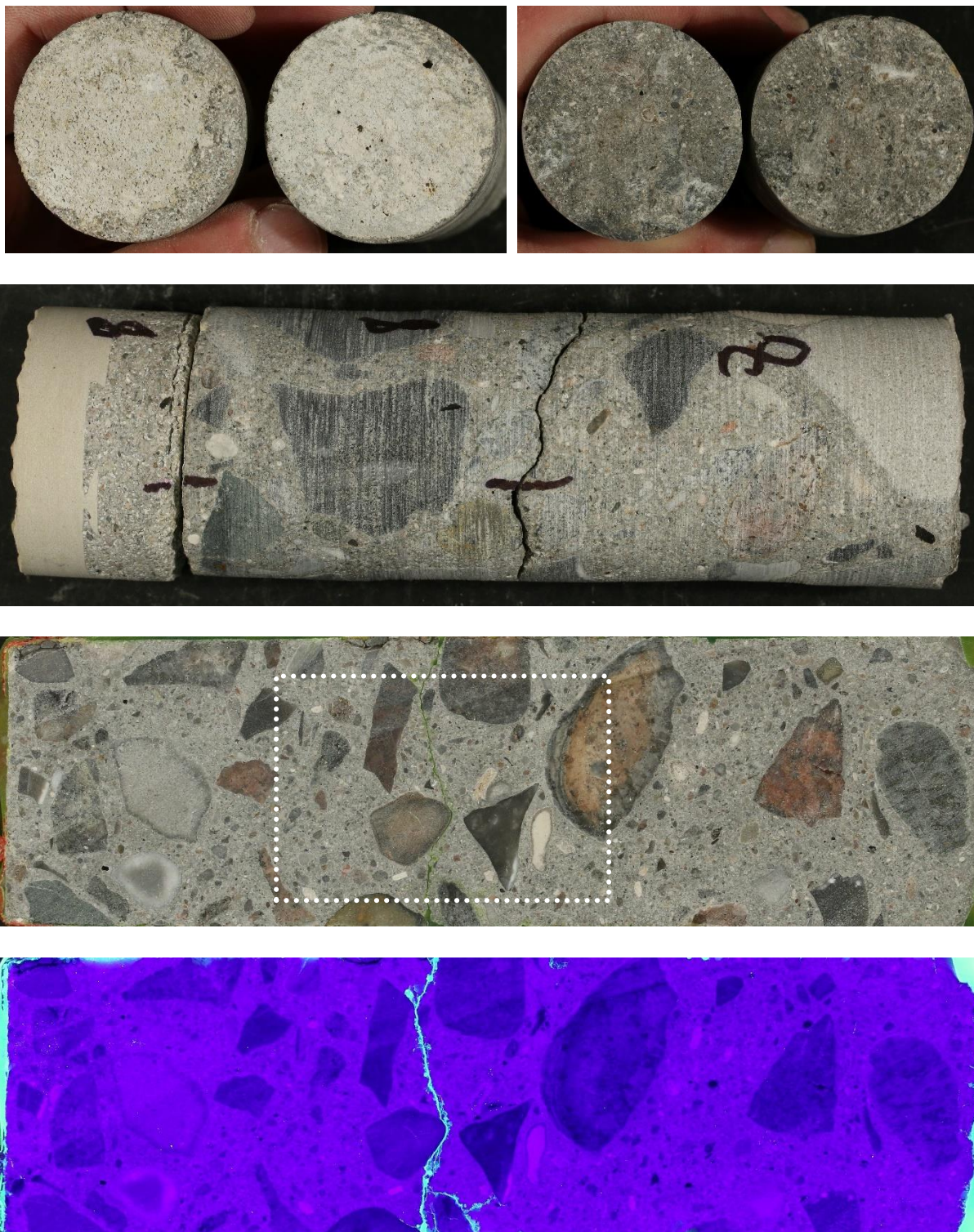
#### Revner og andre defekter

Delaminering i mørtel lige over støbeskel. Der ses hvide udfældninger på revnefladerne.

Fin overfladeparallel revne 50 mm inde i betonen.

#### Karboniseringsdybde

Fra overside af beton: 0-1 mm.



Figur 13-8: Fotos af prøve 8. Øverst ses til venstre ses revnesider til delaminering i mørtellaget, og til højre ses revnesider til revnen i betonen. Billedet herunder viser kernen som udboret med overfladen til venstre. De to nederste billeder viser aksiale plansnit gennem den epoxyimpregnerede beton med oversiden mod venstre, set i henholdsvis hvidt lys og UV-lys. Kernens diameter er 40 mm.



## 14. Mikroanalyse

### Udført

Mikroanalyse af tyndslib er udført den 22. maj 2024 af Claes Christiansen.

### Metode

Tyndslib fremstilles af udsavede betonprøver, der imprægneres med epoxy, tilsat et fluorescerende farvestof og nedslibes til en tykkelse på ca. 0,02 mm. Et tyndslib dækker et areal på ca. 45 mm x 30 mm. Tyndslib analyseres i polarisations- og fluorescensmikroskop.

#### Kvalitative mængdevurderinger:

| Grad | Mængde            |
|------|-------------------|
| 0    | Ingen eller lidt  |
| 1    | Nogle eller noget |
| 2    | En del            |
| 3    | Meget             |

#### Revneviddebenævnelser:

| Revnevidde  | Benævnelse   |
|-------------|--------------|
| >0,1 mm     | Grove revner |
| 0,01-0,1 mm | Fine revner  |
| <0,01 mm    | Mikrorevner  |

### Omfang

Der er foretaget mikroanalyse af 4 stk. tyndslib udtaget fra følgende prøver:

| Tyndslib | Prøve | Placering    | Objekt    |
|----------|-------|--------------|-----------|
| 9316-1   | K1    | Ydre 45 mm   | Søjlefod  |
| 9316-6   | K6    | Øvre 45 mm   | Bassinvæg |
| 9316-7   | K7    | 5-50 mm      | Bassinvæg |
| 9316-8   | K8    | Midt i beton | Bassinvæg |

### Resultat



#### Prøvebeskrivelse

Tyndslib er placeret i de ydre 45 mm af prøven og omfatter yderst 12 mm puds og herunder beton.

Mellem beton og puds ses to svummelag, i alt 0,7 mm tykt. Overfladen af svummen er påført et primerlag (lyserød).

#### Pudslag

Mørtlen indeholder et 2 mm tilslag, som hovedsageligt består af granit, kvarts, feldspat samt mindre mængder af andre bjergarter. Kornene er kantede til kantafrundede. Cementpastaen består af en portlandcement med kalkfiller og er iblandet mikrosilika. Der ses mange ikke-dispergerede mikrosilikaklumper i pastaen. Polypropylenlignende fibre er observeret.

Mørtlen har et relativt højt indhold af indesluttet luft. Der ses nogle gelutfældninger i en del af hulrummene – gelen stammer fra alkalikiselreaktioner i mikrosilikaklumperne.

Mørtlen er næsten gennemkarbonatiseret.

#### Betonsammensætning

Sten: Flint og granit.

Sand: Sandet er afrundet til kantafrundet og består af kvarts, feldspat, diverse bjergartsfragmenter samt mindre mængder flint og kalk. Omfanget af porøs, potentiel alkalireaktiv flint er relativt lavt.

Cementpasta: Cementpastaen består af en portlandcement. Pastaens kapillærporøsitet er forholdsvis høj, dog ses den karboniserede del af pastaen i overfladen at være fortættet.

Mineralske tilsætningsstoffer: Ingen.

Ca(OH)<sub>2</sub>: En del i pasta og langs tilslagskorn.

Luft: Indholdet af luft er lavt (<1 %).

#### Overflade

Overfladen af mørtlen fremstår forvitret, er ru og med mange blotlagte tilslagskorn.

#### Revner og defekter

Mørtlen er delamineret lige uden for støbeskellet til betonen.

I betonen ses to fine overvejende overfladeparallelle revner, henholdsvis ~5 og ~20 mm under betonoverfladen. Den ene revne skærer gennem flintekorn – der ses lidt gelutfældning i revne ud for kornet.

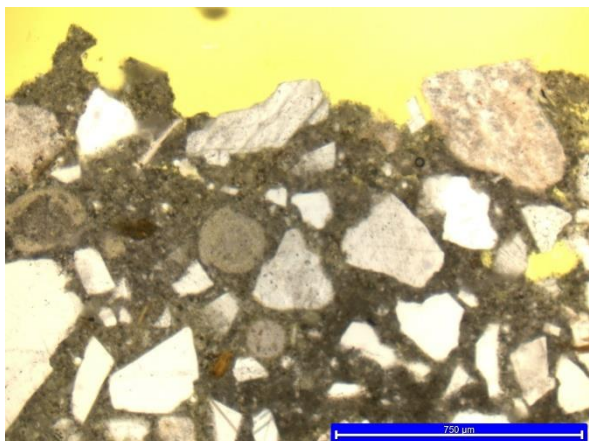
I betonen er der mange vedhæftningsrevner langs tilslagskorn.

#### Omdannelser og nedbrydning af beton

Karbonatisering og kemisk zonering: Ydre 1-2 mm (fortættet).

Udfældninger: En del i de få hulrum, som er indeholdt i betonen.

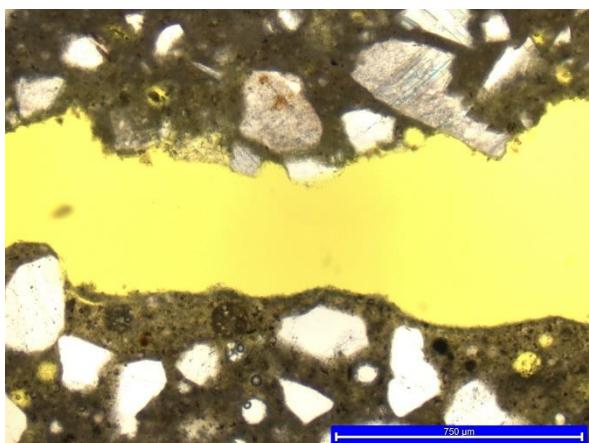
Alkalikiselreaktioner: Der ses lidt gelutfældning ifm. revnet flintekorn. Derudover ses et enkelt korn med indre revner (passiv reaktion).



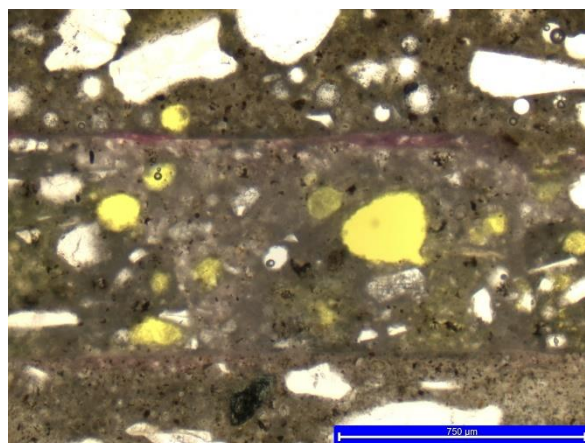
Figur 14-1: Forvitret overflade af pudslag. Planpolariseret lys.



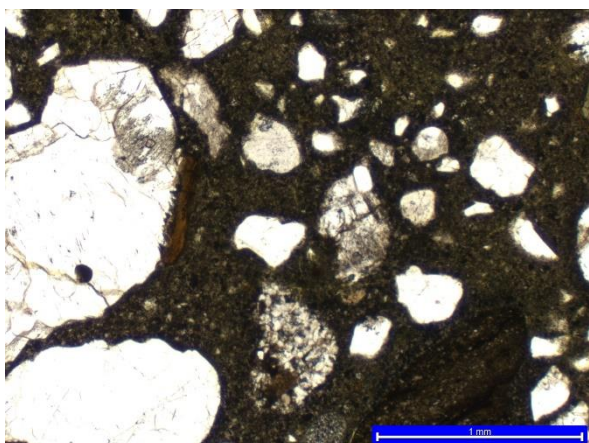
Figur 14-2: Mikrosilikaklumper (a) og geludfældning (b) i mørtellag. Planpolariseret lys.



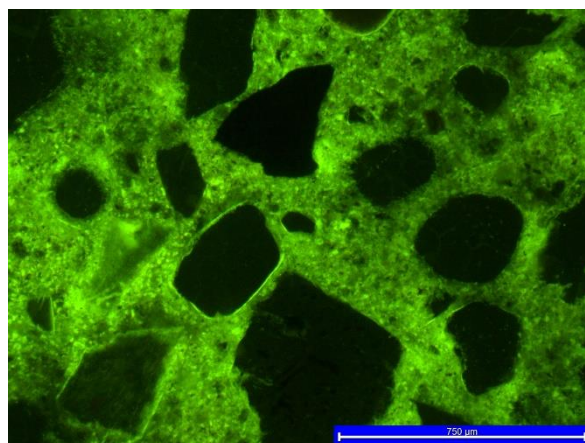
Figur 14-3: Delaminering i mørtellag. Planpolariseret lys.



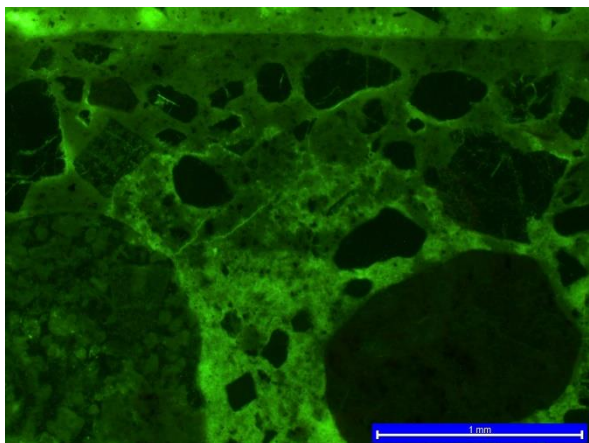
Figur 14-4: Svummelag mellem beton og mørtel. Planpolariseret lys.



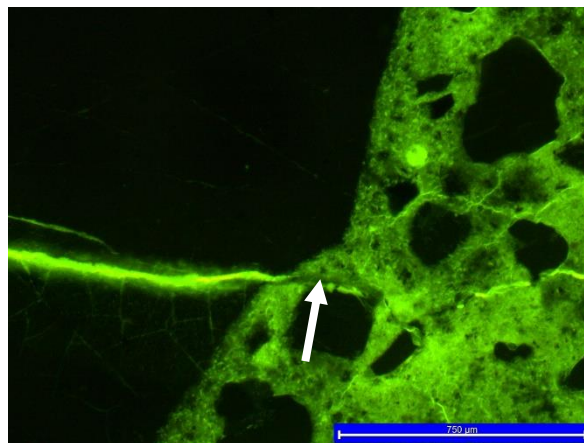
Figur 14-5: Typisk udsnit af betonens mikrostruktur, som viser fordeling mellem tilslag, pasta og luft. Planpolariseret lys



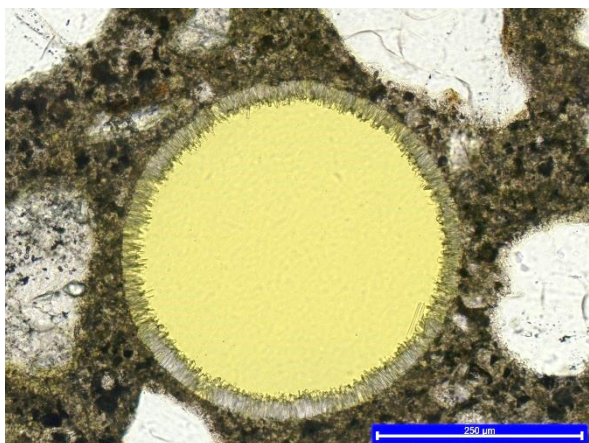
Figur 14-6: UV-foto af cementpastaen, som viser fluorescens-intensiteten af den imprægnerede ikke-karbonatiserede cementpasta set i UV-lys.



Figur 14-7: Fortættet overflade i betonen. UV-lys.



Figur 14-8: fin overfladeparallel revne, hvor denne løber gennem flintekorn (tv.). Ud for revnemundningen til kornet ses udfældninger af gel (pil). UV-lys



Figur 14-9: Udfældninger af ettringit i luftpore. Planpolariseret lys.



#### Prøvebeskrivelse

Tyndslib repræsenteret 5-50 mm intervallet af prøven. I prøven ses følgende lag:

- Klinker
- Mørtel, 16 mm
- Beton

#### Pudslag

Mørtlen indeholder et 1,25 mm bakkesand, som består af kvarts, feldspat, kalksten, flint og diverse bjergartsfragmenter. Kornene er kantafrundede. Cementpastaen består af en portlandcement med en meget høj kapillærporøsitet.

Mørtlen har et højt indhold af luftporer (10 %).

Der ses en del udfældninger af ettringit og  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  i porerne.

#### Betonsammensætning

Sten: Flint og granit.

Sand: Sandet er afrundet til kantafrundet og består af kvarts, feldspat, diverse bjergartsfragmenter samt mindre mængder flint og kalk. Omfanget af porøs potentiel alkalireaktiv flint er forholdsvis lavt.

Cementpasta: Cementpastaen består af en portlandcement. Pastaens kapillærporøsitet er forholdsvis lav. Cementpastaen fremstår opaliserende og er partielt udludet for  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Mineralske tilsætningsstoffer: Ingen.

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ : Forholdsvis lidt.

Luft: Indholdet af luft er lavt (~1 %).

#### Overflade

Klinkeoverflade.

#### Revner og defekter

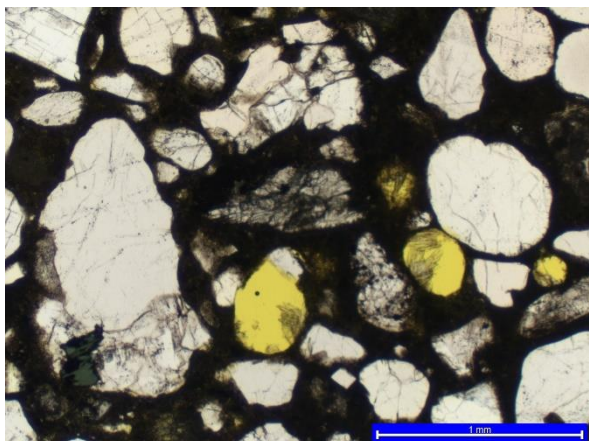
Delaminering i mørtel lige over beton. Der ses kalkudfældninger i delamineringen. Derudover ses en del steder et brunligt hærdeplastlignende materiale i støbeskellet og i hulrum med kontakt til støbeskellet.

#### Omdannelser og nedbrydning af beton

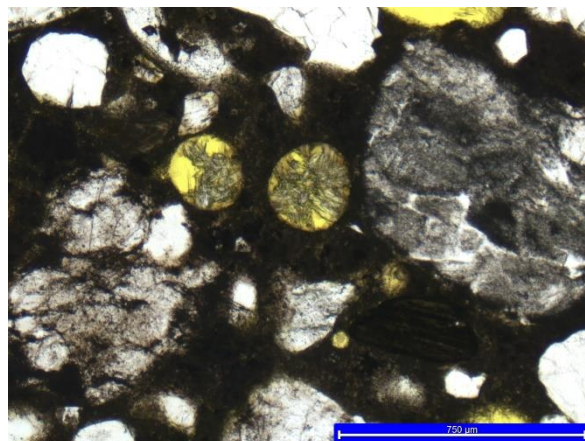
Karbonatisering og kemisk zonering: Ydre 0,5 mm er karbonatiseret.

Udfældninger: Meget ettringit i luftporer.

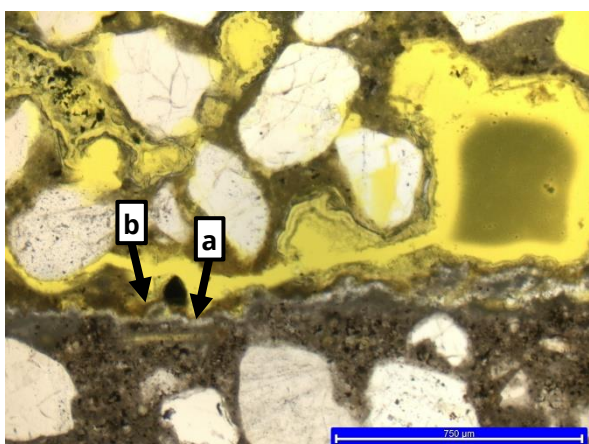
Alkalikiselreaktioner: Ikke observeret.



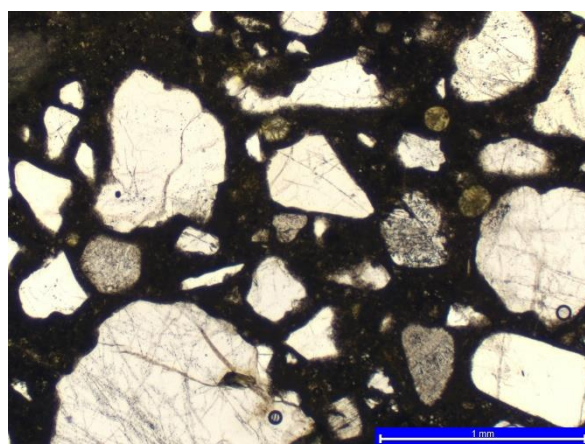
Figur 14-10: Typisk udsnit af mørtlens mikrostruktur, som viser fordeling mellem tilslag, pasta og luft. Planpolariseret lys.



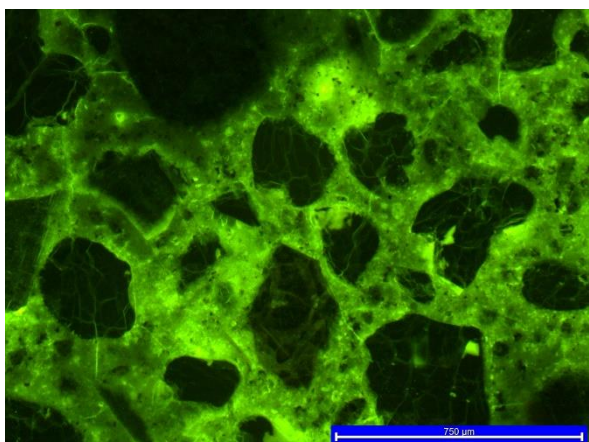
Figur 14-11: Kraftige udfældninger af ettringit i mørtlens luftporer.



Figur 14-12: Delaminering i støbeskel. I delamineringen ses kalkudfældninger (a) samt et brunt hærdeplastlignende materiale (b). Planpolariseret lys.



Figur 14-13: Typisk udsnit af betonens mikrostruktur, som viser fordeling mellem tilslag, pasta og luft. Planpolariseret lys.



Figur 14-14: UV-foto af cementpastaen, som viser fluorescens-intensiteten af den imprægnerede ikke-karbonatiserede cementpasta set i UV-lys.



#### Prøvebeskrivelse

Tyndslib repræsenteret 5-50 mm intervallet af prøven. I prøven ses følgende lag:

- Klinker
- Mørtel, 20 mm
- Svumme/puds, 2 mm
- Beton

#### Pudslag

Mørtlen indeholder et 1,25 mm bakkesand, som består af kvarts, feldspat, kalksten, flint og diverse bjergartsfragmenter. Kornene er kantafrundede. Cementpastaen består af en portlandcement med en meget høj kapillarporøsitet.

Mørtlen har et højt indhold af luftporer (10-15 %). Der ses mange udfældninger af ettringit og  $\text{Ca(OH)}_2$  i porerne.

#### Betonsammensætning

Sten: Flint og granit.

Sand: Sandet er afrundet til kantafrundet og består af kvarts, feldspat, diverse bjergartsfragmenter samt mindre mængder flint og kalk. Omfanget af porøs potentiel alkalireaktiv flint er forholdsvis lavt.

Cementpasta: Cementpastaen består af en portlandcement. Pastaens kapillærporøsitet er forholdsvis lav. Cementpastaen fremstår opaliserende, og er partielt udludet for  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Mineralske tilsætningsstoffer: Ingen.

$\text{Ca(OH)}_2$ : Noget fordelt i pasta.

Luft: Indholdet af luft er lavt (~1 %).

#### Overflade

Ikke inkluderet i tyndslib.

#### Revner og defekter

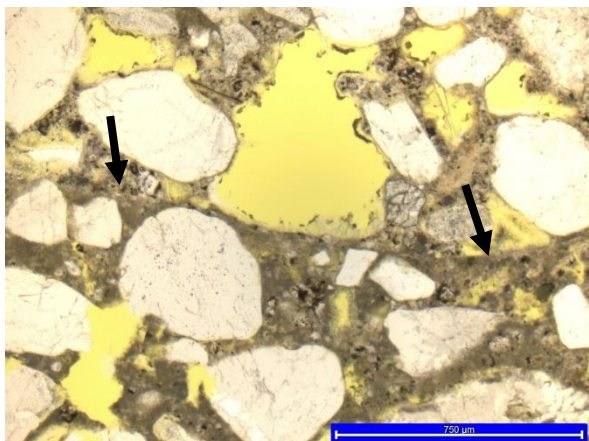
Delaminering i støbeskel mellem beton og svumme. Der ses kraftige udfældninger af kalk på betonoverfladen, og der ses nogle gel-udfældninger i undersiden af mørtellaget. Derudover ses en del steder et brunligt hærdeplastlignende materiale i støbeskellet og i hulrum med kontakt til støbeskellet.

#### Omdannelser og nedbrydning af beton

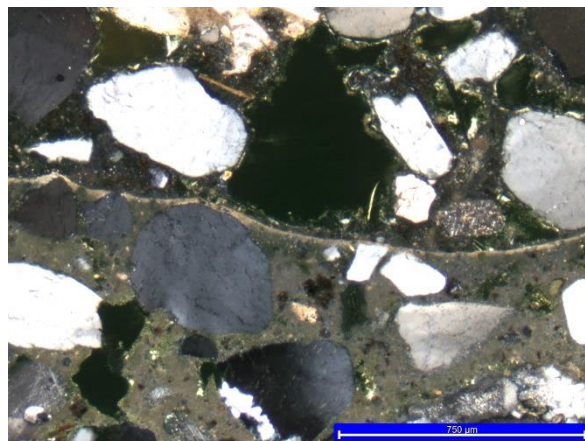
Karbonatisering og kemisk zonering: Ydre 1 mm.

Udfældninger: Meget ettringit i luftporer.

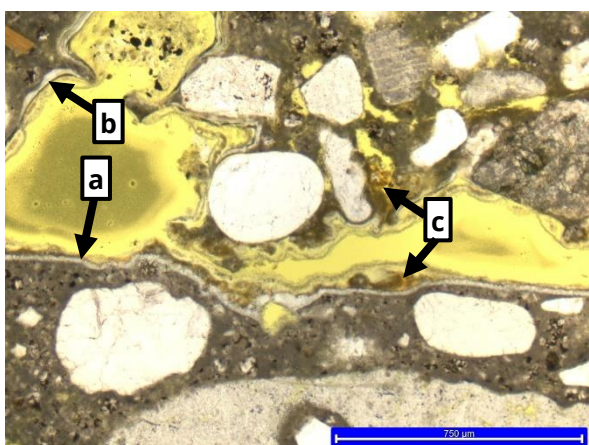
Alkalikiselreaktioner: Ikke observeret.



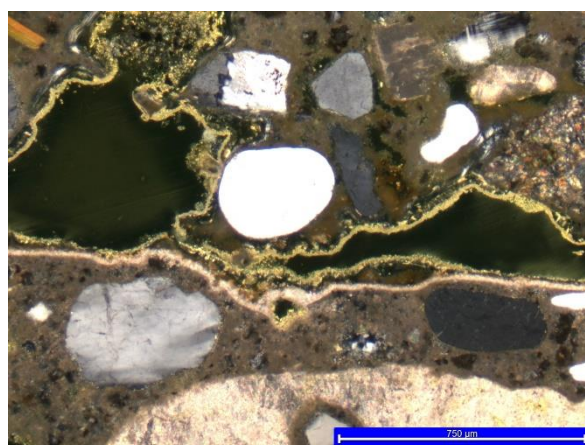
Figur 14-15: Støbeskel (pil) mellem mørtellag og svumme. Planpolariseret lys.



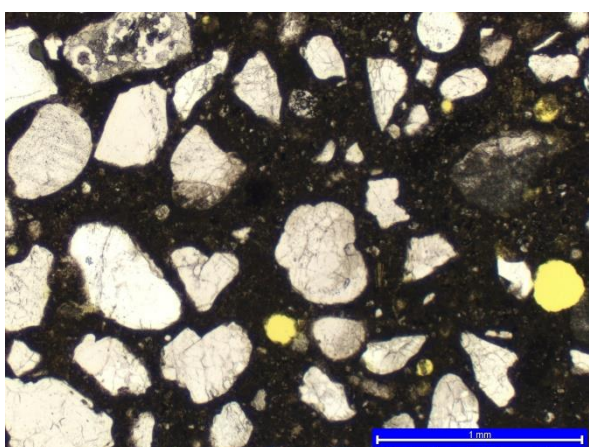
Figur 14-16: Samme som til venstre set med krydsede nikoller.



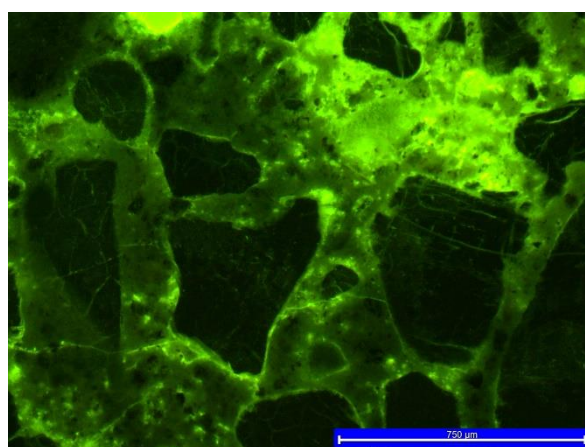
Figur 14-17: Delaminering i støbeskel. I delamineringen ses kalkudfældninger (a), geludfældninger (b) samt et brunt hærdeplastlignende materiale (c). Planpolariseret lys.



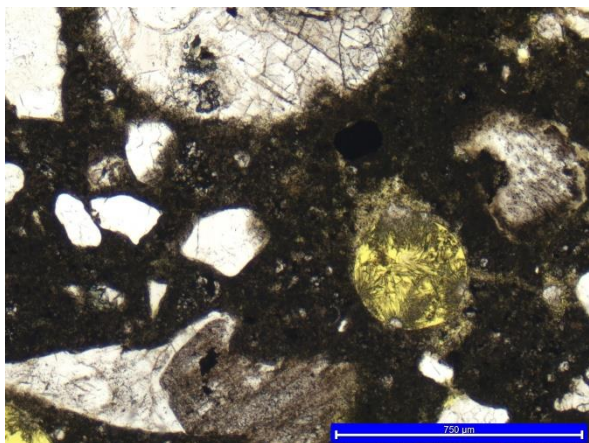
Figur 14-18: Samme som til venstre set med krydsede nikoller.



Figur 14-19: Typisk udsnit af betonens mikrostruktur, som viser fordeling mellem tilslag, pasta og luft. Planpolariseret lys



Figur 14-20: UV-foto af cementpastaen, som viser fluorescens-intensiteten af den imprægnerede ikke-karboniserede cementpasta set i UV-lys.



Figur 14-21: Udfældninger af ettringit i luftpore. Planpolariseret lys.



#### Prøvebeskrivelse

Tyndslib er placeret midt i beton på tværs af delaminering.

#### Betonsammensætning

Sten: Flint og granit.

Sand: Sandet er afrundet til kantafrundet og består af kvarts, feldspat, diverse bjergartsfragmenter samt mindre mængder flint og kalk. Omfanget af porøs potentiel alkalireaktiv flint er forholdsvis lavt.

Cementpasta: Cementpastaen består af en portlandcement. Pastaens kapillærporøsitet er forholdsvis lav.

Mineralske tilsætningsstoffer: Ingen.

Ca(OH)<sub>2</sub>: Noget fordelt i pasta.

Luft: Indholdet af luft er lavt (~1 %).

#### Overflade

Ikke inkluderet i tyndslib.

#### Revner og defekter

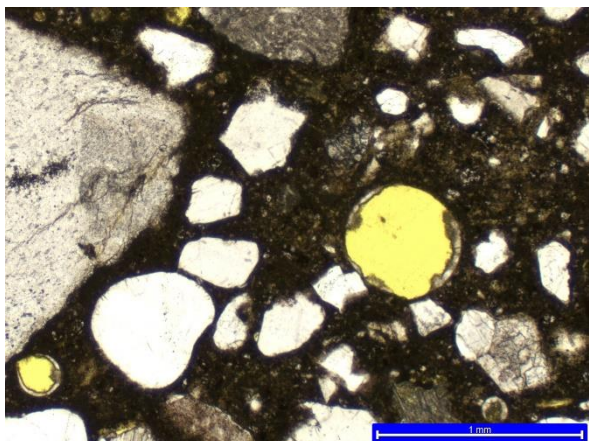
Delaminering gennem beton. Revnefladerne er karbonatiserede, og der ses karbonatiserede udfældninger i revnen.

#### Omdannelser og nedbrydning af beton

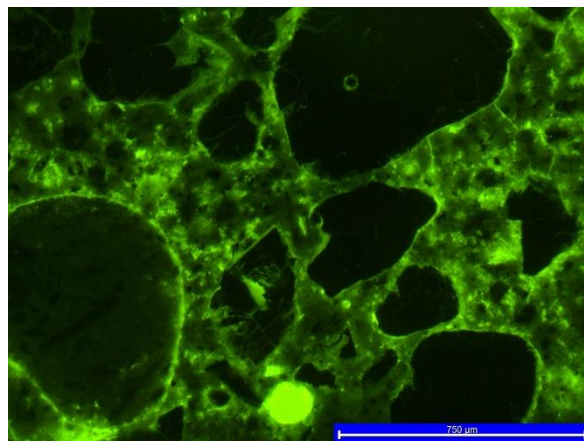
Karbonatisering og kemisk zonering: I revne.

Udfældninger: Meget ettringit i luftporer.

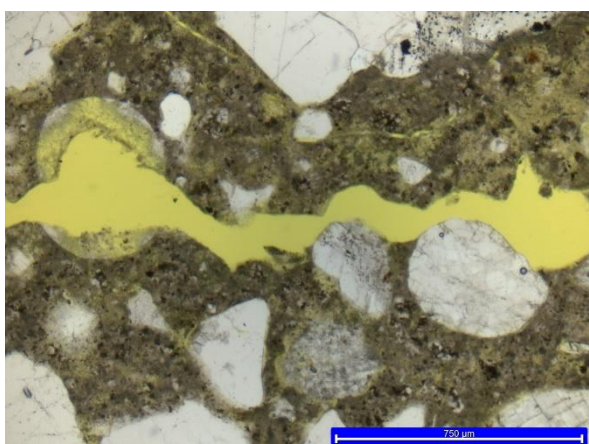
Alkalikiselreaktioner: Indre revner i nogle porøse flintekorn samt lidt geludfældninger (passive reaktioner).



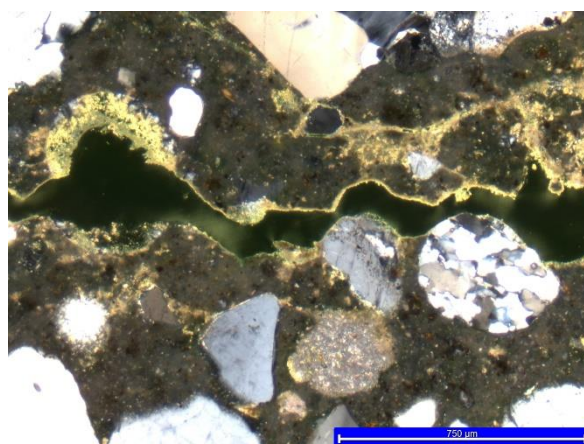
Figur 14-22: Typisk udsnit af betonens mikrostruktur, som viser fordeling mellem tilslag, pasta og luft. Planpolariseret lys



Figur 14-23: UV-foto af cementpastaen, som viser fluorescens-intensiteten af den imprægnerede ikke-karbonatiserede cementpasta set i UV-lys.



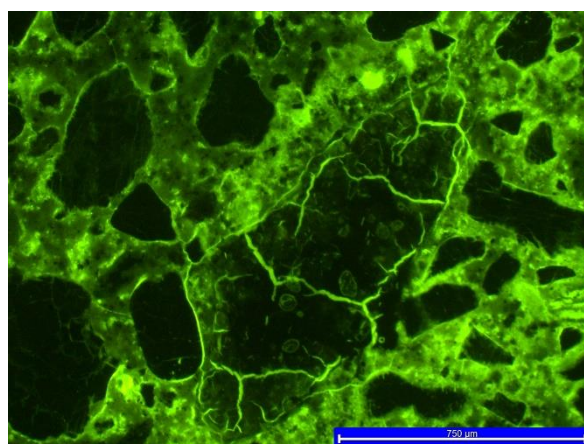
Figur 14-24: Delaminering gennem beton. Planpolariseret lys



Figur 14-25: Samme område som til venstre ses med krydsede nikoller.



Figur 14-26: Massive udfældninger af ettringit i luftpore. Planpolariseret lys



Figur 14-27: Indre revner i porøst flintekorn. UV-lys.



## 15. Chloridbestemmelse – RCT

### Udført

Chloridbestemmelse er udført den 14. maj 2024 af Louise Kjær Knudsen.

### Metode

Chloridbestemmelse er foretaget ved RCT-metode (Rapid Chloride Test). Betonmel (knust eller udbo-ret) hældes i en chloridudtrækkende væske. RCT (Rapid Chloride Test) bestemmer det syreopløse-lige kloridindhold i hærdnet beton som vægtprocent af tør beton. Væskens potentiale måles potentiometrisk med ionselektiv elektrode og aflæsningen omsættes til et kloridindhold.

En vejledende værdi for betonens kritiske kloridindhold, dvs. den værdi der kan medføre kloridinitie-ret armeringskorrosion, er 0,05 % klorid af tør betonvægt.

### Omfang

Der er foretaget RCT-analyse af i alt 45 pulverprøver og 4 nedknuste kernestykker. Pulverprøverne er udboret med borehammer og er fordelt over 15 positioner med 3 intervaller ved hver position.

### Resultat

Resultatet fremgår af skemaer på de følgende sider:

| Kalibrering   |        |               |                 |             |
|---------------|--------|---------------|-----------------|-------------|
| % Cl-:        | 0,005  | 0,02          | 0,05            | 0,5         |
| Typisk måling | 110 mV | 78 mV         | 55 mV           | -2 mV       |
| Måling mV :   | 93     | 65            | 40              | -14         |
|               |        |               |                 |             |
|               |        |               |                 |             |
| Navn          | Prøve  | Interval [mm] | Resultat [% Cl] | Måling [mV] |
|               | C1     | 0-15          | 0,382           | -7,6        |
|               |        | 15-30         | 0,294           | -1,4        |
|               |        | 30-45         | 0,164           | 12,4        |
|               |        | -             | -               | -           |
|               |        | -             | -               | -           |
| Navn          | Prøve  | Interval [mm] | Resultat [% Cl] | Måling [mV] |
|               | C2     | 0-15          | 0,218           | 5,7         |
|               |        | 15-30         | 0,110           | 21,9        |
|               |        | 30-45         | 0,092           | 26,1        |
|               |        | -             | -               | -           |
|               |        | -             | -               | -           |
| Navn          | Prøve  | Interval [mm] | Resultat [% Cl] | Måling [mV] |
|               | C3     | 0-15          | 0,278           | -0,1        |
|               |        | 15-30         | 0,152           | 14,2        |
|               |        | 30-45         | 0,104           | 23,2        |
|               |        | -             | -               | -           |
|               |        | -             | -               | -           |
| Navn          | Prøve  | Interval [mm] | Resultat [% Cl] | Måling [mV] |
|               | C4     | 0-15          | 0,167           | 11,9        |
|               |        | 15-30         | 0,131           | 17,7        |
|               |        | 30-45         | 0,099           | 24,3        |
|               |        | -             | -               | -           |
|               |        | -             | -               | -           |



| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|------|-------|---------------|-----------------|-------------|
|      | C5    | 0-15          | 0,644           | -19,9       |
|      |       | 15-30         | 0,353           | -5,7        |
|      |       | 30-45         | 0,240           | 3,4         |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C6    | 0-15          | 0,091           | 26,3        |
|      |       | 15-30         | 0,032           | 52,4        |
|      |       | 30-45         | 0,025           | 59,6        |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C7    | 0-15          | 0,030           | 54,5        |
|      |       | 15-30         | 0,008           | 82,3        |
|      |       | 30-45         | 0,006           | 90,3        |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C8    | 0-15          | 0,362           | -6,3        |
|      |       | 15-30         | 0,258           | 1,7         |
|      |       | 30-45         | 0,287           | -0,8        |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C9    | 0-15          | 0,054           | 38,5        |
|      |       | 15-30         | 0,024           | 60,3        |
|      |       | 30-45         | 0,018           | 66,9        |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C10   | 0-15          | 0,202           | 7,4         |
|      |       | 15-30         | 0,079           | 29,5        |
|      |       | 30-45         | 0,152           | 14,1        |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C11   | 0-15          | 0,115           | 20,8        |
|      |       | 15-30         | 0,067           | 33,6        |
|      |       | 30-45         | 0,092           | 26          |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C12   | 0-15          | 0,099           | 24,4        |
|      |       | 15-30         | 0,135           | 16,9        |
|      |       | 30-45         | 0,109           | 22          |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C13   | 0-15          | 0,188           | 9,2         |
|      |       | 15-30         | 0,138           | 16,5        |
|      |       | 30-45         | 0,135           | 17          |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C14   | 0-15          | 0,061           | 35,7        |
|      |       | 15-30         | 0,023           | 61,5        |
|      |       | 30-45         | 0,019           | 66,3        |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |
| Navn | Prøve | Interval [mm] | Resultat [% CI] | Måling [mV] |
|      | C15   | 0-15          | 0,747           | -23,4       |
|      |       | 15-30         | 0,281           | -0,3        |
|      |       | 30-45         | 0,300           | -1,9        |
|      |       | -             | -               | -           |
|      |       | -             | -               | -           |



| Kalibrering   |        |               |                 |             |
|---------------|--------|---------------|-----------------|-------------|
| % Cl-:        | 0,005  | 0,02          | 0,05            | 0,5         |
| Typisk måling | 110 mV | 78 mV         | 55 mV           | -2 mV       |
| Måling mV :   | 93     | 68            | 42              | -12         |
|               |        |               |                 |             |
|               |        |               |                 |             |
| Navn          | Prøve  | Interval [mm] | Resultat [% Cl] | Måling [mV] |
|               | K1     | 0-15          | 0,214           | 7,8         |
|               |        | 15-30         | 0,115           | 22,3        |
|               |        | 30-45         | 0,042           | 46,4        |
|               |        | -             | -               | -           |
|               |        | -             | -               | -           |
| Navn          | Prøve  | Interval [mm] | Resultat [% Cl] | Måling [mV] |
|               | K8     | 40-60         | 0,052           | 41          |



## Kloridanalyse *Profiler - graf 1-8*



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

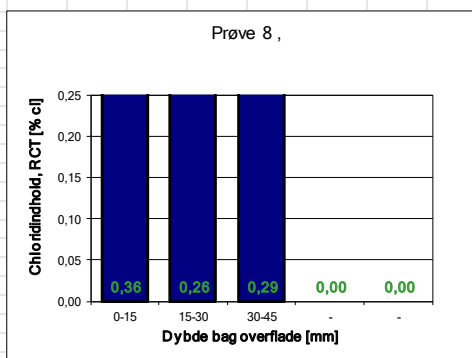
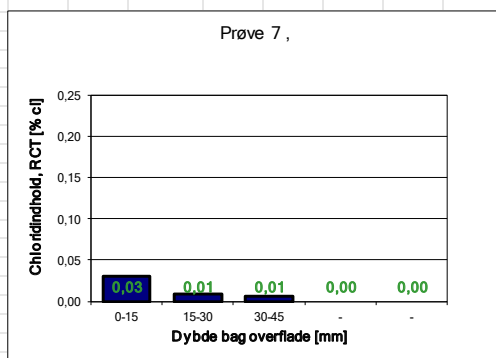
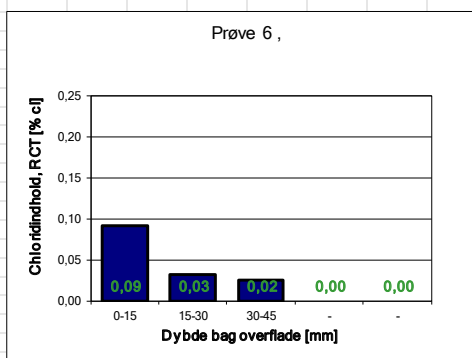
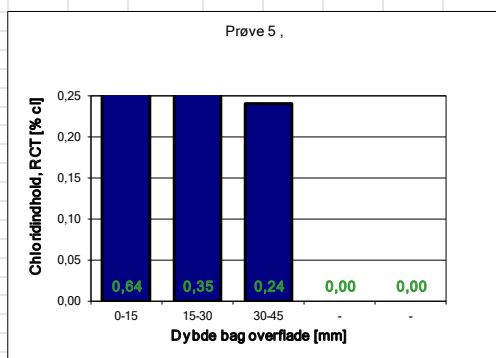
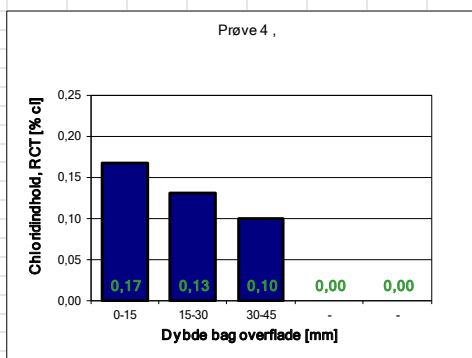
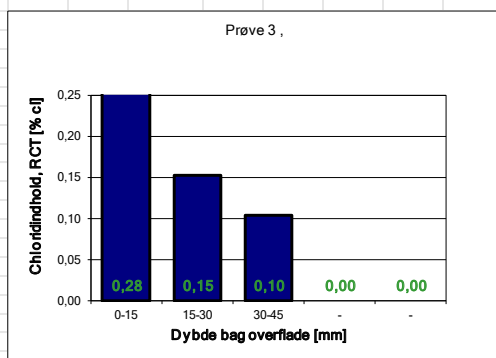
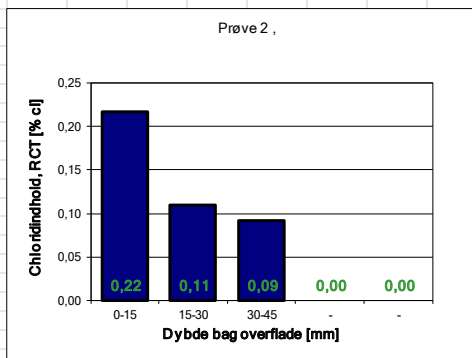
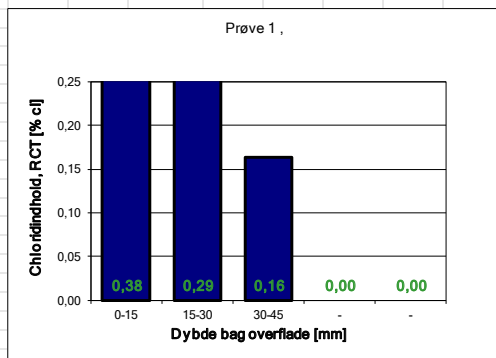
Bygværksnummer Bygværksnavn

Prøveemne

0

0

Pulver





## Kloridanalyse *Profiler - graf 9-15*



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

Bygværksnummer Bygværksnavn

0

0

Prøveemne

Pulver

