

NOVEMBER 2013
BO-VEST AFD. 10
HYLDESPJÆLDET

BETONUNDERSØGELSER

KLORID-, MAKRO OG MIKROANALYSER AF BOREKERNER OG PULVERPRØVER



COWI

NOVEMBER 2013
BO-VEST AFD. 10
HYLDESPJÆLDET

BETONUNDERSØGELSER

KLORID-, MAKRO- OG MIKROANALYSER AF BOREKERNER OG PULVERPRØVER

PROJEKTNR. A039417-P16
DOKUMENTNR. A039417-P16.17
VERSION 1.0
UDGIVELSESDATO 22. november 2013
UDARBEJDET AEH
KONTROLLERET KIE
GODKENDT MHSJ

INDHOLD

1	Indledning	6
1.1	Prøver og undersøgelser	6
1.2	Metodebeskrivelse	6
1.3	Opbevaring af prøver	7
1.4	Forbehold	7
2	Sammenfatning af resultater	8
2.1	Makroanalyser	8
2.2	Mikroanalyser	10
2.3	Kloridresultater	11
3	Konklusion	12

BILAGSFORTEGNELSE

Bilag A	Makroanalyse
Bilag B	Mikroanalyse
Bilag C	Kloridresultater

1 Indledning

Nærværende datarapport omfatter makroanalyse af 3 borekerner udtaget fra facadeelementer i bebyggelsen Hyldespjældet.

Bebyggelsen er oplyst at være opført ca. 1974.

Formålet med strukturanalysen (makro- og mikroanalysen) er at beskrive betonens sammensætning og tilstand, herunder at identificere eventuelle tegn på defekter og nedbrydning.

1.1 Prøver og undersøgelser

Der er oplyst følgende om kernerne:

- › Kerne K1, udtaget af facadeelement, Maglestræde 13.
- › Kerne K2, udtaget af facadeelement, Pugestræde 11.
- › Kerne K3, udtaget af facadeelement, Torveslipperne 10.

Kerner er oplyst at være boret vandret ind i facadeelementer ca. 1,5 m over terræn.

Der er udført makroanalyse af kernerne, se resultater og fotos i Bilag A. Der er udført mikroanalyse af kerne K3 - Torveslipperne 10, se resultater og fotos i Bilag B. Resultater er sammenfattet i afsnit 2.

Der er endvidere udført kloridanalyser af 19 medsendte støvprøver, se Bilag C.

1.2 Metodebeskrivelse

Ved makroanalysen beskrives borekernerne som modtaget, ved visuel inspektion og ved opmåling med lineal. Kernerne er fotograferet som modtaget.

Ved kvalitative mængdeangivelser anvendes en 4-trins-skala med følgende inddeling:

- 0 Ingen / Intet
- 1 Få / Lidt / Lavt
- 2 Nogle / En del / Middel
- 3 Mange / Meget / Højt

Ved armeringskorrosion vurderes rustgrad i henhold til BYG-ERFA blad 94 12 22 med:

Rustgrad 0 – Helt uskadt armering

Rustgrad 1 – Armering med første, små spor af rust

Rustgrad 2 – Armering med tydelig overfladerust

Rustgrad 3 – Armering med afskallende rust og begyndende tværsnitsreduktion

Grubetæring – Armering med flere dybe grubetæringer.

Mikroanalysen udføres på tyndslib, anbragt vinkelret på eksponeret betonoverflade. Slibets tykkelse er 0,020 mm og bredde / højde er ca. 30 mm / 45 mm. Før tyndslibsfremstillingen imprægneres betonen under vakuum med epoxy tilsat et fluorescerende farvestof (fluorescein), hvorved betonens mikrostruktur fastholdes under videre bearbejdning.

Mikroanalysen udføres ved polarisations- og fluorescensmikroskopi og følger principper som angivet i Prøvningsmetoderne DS 423.41 -.42, -.43, -.44 og -.45 samt ASTM C 856. Vand-cementforhold er vurderet ud fra referenceslib, fremstillet med Almindelig eller Lavalkali-Sulfatbestandig Portlandcement, ved 28 modenhedsdøgn.

Kloridanalyse udføres på udborede kerner ved savning og knusning til en kornstørrelse < 1 mm (samt direkte på medsendte pulverprøver).

Kloridanalyser analyseres i henhold til COWI standard "Hærdnet betons kloridindhold" som på alle væsentlige punkter svarer til DS/EN 14629.

1.3 Opbevaring af prøver

Betonkerner (rester) vil blive arkiveret ½ år fra dato i COWI's Materialelaboratorium, hvorefter de vil blive kasseret eller efter anmodning returneret til rekvirenten.

Tyndslib opbevares i COWI's tyndslibsarkiv og kasseres ikke.

1.4 Forbehold

De anførte resultater og vurderinger er alene baseret på materialet i de undersøgte kerner og gælder kun for pågældende konstruktion som helhed i den udstrækning, de undersøgte prøver er repræsentative.

2 Sammenfatning af resultater

2.1 Makroanalyser

Der er udført makroanalyse af kernerne K1, K2 og K3 fra facadeelementer på adresserne Maglestræde 13, Pugestræde 11 og Torveslipperne 10. Det vurderes, at betonen er af samme sammensætning i de 3 kerner, og resultater er derfor sammenfattet under ét.

Kernerne har en diameter på 95 mm. Længden af kernerne (tykkelsen af facadeelementerne) varierer fra 62-74 mm.

Tilslag:

Stentilslaget består af knuste, mørke, granitiske bjergarter. Kornformen er kantet. Største kornstørrelse er 11 mm. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt.

I sandfraktionen ses nogle hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn.

Der er ikke observeret tegn på alkalikiselreaktioner (på makroniveau) i kernerne K1 og K2.

I kerne K3 ses tegn på alkalikiselreaktivitet, med mørke rande omkring hvide korn og revner med forløb igennem korn.

Luftporer:

Der ses nogle små (< 0,5 mm) kugleformede luftporer og enkelte irregulære luftindkapslinger på op til 7 mm. Betonen fremstår velkomprimeret.

Cementpasta:

Cementpastaen er i de yderste ca. 2 mm i alle 3 kerner blå-grå.

I kerne K1 – Maglestræde 13, er cementpastaen:

2-34 mm fra ydersiden grå, ensartet og hård.

35-62 mm fra ydersiden rødlig, ensartet og hård.

Støbningen af de forskellige farvede lag er sandsynligvis foregået ”vådt i vådt”.

I kerne K2 – Pugestræde 11, er cementpastaen:
2-45 mm fra ydersiden grå, ensartet og hård.
45-74 mm fra ydersiden lysegrå, ensartet og svag med en del udrivninger

I kerne 3 – Torveslipperne 10, er cementpastaen:
2-68 mm fra ydersiden grå, ensartet og hård.

Karbonatisering:

Karbonatiseringsdybden for de 3 kerner fra hhv. ydersiden og indersiden af facadeelementet er angivet i skema herunder

Kerne nr.	Karbonatisering fra ydersiden	Karbonatisering fra indersiden
K1 – Maglestræde 13	5-11 mm	<1 mm
K2 – Pugestræde 11	4-6 mm	<1 mm
K3 – Torveslipperne 10	3-8 mm*	<1 mm

*I kerne K3 ses en grov revne i yderside overfladen med forløb vinkelret på overfladen indtil en dybde af 30 mm, og med karbonatisering langs de yderste 17 mm.

Revner og defekter:

Kerne K1 indeholder en grov revne med forløb vinkelret på overfladen, i de yderste 2 mm. Revnen har forløb vinkelret på overfladen og er sandsynligvis opstået som en fejl under forarbejdning af overfladen.

Kerne K2 indeholder ingen makroskopiske revner eller defekter.

Kerne K3 indeholder en grov revne i yderside af overfladen med forløb vinkelret på overfladen. Revnen ses indtil en dybde af 30 mm og skærer tilslagskorn.

Overflader:

Kernernes ydre overflader fremstår med frilagt stentilslag. Stentilslaget har god vedhæftning til cementpastaen.

Kernernes indre overflade fremstår formstøbt mod polystyren. Polystyren hænger fast i betonen.

Armering:

Kerne nr.	Diameter	Type	Dæklag til ydre overflade	Rustgrad
K1 - Maglestræde 13	Ø5 mm	Rundjern	27 mm	0
	Ø5 mm	Rundjern	32 mm	0
K2 - Pugestræde 11	Ø10 mm	Rundjern	37 mm	0
	Ø5 mm ? (aftryk)	Rundjern	50 mm	÷ rust i aftrykket
K3 - Torveslipperne 10	Ø5 mm	Rundjern	40 mm	0

2.2 Mikroanalyser

Der er udført mikroanalyse af betonen i kerne K3. Tyndslibet omfatter betonen fra ydre overflade og indtil en dybde af 45 mm.

Tilslagskorn:

Som stentilslag ses knuste, kantede, granitiske bjergarter.

Som sandtilslag ses enkeltkorn af kvarts/feldspat samt bjergartsfragmenter af granit. Derudover ses noget tæt flint, lidt kalksten og fossiler, samt en høj mængde små korn af alkalikiselreaktiv, porøs flint (13 stk.).

Indholdet af potentielt alkalireaktive korn skønnes at være over grænsen på 2 vol. %, som regnes som skadelig grænse. Der ses overalt i slibet tegn på skadelig udvikling af AKR med revne/geldannelser. AKR gel ses i revner og i luftporer.

Cementpasta:

Som cement er anvendt en fint formalet portlandcement, med maksimal størrelse på cementklinker på 50 µm. Hydratiseringsgraden er høj - der ses "Hadley" huller efter færdigt reagerede korn og korn med mange årringe. Der ses ikke tegn på til sætning af flyveaske og/eller mikrosilika.

Cementpastaen fremstår inhomogen med en gennemsnitlig kapillarporøsitet svarende til et vand/cement-forhold i størrelsesordenen 0,45. Der ses lokale variationer, fra 0,35-0,60.

Calciumhydroxid er generelt udludet således at store områder fremstår amorfe eller isotrope ved krydsede nicoller.

Karbonatisering:

I den ydre overflade ses en karbonatisering generelt på 5-7 mm. Langs grove revner ses en karbonatisering på op til 30 mm dybde.

Luftporer:

Betonen har et lavt indhold af luftporer i form af enkelte små kugleformede porer, typisk < 0,3 mm. Der ses kun få uregelmæssige, indkapslede porer op til 1-2 mm store.

Betonens luftporesystem skønnes ikke at kunne opfylde sædvanlige krav til frostbestandig beton.

Fugtbelastning:

Der er tegn på fugtbelastning af betonens indre. Der ses overalt ettringit udfyldninger af luftporer og revner i betonen, hvilket er tegn på, at betonens indre har været udsat for fugtbelastning i lang tid.

Revner:

Der ses 2 stk. grove revner (revnevidde på 0,3 mm) vinkelret på overfladen. Revner har en dybde af 35 mm og skærer tilslagskorn, herunder porøse flintkorn med AKR gel udfældninger.

Der ses en del vedhæftningsrevner langs sten.

Indholdet af mikrorevner er højt.

Overfladen:

Overfladen er ujævn (frilagt) og de yderste ca. 2 mm af cementpastaen fremstår grovporøs med irregulære hulrum – muligvis pga. en overfladebehandling i forbindelse med frilægningen af sten i overfladen.

2.3 Kloridresultater

I Bilag C ses kloridresultater for medsendte pulverprøver.

Der er en del af de analyserede prøver, der har et kloridindhold > 0,05 % Cl⁻ af betonvægten. Dette er den tærskelværdi som typisk anses at skulle være overskredet for at mængden af klorid i en Portland cement baseret beton i et ikke marint miljø kan medføre armeringskorrosion.

Nedenfor er listet de prøver hvor tærskelværdien er overskredet.

Støvlestræde 17:

Løb 3: 0-20 mm	(0,10 % Cl ⁻ af betonvægten)
Repos 1: 0-20 og 20-40 mm	(>0,05 % Cl ⁻ af betonvægten)

Maglestræde 3:

Øverste trin: 0-20 mm	(0,09 % Cl ⁻ af betonvægten)
Repos 1: 20-40 mm	(0,07 % Cl ⁻ af betonvægten)

Tingstræderne 3:

Repos 3: 20-40 mm	(0,06 % Cl ⁻ af betonvægten)
-------------------	---

Torvelængen 7:

Konsol 1: 20-40 mm	(0,13 % Cl ⁻ af betonvægten)
Repos 3: 20-40 mm	(0,06 % Cl ⁻ af betonvægten)

Krageslippen 5: 0-20 mm	(0,09 % Cl ⁻ af betonvægten)
-------------------------	---

Undersøgelser på stedet må afgøre hvorvidt disse dybder er tæt på armeringen de enkelte steder.

3 Konklusion

Der er undersøgt 3 borekerner. Alle 3 er udboret igennem facadeelementer.

Betonen i kernerne er lagdelt med god vedhæftning imellem de forskellige lag.

I kerne K1 og K3 er betonen hård igennem hele kernen. I kerne K2 består den inderste halvdel af elementet af en porøs beton som fremstår noget svag.

Mikroanalyse af kerne K3 viser at luftindholdet er lavt, og betonen vil højst sandsynligt ikke kunne overholde sædvanlige krav til luftporestrukturen for en frostsikker beton.

Luftporer er desuden helt til delvis udfyldt af ettringit (som er tegn på en høj fugtbelastning igennem længere tid). Der ses desuden AKR gel i luftporer og i revner i betonen.

Tyndslib i kerne K3 er placeret over et groft revnesystem. De observerede grove revner skærer tilslagskorn, herunder reaktive flintkorn, og forløber indtil en dybde af 35 mm fra den ydre overflade.

Ved mikroanalysen af kerne K3 ses, at betonen indeholder en høj mængde alkaliselsreaktive korn (over 2 vol.% af sandet), og der ses overalt tegn på alkalisk reaktivitet med revnedannelser og AKR gel.

Betonen er generelt karbonatiseret ind til maks. 11 mm fra ydre overflade, men langs grove revner i kerne K3 ses karbonatisering i hele revnernes dybde, hvilket er tegn på at revnerne er af ældre dato.

Den tærskelværdi for klorid, som typisk vurderes at skulle være overskredet for at mængden af klorid i en Portlandcement baseret beton i et ikke marint miljø kan medføre armeringskorrosion, er i flere tilfælde overskredet.

Undersøgelser på stedet af dæklagstykkelser må afgøre om de dybder, hvor pulverprøverne er udtaget, er i armeringsniveau eller tæt på armeringen og derved udgør en risiko for armeringskorrosion.

Bilag A Makroanalyse

Prøve	Kerne K1 – Maglestræde 13, udtaget af facadeelement.
Kernedimension	Ø 95 mm - længde 62 mm.
Armering	2 stk. Ø5 mm rundjern med dæklag til ydre overflade på hhv. 27 og 32 mm og begge med rustgrad 0.
Tilslag	Stentilslaget består af knuste røde og sorte granitiske bjergarter. Kornformen er kantet. Største kornstørrelse er 10 mm. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt. I sandfraktionen ses nogle små, hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn. Der er ingen tegn på alkalikiselreaktivitet, hverken i sand eller stenfraktion.
Cementpasta	Cementpastaen er i de yderste ca. 2 mm blå-grå og hård. 2-34 mm fra ydersiden er cementpastaen grå, ensartet og hård. 35-62 mm fra ydersiden er cementpastaen rødlig, ensartet og hård.
Luftporer	Der ses nogle små (< 0,5 mm) kugleformede luftporer og enkelte irregulære luftindkapslinger på op til 7 mm. Betonen fremstår velkomprimeret.
Karbonatisering (målt med phenolphthalein)	Betonen er i de eksponerede overflader er karbonatiseret til en dybde af: Ydre overflade: 5-11 mm. Indre overflade: <1 mm.
Revner/defekter	Kernen indeholder en grov revne med forløb vinkelret på overfladen, i de yderste 2 mm. Revnen har forløb vinkelret på overfladen og er sandsynligvis en fejl opstået under forarbejdning af overfladen.
Overflader	Kernens ydre overflade fremstår med frilagt stentilslag (yderste 5 mm). Stentilslaget har god vedhæftning til cementpastaen. Kernens indre overflade fremstår formstøbt mod polystyren. Polystyren hænger fast i betonen.
Bemærkninger	Støbningen af betonen med forskellig farve er sandsynligvis foregået ”vådt i vådt” – der ses god vedhæftning imellem de forskellige lag

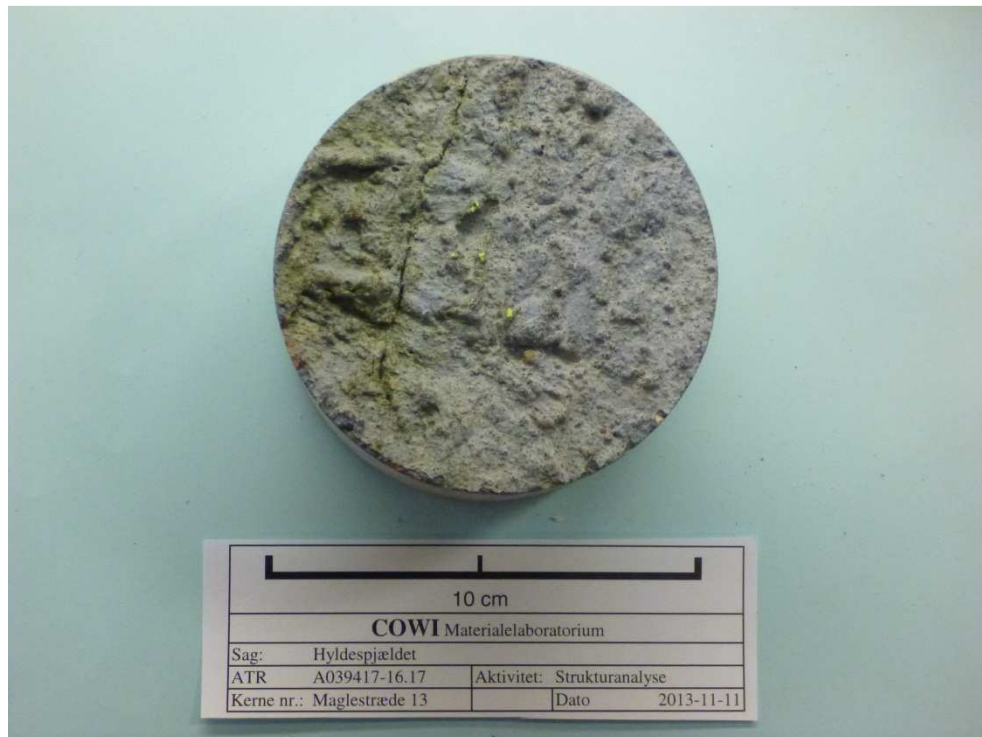
MAKROANALYSE

Prøve	Kerne K2 – Pugestræde 11, udtaget af facadeelement.
Kernedimension	Ø 95 mm - længde 74 mm.
Armering	1 stk. rundjern Ø10 mm og et aftryk af sandsynligvis Ø5 mm med dæklag til ydre overflade på hhv. 37 og 50 mm, begge med rustgrad 0 (der ses ikke rust i aftrykket af Ø5 mm rundjern).
Tilslag	Stentilslaget består af knuste røde og sorte granitiske bjergarter. Kornformen er kantet. Største kornstørrelse er 11 mm. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt. I sandfraktionen ses nogle små, hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn. Der er ingen tegn på alkalikiselreaktivitet, hverken i sand eller stenfraktion.
Cementpasta	Cementpastaen er i de yderste ca. 2 mm i blå-grå og hård. 2-45 mm fra ydersiden er cementpastaen grå, ensartet og hård. 45-74 mm fra ydersiden er cementpastaen lysegrå, ensartet og svag med en del udvindinger.
Luftporer	Der ses nogle små (< 0,5 mm) kugleformede luftporer og enkelte irregulære luftindkapslinger på op til 6 mm. Betonen fremstår velkomprimeret.
Karbonatisering (målt med phenolphthalein)	Betonen er i de eksponerede overflader er karbonatiseret til en dybde af: Ydre overflade: 4-6mm. Indre overflade: <1 mm.
Revner/defekter	Kernen indeholder ingen makroskopiske revner eller defekter.
Overflader	Kernens ydre overflade fremstår med frilagt stentilslag (yderste 5 mm). Stentilslaget har god vedhæftning til cementpastaen. Kernens indre overflade fremstår formstøbt mod polystyren. Polystyren hænger fast i betonen.
Bemærkninger	Støbningen af betonen med forskellig farve er sandsynligvis foregået ”vådt i vådt” – der ses god vedhæftning imellem de forskellige lag.

MAKROANALYSE

Prøve	Kerne K3 – Torveslipperne 10, udtaget af facadeelement.
Kernedimension	Ø 95 mm - længde 68 mm.
Armering	1 stk. Ø5 mm rundjern med dæklag til ydre overflade på 40 mm og med rustgrad 0.
Tilslag	Stentilslaget består af knuste røde og sorte granitiske bjergarter. Kornformen er kantet. Største kornstørrelse er 10 mm. Stenindholdet er middel, og stenene er ensartet fordelt. I sandfraktionen ses nogle små, hvide, potentielt alkalikiselreaktive korn. Der ses tegn på alkalikiselreaktivitet, med mørke rande omkring hvide korn og revner med forløb igennem korn.
Cementpasta	Cementpastaen er i de yderste ca. 2 mm i blå-grå og hård. 2-68 mm fra ydersiden er cementpastaen grå, ensartet og hård.
Luftporer	Der ses nogle små (< 0,5 mm) kugleformede luftporer og enkelte irregulære luftindkapslinger på op til 7 mm. Betonen fremstår velkomprimeret.
Karbonatisering (målt med phenolphthalein)	Betonen er i de eksponerede overflader er karbonatiseret til en dybde af: Ydre overflade: 3-8mm. Indre overflade: <1 mm. Langs grov revne ses karbonatisering langs de yderste 17 mm.
Revner/defekter	Kernen indeholder en grov revne i yderside overfladen med forløb vinkelret på overfladen. Revnen ses indtil en dybde af 30 mm og skærer tilslagskorn.
Overflader	Kernens ydre overflade fremstår med frilagt stentilslag (yderste 5 mm). Stentilslaget har god vedhæftning til cementpastaen. Kernens indre overflade fremstår formstøbt mod polystyren. Polystyren hænger fast i betonen.
Bemærkninger	Støbningen af betonen med forskellig farve er sandsynligvis foregået ”vådt i vådt” – der ses god vedhæftning imellem de forskellige lag

FOTOS AF KERNER



Kerne K1: Ydre overflade. Kernen indeholder en grov revne med forløb vinkelret på overfladen. Revnen ses indtil en dybde af 2 mm og forløber uden om tilslagskorn. Dette er sandsynligvis en skade opstået i betonen, mens den stadig var blød.

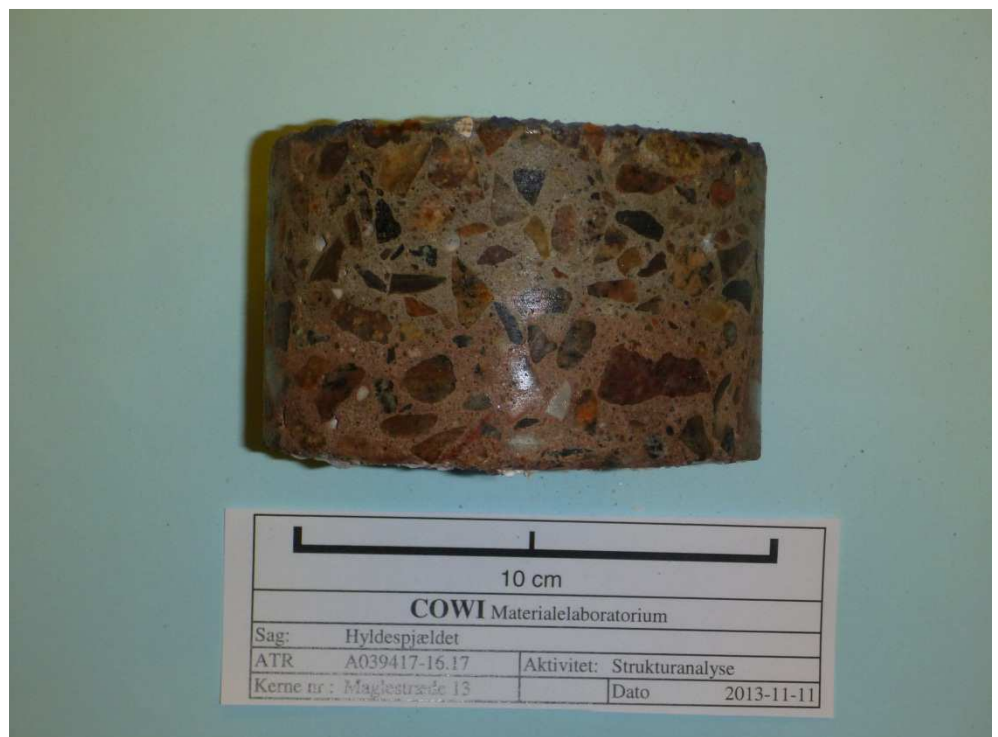


Kerne K1: Ydre overflade opad. Der ses delvist frilagt tilslag yderst. Tilslaget er velfordelt og mængden er middel.

FOTOS AF KERNER



Kerne K1: Bund af kerne K1. Der ses i dele af undersiden rester af polystyren. Betonen fremstår her rødlig.

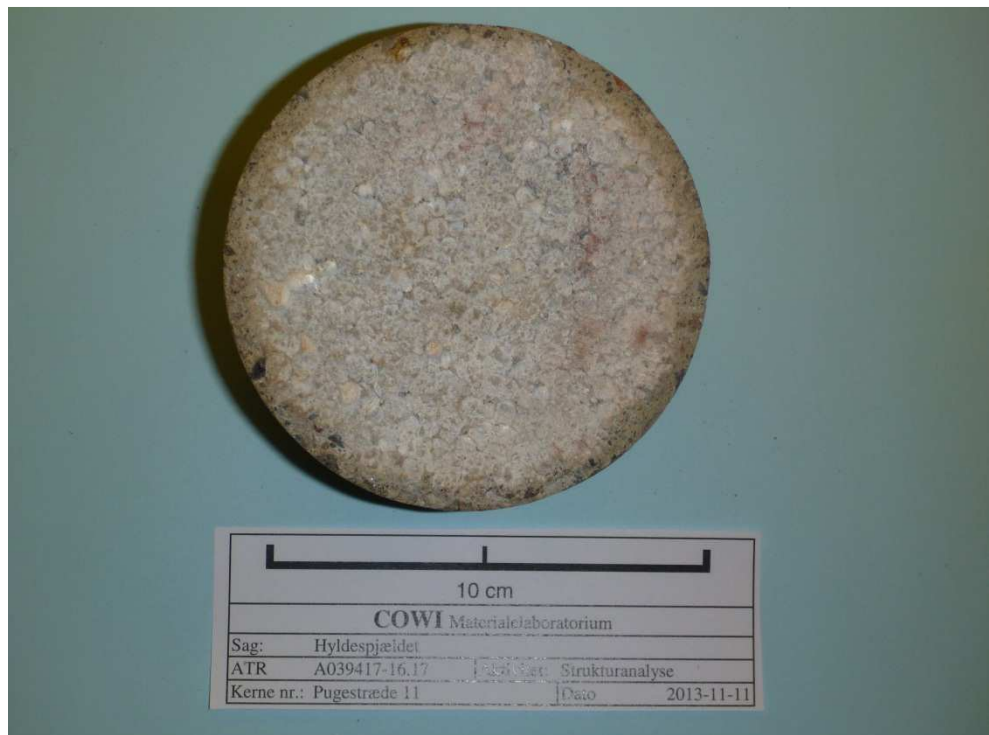


Kerne K1: Ydre overflade opad. Kernen er opdelt i blå-grå cementpasta i de yderste 2 mm, grå cementpasta 2-34 mm fra overfladen og rødlig cementpasta 34-62 mm fra overfladen. Der ses god vedhæftning i støbeskel.

FOTOS AF KERNER



Kerne K2: Ydre overflade fremstår blå-grå og med frilagt stentilslag – frilagt ca. 5 mm.

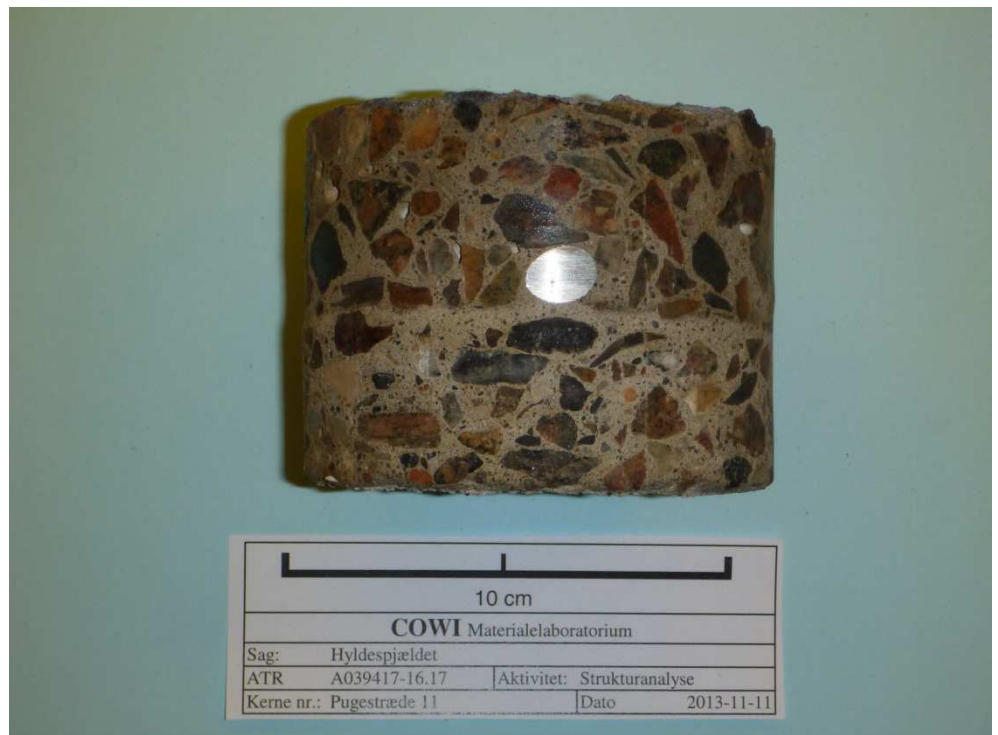


Kerne K2: Bunden af kernen. Der ses i dele af undersiden rester af polystyren.

FOTOS AF KERNER



Kerne K2: Ydre overflade opad. Der ses aftryk af Ø5 mm rundjernsarmering med dæklag på 50 mm. Stentilslag er i middel mængde og velfordelt.

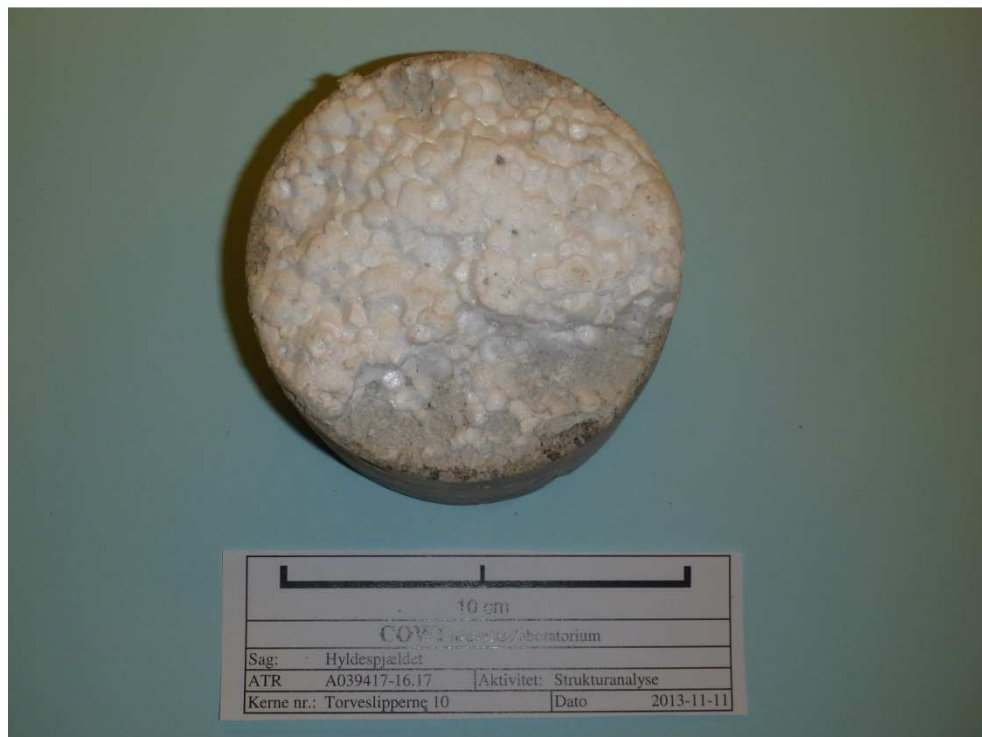


Kerne K2: Ydre overflade opad. Der ses armeringsjern Ø10 mm med dæklag på 37 mm. Den inderste del af elementet (nederste i foto) består af en noget svag, lysegrå beton hvor der ses mange udrivninger på borefladen.

FOTOS AF KERNER



Kerne K3: Ydre overflade fremstår blå-grå og med fritlagte stentilslag. Der ses en grov revne vinkelret på overfladen. Revnen forløber indtil en dybde af 30 mm og skærer tilslagskorn. Revnen er stedvis splittet op i 2 revner.

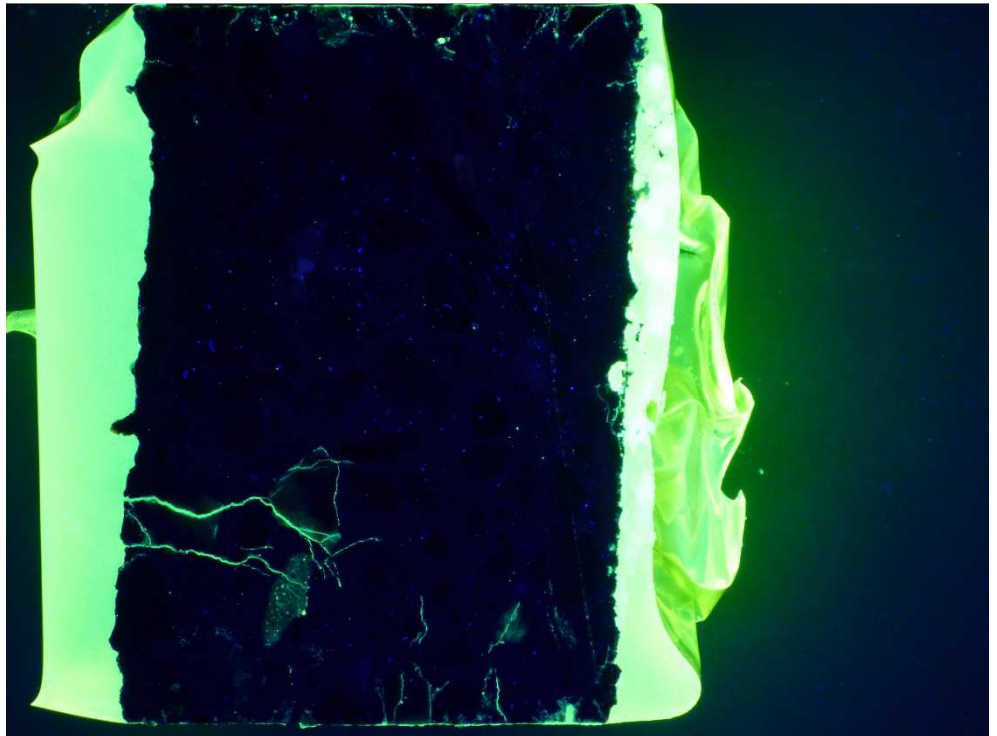


Kerne K3: Indre overflade med polystyren

FOTOS AF KERNER



Kerne K3: Overflade er placeret tv. i foto. Kernen efter imprægnering med fluorescerende epoxy og gennemskæring på langs. Der ses 2 grove revner vinkelret på overfladen med forløb indtil ca. 30 mm. Revner skærer tilslagskorn.

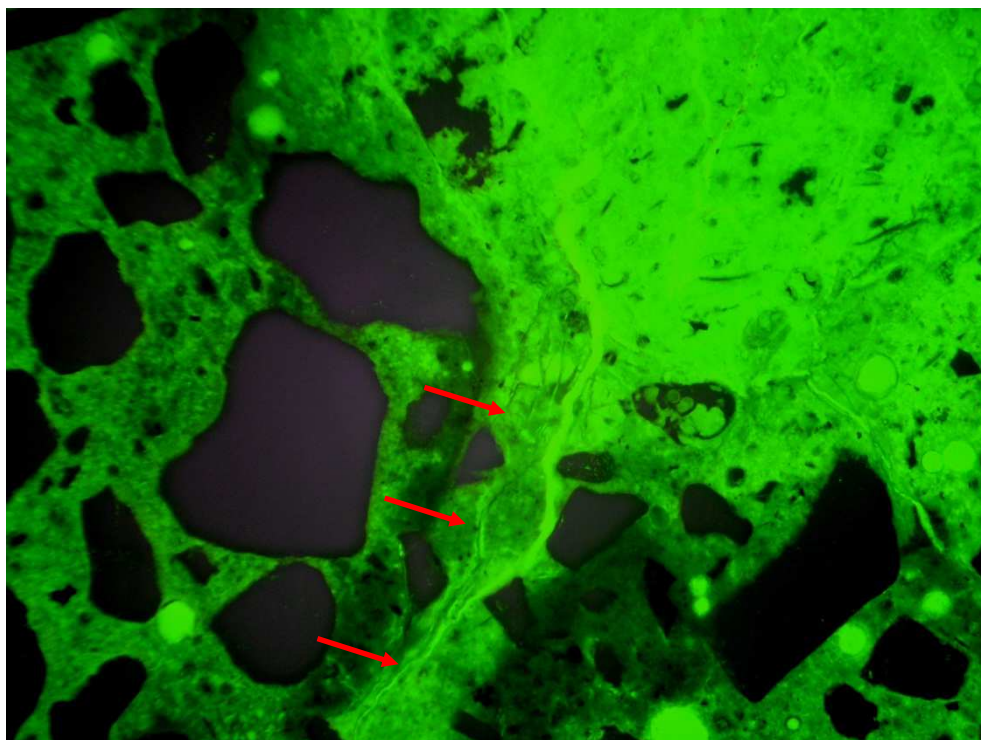


Kerne K2: Samme snit som ovenfor. Foto i UV-lys, hvor revner fremstår tydeligt.

Bilag B Mikroanalyse

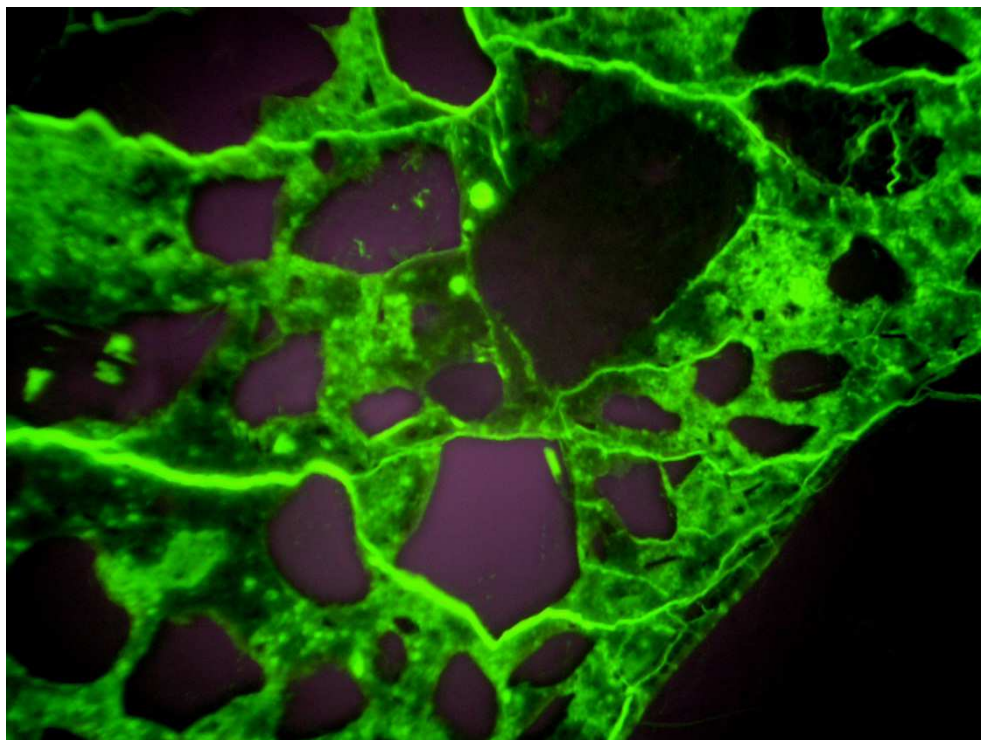
Kerne nr.	K3: Torveslipperne 10, udtaget af facadeelement.
Tyndslibsplacering	Tyndslibet omfatter betonen fra overfladen og indtil en dybde af 45 mm.
Sten	Knuste, kantede, granitiske bjergarter.
Sand	Enkeltkorn af kvarts/feldspat samt bjergartsfragmenter af granit. Derudover ses noget tæt flint, lidt kalksten og fossiler, samt en høj mængde små korn af alkalikiselreaktiv, porøs flint (13 stk.). Der ses overalt i slibet tegn på skadelig udvikling af AKR med revne/geldannelser. AKR gel ses i revner og i luftporer.
Cementpasta	Cementen er en fint formalet portlandcement, med maksimal størrelse på cementklinker på 50 µm. Hydratiseringsgraden er høj - der ses "Hadley" huller efter færdigt reagerede korn og korn med mange årringe. Der ses ikke tegn på tilsætning af flyveaske og/eller mikrosilika.
Vand/cement-forhold	Cementpastaen fremstår inhomogen med en gennemsnitlig kapillarporøsitet svarende til et vand/cement-forhold i størrelsesordenen 0,45. Der ses lokale variationer, fra 0,35-0,60.
Calciumhydroxid	Calciumhydroxid er generelt udludet, således at store områder fremstår amorph ved krydsede nicoller.
Karbonatisering	I den ydre overflade ses en karbonatisering generelt på 5-7 mm. Langs grove revner ses en karbonatisering på 30 mm.
Luftporer	Betonen har et lavt indhold af luftporer i form af enkelte små kugleformede porer, typisk < 0,3 mm. Der ses kun få uregelmæssige, indkapslede porer op til 1-2 mm store.
Porefyldning	Der ses overalt ettringit udfyldninger af luftporer og revner i betonen, hvilket er tegn på, at betonens indre har været udsat for fugtbelastning i lang tid.
Grove revner (> 0,1 mm)	2 stk. vinkelret på overfladen. Revner har en dybde af 35 mm og skærer tilslagskorn, herunder porøse flintkorn med AKR gel udfældninger.
Fine revner (0,01- 0,1 mm)	Der ses en del vedhæftningsrevner langs sten.
Mikrorevner (<0,01 mm)	Indholdet af mikrorevner er højt.
Overflade	Overfladen er ujævn (frilagt) og de yderste ca. 2 mm af cementpastaen fremstår grovporøs med store irregulære hulrum – muligvis pga. en overfladebehandling i forbindelse med frilægningen af sten i overfladen.
Bemærkninger	-

FOTOS AF MIKROSTRUKTUR



Kerne K3: Foto af reaktivt korn (øverst th. i foto) med AKR gel i revne i den omgivende cementpasta (ved rød pil). Pastaen er her lidt inhomogen, og med et ækv. v/c forhold $\sim 0,40$.

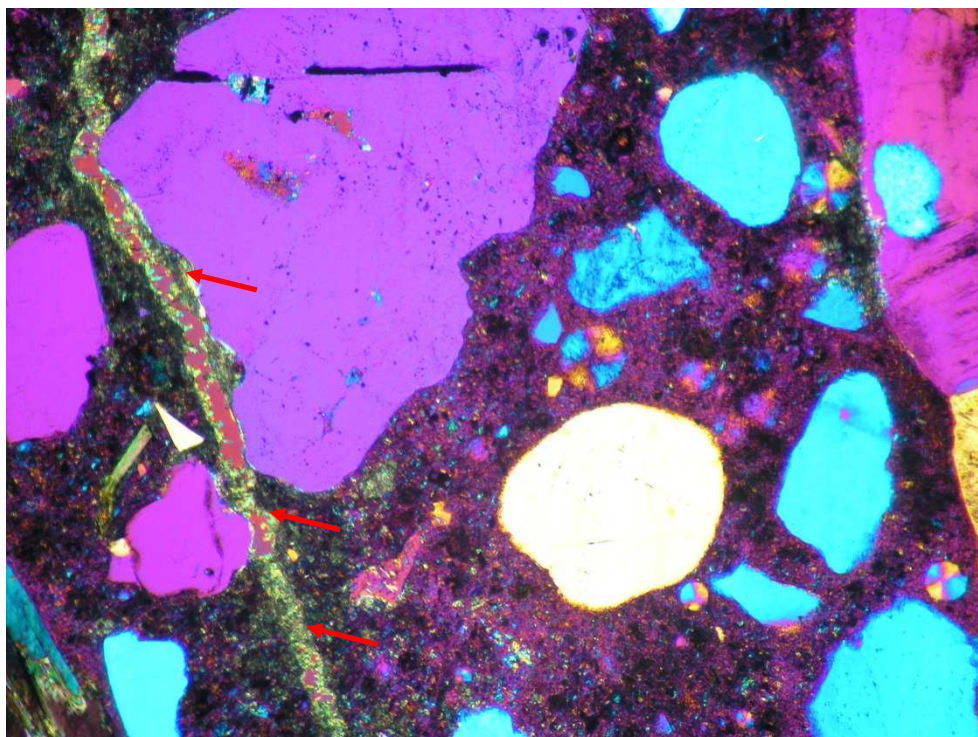
Fotostr. 1,8 mm x 2,4 mm. Fluorescens.



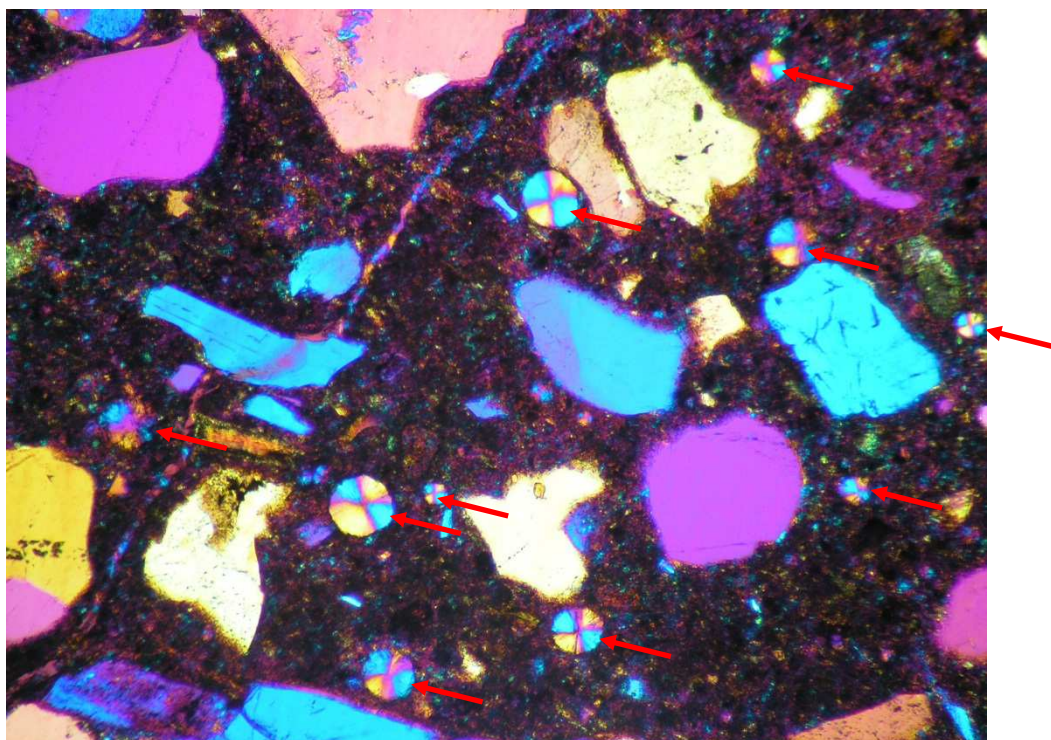
Kerne K3: Foto som viser et højt indhold af mikrorevner i cementpastaenSom ovenfor. Pastaen er her inhomogen, og med et ækv. v/c forhold $\sim 0,40$.

Fotostr. 1,8 mm x 2,4 mm. Fluorescens..

FOTOS AF MIKROSTRUKTUR

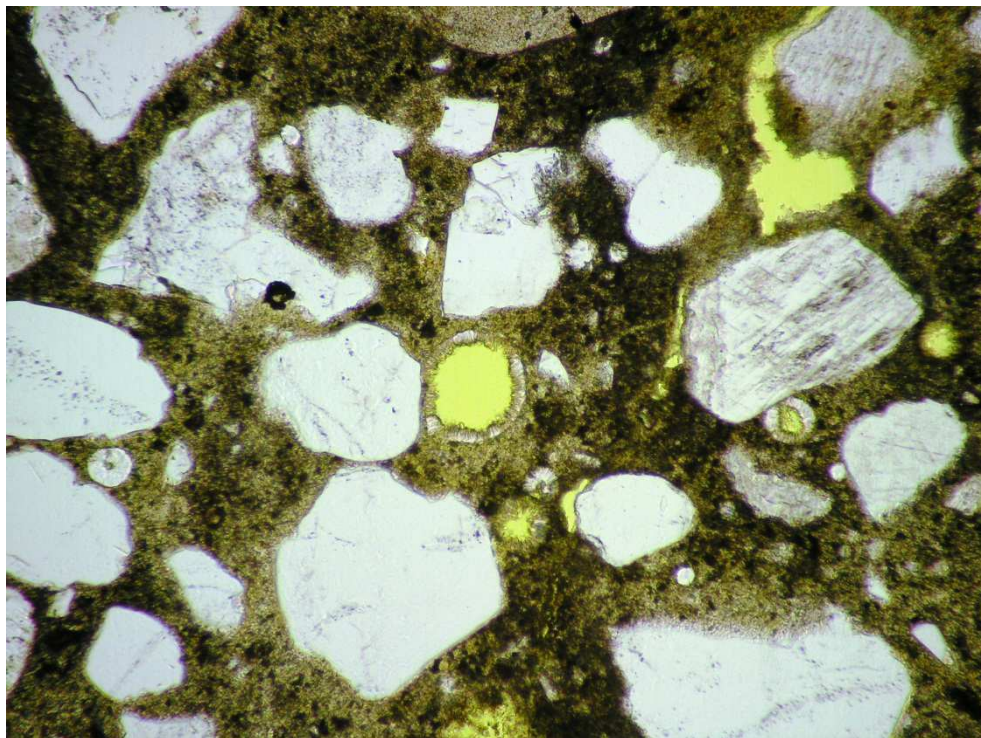


Kerne K3: Fine revner ca. 35 mm under overflade, svarende til forgrening af grov revne vinkelret på overfladen. Der ses udfyldninger af ettringit og karbonat i revnen (ved røde pile). Foto: 1,2 mm x 1,5 mm. Krydsede nicoller + gips filter.



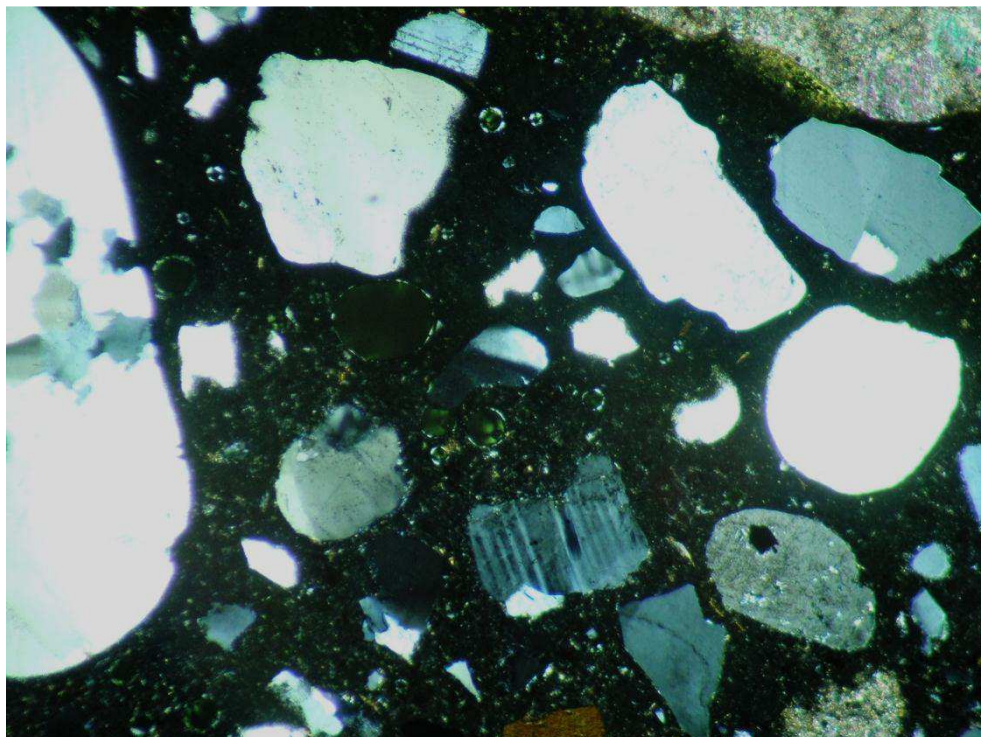
Kerne K3: Der ses et lavt indhold af luftporer i betonen. De porer, der ses, er generelt helt udfyldt med ettringit (ved røde pile). Foto: 1,8 mm x 2,4 mm. Krydsede nicoller + gips filter.

FOTOS AF MIKROSTRUKTUR



Kerne K3: Der ses en inhomogen cementpasta med en lav mængde luftporer, hvoraf de fleste er helt til delvis udfyldt med ettringit. Dette er tegn på, at fugtbelastningen er høj.

Fotostr. 1,2 mm x 1,5 mm. Parallelle nicoller.



Kerne K3: Foto som viser et meget lavt indhold af calciumhydroxid i cementpastaen. Det lave indhold skyldes dels den høje fugtbelastning og dels forekomsten af AKR. *Fotostr. 1,8 mm x 2,4 mm. Krydsede nicoller.*

Bilag C Kloridresultater

COWI Materialelaboratorium

Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titrering

Sagsnr.: A039417-001 Sagsnavn: Hyldeespjældet
 Lab. Nr. P17 Init: BELN
 Dato: 18-11-2013 Rekvirent: OLST

Prøveudtagningsmetode: Pulver udtaget af rekvirent
 Metodereference: Hærdnet betons kloridindhold
 Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl af betonvægten
----------------------	-------------	-----------------	--------------------------------------

Stovlestræde 17

Løb 3	0-20	10,00	0,10
	20-40	10,00	0,08
Konsol 1	0-20	10,00	0,04
	20-40	10,00	0,04
Repos 1	0-20	10,00	0,06
	20-40	10,00	0,07

Maglestræde 3

Øverste trin	0-20*	7,30	0,09
Konsol 1	20-40*	8,69	0,04
Repos 1	20-40*	7,07	0,07

*Mængden af indleveret borepulver er mindre end hvad foreskrevet i COWIs standard.

COWI Materialelaboratorium

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

Udarbejdet: Beln

Kontrolleret: MHS

Godkendt: MHS

COWI Materialelaboratorium

Bestemmelse af kloridindhold ved potentiometrisk titring

Sagsnr.:	A039417-001	Sagsnavn:	Hyldeespjældet
Lab. Nr.:	P17	Init:	BELN
Dato:	18-11-2013	Rekvirent:	OLST

Prøveudtagningsmetode:	Pulver udtaget af rekvirent
Metodereference:	Hærdnet betons kloridindhold
	Svarer på alle væsentlige punkter til DS/EN 14629

Resultatskema:

Prøve- betegnelse	Dybde mm	Prøvemasse g	Kloridindhold % Cl ⁻ af betonvægten
----------------------	-------------	-----------------	---

Tingstræderne 3

Konsol 2	0-20*	8,01	0,01
Løb 3	20-40*	5,48	0,04
Repos 3	0-20	10,00	0,04
	20-40*	8,72	0,06

Torvelængen 7

Løb 1	20-40*	8,17	0,03
Konsol 1	20-40*	7,30	0,13
Repos 3	20-40*	7,03	0,06

Krageslippen 5

Repos 1	0-20*	8,98	0,09
Konsol	0-20	10,00	0,03
Løb 1	0-20	10,00	0,02

*Mængden af indleveret borepulver er mindre end hvad foreskrevet i COWIs standard.

COWI Materialelaboratorium

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

Udarbejdet: Belu

Kontrolleret: MHS

Godkendt: MHS