SBUF

PROJEKTNR. 14508

Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden – Del 2

Provtagning och analys av betongpålar i Skandiahamnen

Jonas Magnusson	**NCC Sverige AB**
Anders Lindvall	**Thomas Concrete Group AB**
Per Lindh	**Trafikverket**
Pontus Christensson	**NCC Sverige AB**

2026-08-31



Förord

Projekt 14508 ”Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden – Del 2”. Syftet med projektet har varit att undersöka, analysera och redovisa nedbrytningen hos betongpålar som varit exponerade för kända aggressiva mark- och vattenförhållanden under en avsevärd tid (>50 år), samt yngre pålar exponerade för samma förhållanden under drygt 10 år. Projektet har utförts av en arbetsgrupp från NCC Sverige AB, Thomas Concrete Group (C-Lab) samt Trafikverket. Arbetet har utförts med stöd av referensgrupp och finansiärer.

Arbetsgrupp/Författare:

Jonas Magnusson, NCC Sverige AB, Huvudförfattare
Anders Lindvall, Thomas Concrete Group AB, C-Lab
Per Lindh, Trafikverket/LTH
Pontus Christensson, NCC Sverige AB

Vi i arbetsgruppen vill tacka alla deltagare i referensgruppen:

Gunnar Holmberg, Skanska Sverige AB
Anna Björklund, Skanska Sverige AB
Åsa Bergh, Hercules Grundläggning AB
Martin Laninge, Peab Anläggning AB
Henrik Granroth, Göteborgs Hamn AB
David Johansson, Sweco Sverige AB
Alexandre Mathern, NCC Sverige AB
Ellen Thunstedt, Tyréns Sverige AB

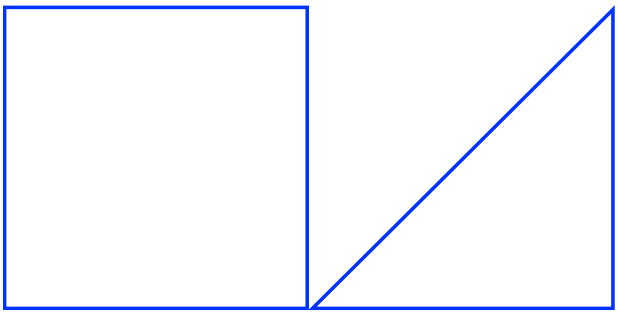
Arbetsgruppen vill rikta ett särskilt tack till SBUF - Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond och Göteborgs hamn AB – för stöd och finansiering av projektet. Utan deras bidrag hade det inte varit möjligt att genomföra och slutföra detta projekt.

Utöver SBUF vill vi i arbetsgruppen även tacka övriga finansiärer enligt nedan som medverkat till att genomföra detta projekt.

- Hercules Grundläggning AB
- Trafikverket
- Thomas Concrete Group
- NCC Sverige AB

Göteborg, 2026-08-31

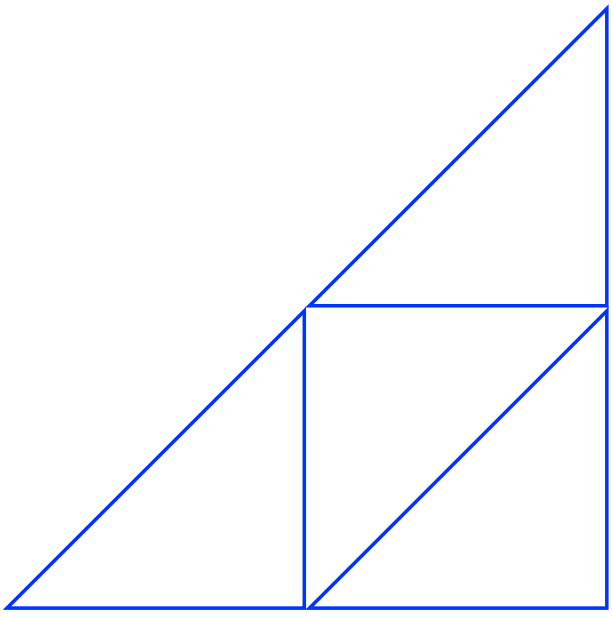
Jonas Magnusson, Anders Lindvall, Per Lindh och Pontus Christensson



Sammanfattning

Projektet har undersökt betongpålar som varit exponerade för havsmiljö i Skandiahamnen i Göteborg under lång tid, med fokus på beständighet. Undersökningen omfattar yngre kvadratiska pålar och äldre cirkulära pålar, där borrkärnor har analyserats med avseende på tryckhållfasthet, densitet, karbonatisering, kloridhalt och mikroskopi.

Resultaten visar att betongen generellt har hög tryckhållfasthet och att inga tydliga visuella tecken på omfattande nedbrytning eller armeringskorrosion har observerats. Karbonatiseringsdjupen är huvudsakligen små och bedöms inte utgöra en styrande risk för armeringskorrosion under de aktuella exponeringsförhållandena. Däremot har förhöjda kloridhalter uppmätts i flera prov, i vissa fall nivåer som överstiger antagna kloridtröskelvärden (enl. ex.vis Frederiksen m.fl. 1997 eller TRVINFRA-00228) vid armeringens läge. Trots detta har ingen betydande pågående armeringskorrosion kunnat konstateras. En sannolik förklaring är att tillgången på syre är begränsad i vattenmättad lera och undervattensmiljö, vilket begränsar uppkomst och utveckling av korrosion även när kloridhalter är höga. Resultaten indikerar därmed att kloridhalter ensamma inte är tillräckliga för att bedöma beständigheten hos betongpålar i denna typ av miljö; syretillgång, fukttillstånd, hållfasthetsklass och täckskikt behöver vägas samman. De stickprovsundersökningar som utfördes med avseende på kemiska angrepp kunde inte påvisa någon nämnvärd påverkan på betongen.



Innehåll

1 Bakgrund 1
2 Skandiahamnen, Göteborgs hamn 1
3 Exponeringsmiljö 1
4 Beskrivning av uppdragna betongpålar 2
5 Provtagning 4
6 Utborrade kärnor 9
6.1 Sammanställning över utborrade kärnor 9
6.1.1 Provtagningsomgång 1 9
6.1.2 Provtagningsomgång 2 10
7 Betongprovning 12
7.1 Inledning 12
7.2 Tryckhållfasthet och densitet 13
7.2.1 Kvadratisk påle (provtagningsomgång 1) 13
7.2.2 Kvadratisk påle (provtagningsomgång 2) 13
7.2.3 Cirkulär påle del R1, del R2 och del R3 (provtagningsomgång 1) 14
7.2.4 Cirkulär påle C1 (provtagningsomgång 2) 14
7.2.5 Cirkulär påle C2 (provtagningsomgång 2) 15
7.3 Karbonatiseringsdjup 15
7.3.1 Kvadratisk påle (provtagningsomgång 2) 15
7.3.2 Cirkulär påle del R1, del R2 och del R3 (provtagningsomgång 1) 16
7.3.3 Cirkulär påle C1 (provtagningsomgång 2) 16
7.3.4 Cirkulär påle C2 (provtagningsomgång 2) 16
7.4 Kloridhalt i betongen 17
7.4.1 Kvadratisk påle (provtagningsomgång 2) 17
7.4.2 Cirkulär påle del R1, del R2 och del R3 (provtagningsomgång 1) 19
7.4.3 Cirkulär påle C1 (provtagningsomgång 2) 20
7.4.4 Cirkulär påle C2 (provtagningsomgång 2) 24
7.5 Mikroskopi – Kemiska angrepp och ASR 25
8 Diskussion av provresultat 26
8.1 Visuell bedömning av pålar och utborrade kärnor 26
8.2 Tryckhållfasthet 26
8.3 Karbonatiseringsdjup 26
8.4 Kloridhalt i betongen 27
8.5 Mikroskopi 28

8.6 Undersökning av armeringens status 28
9 Betong i olika vattenmättade miljöer 28
9.1 Jämförda SBUF-projekt 28
9.2 SBUF-projekt 14207 - (Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden) 28
9.3 SBUF-projekt 14508 - (Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden – Del 2) 29
9.4 Begränsning av gjorda jämförelser 29
10 Slutsatser 30
11 Referenser 31

Bilagor

Bilaga A – Foton på utborrade kärnor

Bilaga B – Provningsrapport tryckhållfasthet

Bilaga C – Provningsrapport karbonatiseringsdjup

Bilaga D – Provningsrapport klorider

Bilaga E – Kloridprofiler inklusive möjligt spridningsintervall

Bilaga F – Betonganalys av påle (Mikroskopi)

1 Bakgrund

I det tidigare genomförda SBUF-projekt 14207 (Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden) studerades betongpålar som drogs upp i samband med byggandet av Västlänken. Undersökningen av dessa pålar, som stått i kloridhaltig lera i ca 25 år, visade bland annat att porvattnet i leran uppvisade kloridkoncentration mellan 1,0% och 1,8%. Detta är nivåer långt över gränsen för vilket täckskikten enligt EKS 12 gäller (högst 0,4%). Trots höga kloridhalter visade de utförda undersökningarna inte någon pågående problematik med armeringskorrosion.

Som en fortsättning på samma frågeställning studeras i denna studie (SBUF-projekt 14508 Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden – Del 2) betongpålar som dragits upp i Göteborgs hamn. Studien baseras på provtagning av borrkärnor samt mätningar på frilagda armeringsjärn.

2 Skandiahamnen, Göteborgs hamn

I samband med förstärkning inför fördjupning av hamnen för att öka kapaciteten (Projekt Skandiaporten) har pålar dragits upp som stått i vatten och lera under längre tid. Pålarna har stått bakom en spont, i vatten, sediment och lera i varierande nivåer. Leran är orörd men sedimenten varierar från mycket löst till fast.

Två typer av påle har studerats, kvadratisk påle som är ca 12 år gammal (tillverkad 2013) och cirkulär påle som är ca 60 år gammal (från 1960-talet). Pålarna härrör från samma del av Skandiahamnen, och har varit exponerade för samma miljö.

3 Exponeringsmiljö

De uppdragna pålarna kommer från den yttersta raden mot kajkanten och har befunnit sig i följande miljöer (räknat uppifrån och nedåt); vatten, sediment och lera. Överst, i skvalpzonen, har pålarna varit skyddade av ett tjockt isskydd. De delar av pålarna som varit exponerade för klorider kan anses ha varit ständigt under vatten, en del i fritt strömmande vatten och en del i lera där porvattnet kring pålarna i princip är stillastående. Enligt SS-EN 206 bör pålarnas exponeringsmiljö sättas till XS2 för båda fallen, men i verkligheten bör tillförseln av nya klorider skilja sig åt.

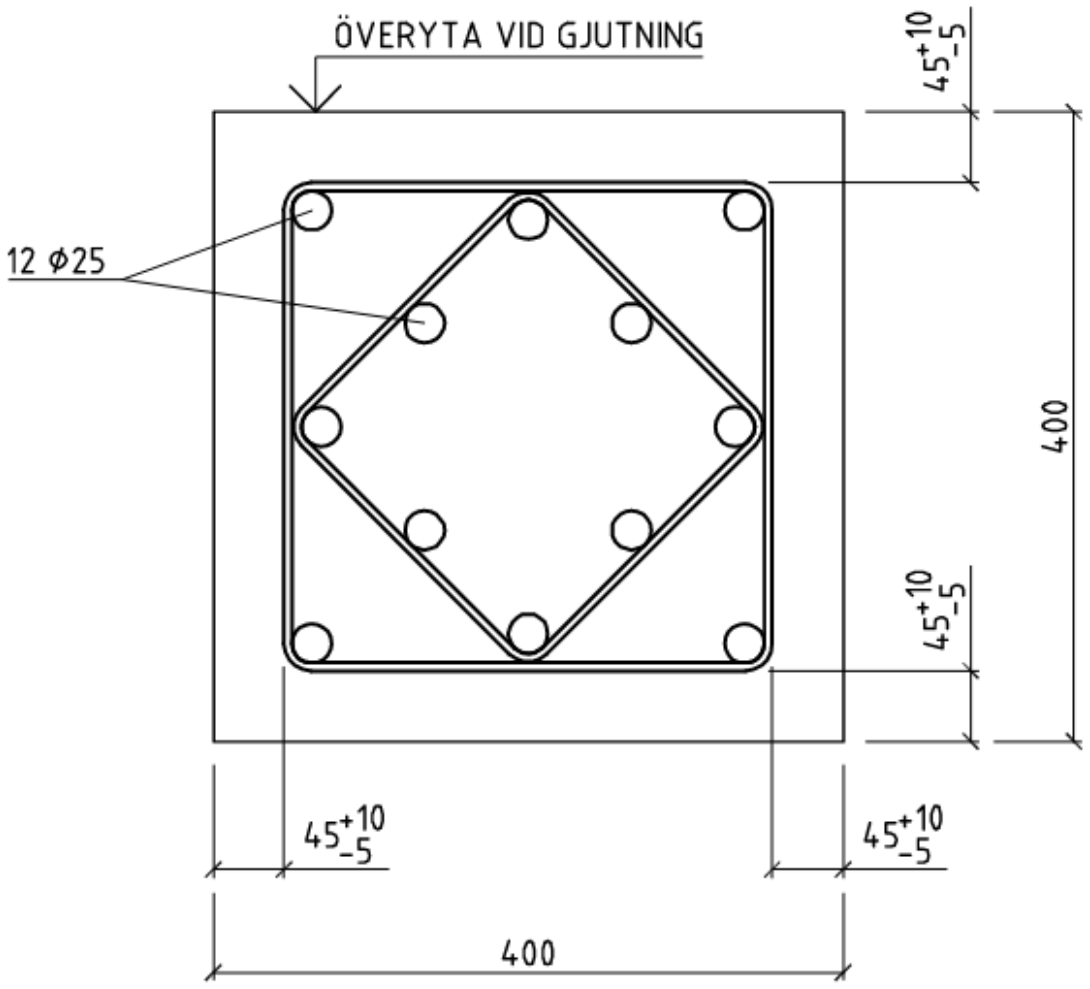
Mätningar av salthalten i havsvattnet i Göteborgs hamn utförs kontinuerligt av Sjöfartsverket och mätvärdena finns i tjänsten Vind- och vatteninformation (ViVa), tillgänglig via Sjöfartsverkets hemsida (Mätstation: Karet (GBG Hamn), Position: N 57°41'16" E 11°52'11"). Mätningarna visar att salthalten ökar med djupet och kan variera mellan ca 4–28‰ där låga värdet gäller salthalt vid ytan och höga värdet gäller salthalt vid botten. Dessa salthalter motsvarar kloridkoncentration mellan ca 0,22–1,54%. Vidare är det rimligt att anta att området består av omrörda leror, orsakat av mångåriga arbeten i marken. Detta innebär att pålarna till stor del är exponerade för

kloridkoncentrationer som överskrider den övre gränsen för täckskiktskraven (högst 0,4%).

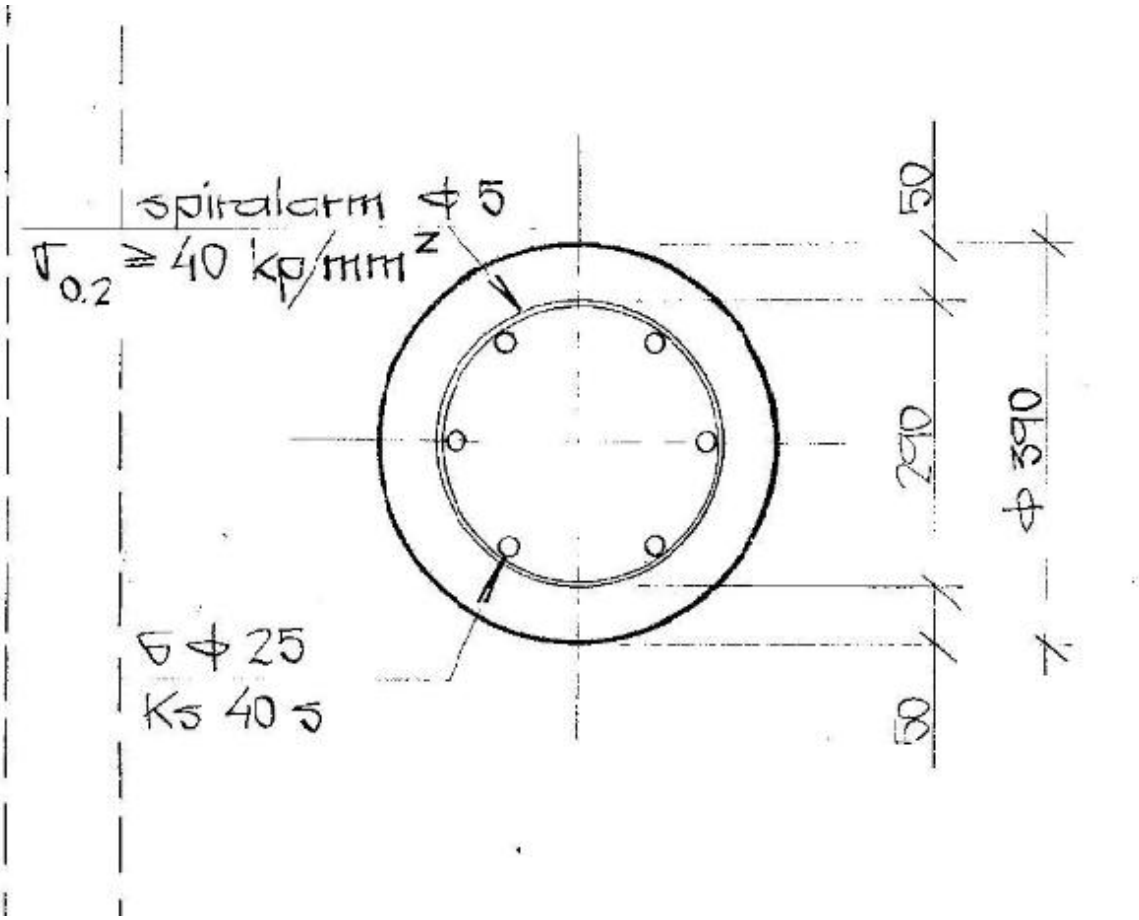
4 Beskrivning av uppdragna betongpålar

Pålarna drogs upp från den yttersta raden på kajkanten, bakom en spont. Kvadratisk påle är enligt uppgift av betong C50/60 XS2/XF4, med blandning av anläggningscement (CEM I), med tvärsnitt enligt Figur 4.1.

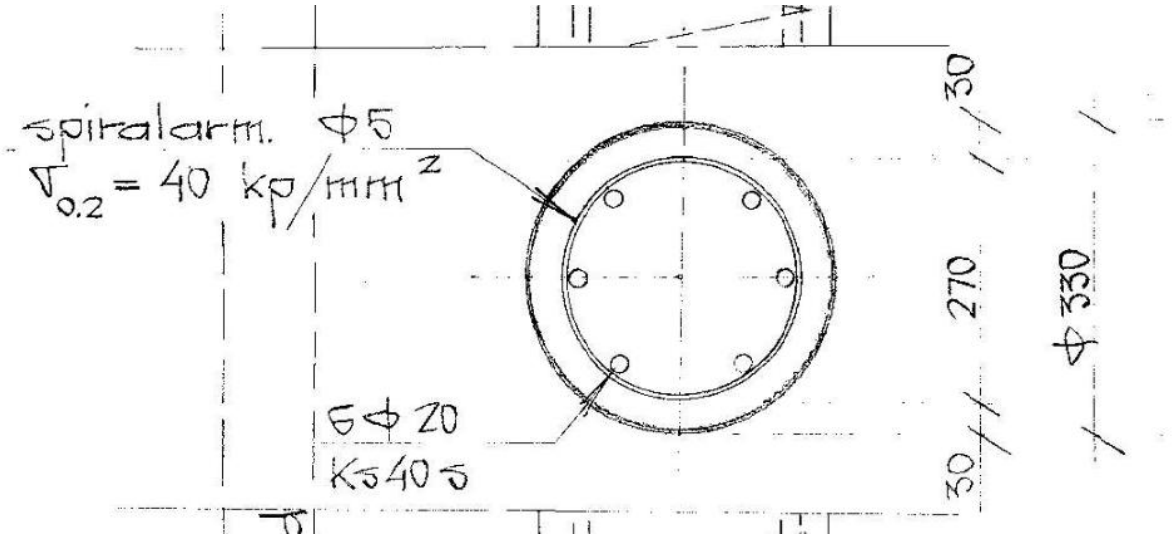
För cirkulär påle finns inga uppgifter om hållfasthetsklass eller typ av cement. Den är uppdelad i överpåle och underpåle, sammanfogade med en pålskarv. Tvärsnitt för överpåle redovisas i Figur 4.2 och tvärsnitt för underpåle redovisas i Figur 4.3.



Figur 4.1. Tvärsnitt kvadratisk påle.



Figur 4.2. Tvärsnitt överpåle, cirkulär påle.



Figur 4.3. Tvärsnitt underpåle, cirkulär påle

5 Provtagning

De undersökta betongpålarna drogs upp från Skandiahamnen under 2024, varefter de transporterades till Halvorsäng logistikanläggning i Göteborg där de förvarats utomhus, se Figur 5.1. En okulär besiktning av pålarna utfördes under mars 2025. Utborrning av kärnor utfördes i två omgångar ca 1–1,5 år efter att pålarna dragits upp:

- Första omgången 2025-03-21 och 2025-03-22
- Andra omgången 2025-12-09 och 2025-12-10



Figur 5.1. Uppdragna pålar förvarade utomhus.

Vid en visuell bedömning av pålarna identifierades inga synliga tecken på skador, som med säkerhet kunde relateras till installations- eller driftskede. De skador som identifierades, primärt dragsprickor, kan med stor säkerhet relateras till uppdragningen av pålarna.

Vid första provtagningsomgång, i slutet av mars 2025, togs borrkärnor ut från en kvadratisk påle samt en cirkulär påle. Kärnorna från den kvadratisk pålen användes för att bestämma betongens tryckhållfasthet. Kärnorna från den cirkulär pålen användes för att bestämma betongens tryckhållfasthet, karbonatiseringsdjup samt kloridhalt i betongen. Lägen för utborrade kärnor i omgång ett framgår av Figur 5.2 – *Figur 5.5*.



Figur 5.2. Lägen för kärnor utborrade från cirkulär påle, del R3 (provtagningsomgång 1).



Figur 5.3. Lägen för kärnor utborrade från cirkulär påle, del R2 (provtagningsomgång 1).



Figur 5.4. Lägen för kärnor utborrade från cirkulär påle, del R1 (provtagningsomgång 1).



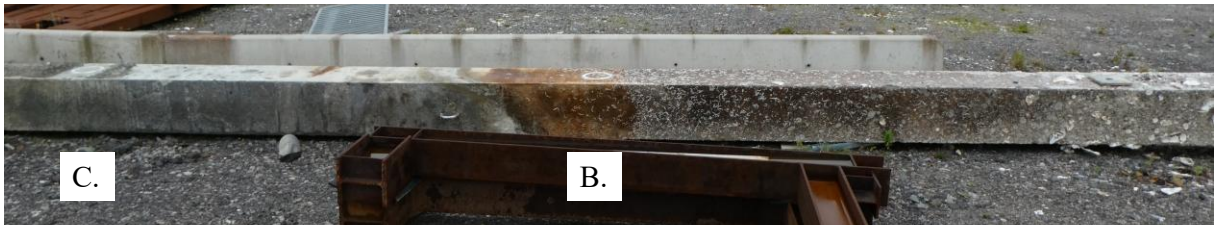
Figur 5.5. Lägen för kärnor utborrade från kvadratisk påle (provtagningsomgång 1).

Vid provtagningsomgång 2, i december 2025, borrades kärnor från en kvadratisk påle och två cirkulära pålar för att utvärdera tryckhållfasthet, karbonatisering samt

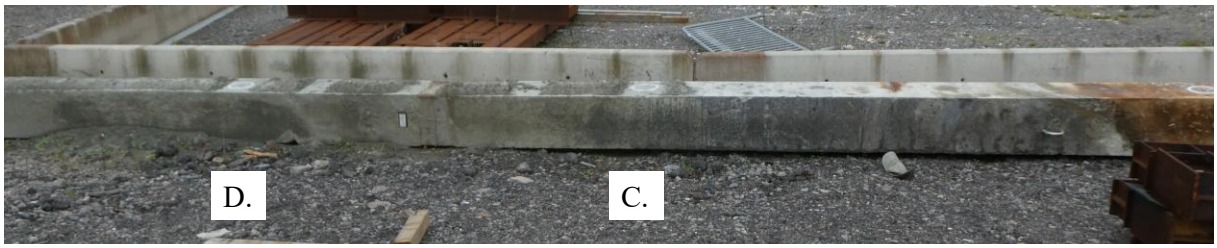
kloridinträngning. Från några kärnor har även tagits prov för tunnslipsanalys. Lägen för utborrade kärnor i omgång två framgår av Figur 5.6 – Figur 5.14.



Figur 5.6. Lägen för kärnor utborrade från kvadratisk påle (provtagningsomgång 2).



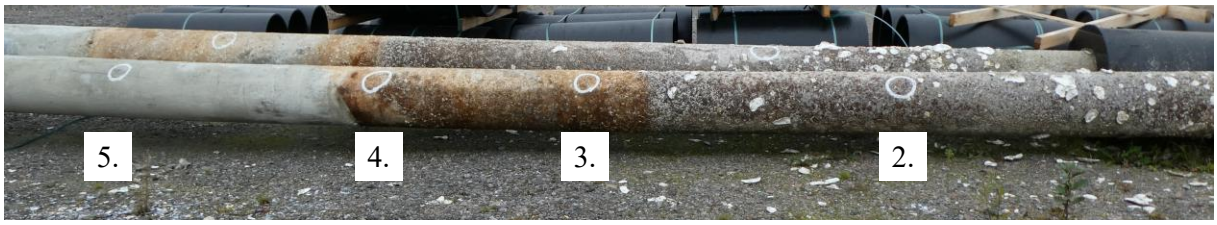
Figur 5.7. Lägen för kärnor utborrade från kvadratisk påle (provtagningsomgång 2).



Figur 5.8. Lägen för kärnor utborrade från kvadratisk påle (provtagningsomgång 2).



Figur 5.9. Lägen för kärnor utborrade från cirkulär påle C1 (provtagningsomgång 2).



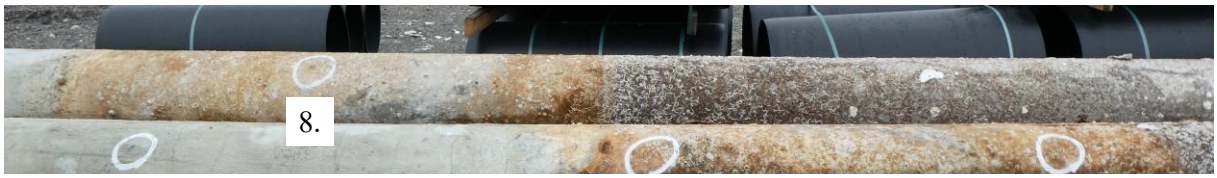
Figur 5.10. Lägen för kärnor utborrade från cirkulär påle C1 (provtagningsomgång 2).



Figur 5.11. Lägen för kärnor utborrade från cirkulär påle C1 (provtagningsomgång 2).



Figur 5.12. Lägen för kärnor utborrade från cirkulär påle C2 (provtagningsomgång 2).



Figur 5.13. Lägen för kärnor utborrade från cirkulär påle C2 (provtagningsomgång 2).



Figur 5.14. Lägen för kärnor utborrade från cirkulär påle C2 (provtagningsomgång 2).

Utöver de två cirkulära pålar som kärnor har borrats ut från i provtagningsomgång 2, har även provtagning gjorts på en tredje cirkulär påle. Denna påle har kapats, armering

har bilats fram och scanning och mätning av täckskikt har utförts. Därefter har 3D-scanning av armeringen utförts för att mäta tvärsnittsareaförlusten.

6 Utborrade kärnor

6.1 Sammanställning över utborrade kärnor

Borrkärnor är tagna från delar av pålarna exponerade för olika miljö. I följande tabeller och figurer kommer de olika miljöerna förkortas; Vatten (V), Sediment (S), Lera (L).

6.1.1 Provtagningsomgång 1

Okulära undersökningar är inte gjorda för kvadratisk påle, endast mätning av tryckhållfasthet.

För delarna av den cirkulära pålen observeras homogen och väl kompakterad betong för samtliga borrkärnor, med en gulaktig ton. Maximal stenstorlek (d_{max}) varierar mellan 25–45 mm men är i huvudsak 40 mm. En del större luftporer förekommer i samtliga kärnor, ballasten består av naturballast. Det finns inga synliga tecken på armeringskorrosion i armeringsjärnen. Foton av de utborrade kärnorna redovisas i Bilaga A, det ska noteras att de avsågade armeringsjärnen på dessa foton uppvisar rost. Kärnorna bevarades utomhus efter de blivit utborrade, något som högst troligt orsakat rosten. En sammanställning över borrkärnor och observationer framgår av Tabell 6-1 (kvadratisk påle), Tabell 6-2 (cirkulär påle del R1), Tabell 6-3 (cirkulär påle del R2) och Tabell 6-4 (cirkulär påle del R3). Diameter på utborrade kärnor är 104 mm (kvadratisk påle) och 99 mm (cirkulär påle).

Tabell 6-1. Beteckningar och lägen för utborrade kärnor från kvadratisk påle i provtagningsomgång 1.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]
K.28	V	0,8
K.37	V	2,0

Tabell 6-2. Beteckningar och lägen för utborrade kärnor från cirkulär påle, del R1.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Längd [mm]	Anmärkning
R1.1	V (bakom isskydd)	-0,5	250–270	Armering TB= 45–50 mm (ø6) TB= 55 mm (ø25)
R1.2	V	0,3	260	Armering TB= 60–65 mm (ø25)
R1.3	V	1,6	250	Armering TB= 50 mm (ø4) TB= 60 mm (ø16)
R1.4	V/S	3,1	270	Armering TB= 50 mm (ø6)

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Längd [mm]	Anmärkning
				TB= 60 mm (ø25)

Tabell 6-3. Beteckningar och lägen för utborrade kärnor från cirkulär påle, del R2.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Längd [mm]	Anmärkning
R2.5	S/L	5,5	260–270	Armering TB= 47 mm (ø6) TB= 50 mm (ø25))
R2.6	L	7,0	260–280	Armering TB= 50 mm (ø25)
R2.7	L	8,2	250–260	Armering TB= 68 mm (ø6) TB= 70 mm (ø25)

Tabell 6-4. Beteckningar och lägen för utborrade kärnor från cirkulär påle, del R3.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Längd [mm]	Anmärkning
R3.8	L (underpåle)	10,8	180–200	Armering TB= 25 mm (ø5) TB= 38 mm (ø20)
R3.9	L (underpåle)	11,2	250	Armering TB= 30 mm (ø5) TB= 40 mm (ø20)

6.1.2 Provtagningsomgång 2

Generellt är det homogen och väl kompakterad betong i samtliga kärnor och båda typer av påle. Maximal stenstorlek (d_{max}) är 30 mm, men det förekommer 35–40 mm för ett par av kärnorna hos de cirkulära pålarna. En del större luftporer förekommer i samtliga kärnor.

För den kvadratiska pålen består ballasten av krossballast av flera olika bergarter. För de cirkulära pålarna består ballasten av naturballast av flera olika bergarter. Det finns inga tecken på att ballasten är reaktiv. I flera av kärnorna finns det armering, det finns inga synliga tecken på korrosion på något av armeringsjärnen.

En sammanställning (lägen, omgivningsmiljö samt observationer) för respektive kärna framgår av Tabell 6-5 för kvadratisk påle och Tabell 6-6 samt Tabell 6-7 för cirkulär påle C1 respektive C2. I vissa av lägena är två kärnor utborrade på samma nivå. Tabellerna kompletteras av Figur 5.6 – Figur 5.14. Uppmätt läge är relativt underkant isskydd, mätt i cm med en tumstock. Diameter på utborrade kärnor är 71 mm.

Tabell 6-5.Beteckningar och lägen för utborrade kärnor från kvadratisk påle i provtagningsomgång 2.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Längd [mm]	Anmärkning
A1	V	0,5	220–230	Armering TB= 125 mm (ø25)
A2	V	0,5	125–145	Armering TB= 120 mm (ø25)
B	V/S	6,0	150–170	Armering TB= 128 mm (ø25)
C	L (övre del av överpåle)	9,8	195–215	Armering TB= 55 mm (ø4) TB= 135 mm (ø25) TB= 150 mm (ø4)
D	L (undre del av överpåle)	13,0	220–225	Armering TB= 128 mm (ø25) Lite dålig kringgjutning kring armering Kärnan i två delar: 0–140 mm 140–225 mm

Tabell 6-6.Beteckningar och lägen för utborrade kärnor från cirkulär påle C1.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Längd [mm]	Anmärkning
C1.1	V (övre del)	1,2	220–230	Armering TB= 54 mm (ø4)
C1.2	V (undre del)	3,9	225	Ingen armering
C1.2T	V (undre del)	3,9	175–200	Ingen armering
C1.3	V/S (övre del)	6,1	220–235	Armering TB= 54 mm (ø4) TB= 60 mm (ø16)
C1.3T	V/S (övre del)	6,1	230–240	Armering TB= 40–45 mm (ø4) Vita utfällningar i brottytan
C1.4	V/S (undre del)	7,7	235–255	Armering TB= 46 mm (ø4) Vita utfällningar i brottytan
C1.5	L (övre del av överpåle)	9,7	240–250	Armering TB= 47–50 mm (ø4)
C1.6	L (undre del av överpåle)	12,5	230–245	Armering TB= 48–50 mm (ø4)
C1.6T	L	12,5	200–220	Ingen armering

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Längd [mm]	Anmärkning
	(undre del av överpåle)			

Tabell 6-7.Beteckningar och lägen för utborrade kärnor från cirkulär påle C2.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Längd [mm]	Anmärkning
C2.7	V	2,4	210–230	Armering TB= 49–50 mm (ø4)
C2.8	V/S	6,8	240–250	Armering TB= 60–64 mm (ø4) Kärnan i två delar: 0–85 mm 85–240/250 mm
C2.8D	V/S	6,8	270	Armering TB= 58–62 mm (ø4)
C2.9	L	11,2	250–260	Armering TB= 40–50 mm (ø4) TB= 80 mm (ø10)

7 Betongprovning

7.1 Inledning

Utborrade kärnor har använts för att bestämma betongens tryckhållfasthet och densitet, karbonatiseringsdjup samt kloridhalt. Resultaten från genomförda provningar redovisas i följande kapitel. Foton av de utborrade betongkärnorna redovisas i Bilaga A, det ska dock noteras att foto på kärna C1.3T, K.28 samt K.37 saknas. Betongprovningarna är utförda av C-Lab, ursprungliga rapporter från dessa provningar redovisas i Bilagorna B-D.

För att bedöma eventuell förekomst av kemiska angrepp, ASR och andra avvikelser i betongen, skickades tre prov för mikroskopisk undersökning på ett tunnslip. Dessa prov togs från borrkärnorna C1.2T, C1.3T och C1.6T. Dessa undersökningar är utförda av RISE och redovisas nedan. Ursprunglig rapport från RISE redovisas i Bilaga F.

En kort kronologi av utförda undersökningar:

- Pålarna drogs upp under 2024, varefter pålarna lagrades utomhus
- Uttag av borrkärnor för provtagningsomgång 1 (K28-K37 samt R1.1-R3.9) i slutet på mars 2025
- Analys av borrkärnor för provtagningsomgång 1 (K38-K37 samt R1.1-R3.9) 2025-04-16 till 2025-06-24
- Uttag av borrkärnor för provtagningsomgång 2 (A-D samt C1.1-C2.9) 2025-12-09 och 2025-12-10

- Analys av borrkärnor för provtagningsomgång 2 (A-D samt C1.1-C2.9) 2025-12-17 till 2025-12-29
- Mikroskopi 2026-05-06 (borrkärnor lagrade i inomhusmiljö fram till mikroskopi)

7.2 Tryckhållfasthet och densitet

Tryckhållfasthet och densitet undersöks enligt de metoder som finns beskrivna i SS-EN 12390-7 och SS-EN 13791. Resultaten från genomförda provningar redovisas i Tabell 7-1 för kvadratisk påle i provtagningsomgång 1, Tabell 7-2 för kvadratisk påle i provtagningsomgång 2, Tabell 7-3 för cirkulär påle del R1, del R2 och del R3 samt Tabell 7-4 och Tabell 7-5 för cirkulär påle C1 respektive C2. Provningsrapporter finns bifogade i Bilaga B.

7.2.1 Kvadratisk påle (provtagningsomgång 1)

Av Tabell 7-1 framgår att uppmätta densiteter är 2380–2600 kg/m^3. Den höga densiteten uppmätt i K.37 kan förklaras av att det fanns ett armeringsjärn i provet. I tabellen framgår även att uppmätta tryckhållfastheter är 86,9–105,2 MPa. Det går inte att utvärdera hållfasthetsklass utifrån uppmätta tryckhållfastheter på grund av att det är för få prov.

Tabell 7-1. Uppmätta densiteter och tryckhållfastheter för kvadratisk påle i provtagningsomgång 1.

Kärna	Miljö	Diameter kärna [mm]	Densitet [kg/m^3]	Brottlast [kN]	Tryckhållfasthet [MPa]
K.28	V	104	2380	889,2	105,2
K.37	V	104	2600	734,5	86,9

7.2.2 Kvadratisk påle (provtagningsomgång 2)

I Tabell 7-2 framgår att uppmätta densiteter är 2350–2490 kg/m^3. I tabellen framgår även att uppmätta tryckhållfastheter är 91,4–116,4 MPa. Högst och lägst tryckhållfasthet uppmättes i proverna D respektive A.

En utvärdering av uppmätta tryckhållfastheter enligt SS-EN 13791 visar att betongens hållfasthetsklass är ca C90/105. Om uppmätta tryckhållfastheter räknas om till 28-dygnshållfasthet enligt samband för hållfasthetstillväxt i figur 14.12:21a i Betonghandboken Material, Del 2 visar utvärderingen att betongens hållfasthetsklass ursprungligen var ca C50/60. Uppmätta tryckhållfastheter och utvärderad hållfasthetsklass indikerar att betongens vct är ca 0,35–0,40.

Tabell 7-2. Uppmätta densiteter och tryckhållfastheter för kvadratisk påle i provtagningsomgång 2.

Kärna	Miljö	Diameter kärna [mm]	Densitet [kg/m^3]	Brottlast [kN]	Tryckhållfasthet [MPa]
A1/A2	V	71	2390	365,5	91,5
B	V/S	71	2350	357,1	91,4

Kärna	Miljö	Diameter kärna [mm]	Densitet [kg/m^3]	Brottlast [kN]	Tryckhållfasthet [MPa]
C	L	71	2450	379,5	97,0
D	L	71	2490	460,1	116,4

7.2.3 Cirkulär påle del R1, del R2 och del R3 (provtagningsomgång 1)

I Tabell 7-3 framgår att uppmätta densiteter är 2350–2420 kg/m^3. I tabellen framgår även att uppmätta tryckhållfastheter är 70,8–105,3 MPa. Högst och lägst tryckhållfasthet uppmättes i proverna R3.8 respektive R1.3.

En utvärdering av uppmätta tryckhållfastheter enligt SS-EN 13791 visar att betongens hållfasthetsklass är ca C70/85. Om uppmätta tryckhållfastheter räknas om till 28-dygnshållfasthet enligt samband för hållfasthetstillväxt i figur 14.12:21a i Betonghandboken Material, Del 2 visar utvärderingen att betongens hållfasthetsklass ursprungligen var ca C40/50. Uppmätta tryckhållfastheter och utvärderad hållfasthetsklass indikerar att betongens vct är ca 0,40.

Tabell 7-3.Uppmätta densiteter och tryckhållfastheter för cirkulär påle del R1, del R2 samt del R3.

Kärna	Miljö	Diameter kärna [mm]	Densitet [kg/m^3]	Brottlast [kN]	Tryckhållfasthet [MPa]
R1.1	V	99	2370	671,0	87,4
R1.3	V	99	2350	540,7	70,8
R1.4	V/S	99	2370	591,6	77,3
R2.5	S/L	99	2370	546,2	71,4
R2.7	L	99	2360	555,2	72,6
R3.8	L	99	2420	802,5	105,3

7.2.4 Cirkulär påle C1 (provtagningsomgång 2)

I Tabell 7-4 framgår att uppmätta densiteter är 2360–2450 kg/m^3. I tabellen framgår även att uppmätta tryckhållfastheter är 77,9–90,7 MPa. Högst och lägst tryckhållfasthet uppmättes i proverna C1.2 respektive C1.6.

En utvärdering av uppmätta tryckhållfastheter enligt SS-EN 13791 visar att betongens hållfasthetsklass är ca C70/85. Om uppmätta tryckhållfastheter räknas om till 28-dygnshållfasthet enligt samband för hållfasthetstillväxt i figur 14.12:21a i Betonghandboken Material, Del 2 visar utvärderingen att betongens hållfasthetsklass ursprungligen var ca C45/55. Uppmätta tryckhållfastheter och utvärderad hållfasthetsklass indikerar att betongens vct är ca 0,40.

Tabell 7-4.Uppmätta densiteter och tryckhållfastheter för cirkulär påle C1.

Kärna	Miljö	Diameter kärna [mm]	Densitet [kg/m^3]	Brottlast [kN]	Tryckhållfasthet [MPa]
C1.1	V	71	2420	350,1	89,5
C1.2	V	71	2450	357,8	90,7
C1.3	V/S	71	2420	353,8	90,5
C1.4	V/S	71	2360	310,5	79,4
C1.5	L	71	2390	309,7	78,4
C1.6	L	71	2380	305,2	77,9

7.2.5 Cirkulär påle C2 (provtagningsomgång 2)

I Tabell 7-5 framgår att uppmätta densiteter är 2410–2430 kg/m^3. I tabellen framgår även att uppmätta tryckhållfastheter är 85,5–93,6 MPa. Högst och lägst tryckhållfasthet uppmättes i proverna C2.7 respektive C2.8.

En utvärdering av uppmätta tryckhållfastheter enligt SS-EN 13791 visar att betongens hållfasthetsklass är ca C70/85. Om uppmätta tryckhållfastheter räknas om till 28-dygnshållfasthet enligt samband för hållfasthetstillväxt i figur 14.12:21a i Betonghandboken Material, Del 2 visar utvärderingen att betongens hållfasthetsklass ursprungligen var ca C45/55. Uppmätta tryckhållfastheter och utvärderad hållfasthetsklass indikerar att betongens vct är ca 0,40.

Tabell 7-5.Uppmätta densiteter och tryckhållfastheter för cirkulär påle C2.

Kärna	Miljö	Diameter kärna [mm]	Densitet [kg/m^3]	Brottlast [kN]	Tryckhållfasthet [MPa]
C2.7	V	71	2430	366,5	93,6
C2.8	V/S	71	2400	337,6	85,5
C2.9	L	71	2410	341,4	87,3

7.3 Karbonatiseringsdjup

Karbonatiseringsdjupet i betongen bestäms på de yttre delarna av respektive kärna enligt metod beskriven i SS-EN 14630. Uppmätta karbonatiseringsdjup samt läge relativt underkant isskydd redovisas i Tabell 7-6 för kvadratisk påle i provtagningsomgång 2, Tabell 7-7 för cirkulär påle del R1, del R2 och del R3 (provtagningsomgång 1) samt Tabell 7-8 och Tabell 7-9 för cirkulär påle C1 respektive C2 (provtagningsomgång 2). Provningsrapporter finns bifogade i Bilaga C.

7.3.1 Kvadratisk påle (provtagningsomgång 2)

I Tabell 7-6 framgår att uppmätta karbonatiseringsdjup är små i samtliga kärnor och det finns ingen påverkan från omgivande miljö.

Tabell 7-6.Uppmätta karbonatiseringsdjup för kvadratisk påle i provtagningsomgång 2.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Karbonatiseringsdjup, max [mm]	Karbonatiseringsdjup, medel [mm]
A1/A2	V	0,5	<1	<1
B	V/S	6,0	<1	<1
C	L	9,8	<1	<1
D	L	13,0	<1	<1

7.3.2 Cirkulär påle del R1, del R2 och del R3 (provtagningsomgång 1)

I Tabell 7-7 framgår att uppmätta karbonatiseringsdjup är små och det finns ingen påverkan från omgivande miljö.

Tabell 7-7.Uppmätta karbonatiseringsdjup för cirkulär påle del R1, del R2 samt del R3.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Karbonatiseringsdjup, max [mm]	Karbonatiseringsdjup, medel [mm]
R1.2	V	0,3	1	<1
R2.6	L	7,0	1	<1
R3.9	L	11,2	1	<1

7.3.3 Cirkulär påle C1 (provtagningsomgång 2)

I Tabell 7-8 framgår att uppmätta karbonatiseringsdjup är små och det finns ingen påverkan från omgivande miljö. I kärna C1.6 har större karbonatiseringsdjup mätts, orsaken till detta är oklar.

Tabell 7-8.Uppmätta karbonatiseringsdjup för cirkulär påle C1.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Karbonatiseringsdjup, max [mm]	Karbonatiseringsdjup, medel [mm]
C1.1	V	1,2	<1	<1
C1.2	V	3,9	<1	<1
C1.3	V/S	6,1	<1	<1
C1.4	V/S	7,7	<1	<1
C1.5	L	9,7	<1	<1
C1.6	L	12,5	5	5

7.3.4 Cirkulär påle C2 (provtagningsomgång 2)

I Tabell 7-9 framgår att uppmätta karbonatiseringsdjup är små och det finns ingen påverkan från omgivande miljö förutom i kärna C2.7. Där har större karbonatiseringsdjup mätts, orsaken till detta är oklar.

Tabell 7-9.Uppmätta karbonatiseringsdjup för cirkulär påle C2.

Kärna	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Karbonatiseringsdjup, max [mm]	Karbonatiseringsdjup, medel [mm]
C2.7	V	2,4	21	21
C2.8	V/S	6,8	<1	<1
C2.9	L	11,1	<1	<1

7.4 Kloridhalt i betongen

Kloridhalten i betongen bestäms med två metoder, RCT-metoden (Rapid Chloride Test) och våtkemisk analys (titrering). Båda metoderna utförs på betongpulver från kärnorna. Betongpulvret framställdes genom att mala ner skivor (ca 10 mm tjocka per djupintervall) som sågats ut från olika djup i kärnorna. Provningen görs på yttre delar i kärnorna (ca 0–160 mm djup) och bestäms som vikt-% klorider på cement. Cementhalten (för RCT) har uppskattats till 18% för samtliga pålar med hänsyn till betongens vct och redovisas med ett spridningsintervall för kloridinträngningsprofilerna för respektive kärna pga. den begränsade provmängden. Erfarenheter från tidigare undersökningar utförda av C-lab visar att cementhalten i skivor utsågade från kärnor kan variera i storleksordningen +/- 5%. Dessa grafer redovisas i Bilaga E för samtliga pålar.

Som ett komplement till RCT-metoden har en våtkemisk analys använts för att bestämma kloridhalten i tre borrkärnor för påle C1 enligt metod A beskriven i AASHTO T 260-21. I den våtkemiska analysen bestäms både kloridhalt och cementhalt. Cementhalten bestäms utifrån analys av kalciumhalten kombinerat med ett antagande om att cementet är ett Portlandcement med en kalciumhalt på ca 63%. Provningen är utförd av RISE och ursprunglig rapport finns i Bilaga D.

Resultaten från provningarna redovisas i kapitel nedan. Kloridhalten på olika djup från betongens yta visas som kloridinträngningsprofiler. Provningsrapporter finns bifogade i Bilaga D. Det ska noteras att det är den totala kloridhalten, dvs. både de bundna och de fria, som mäts.

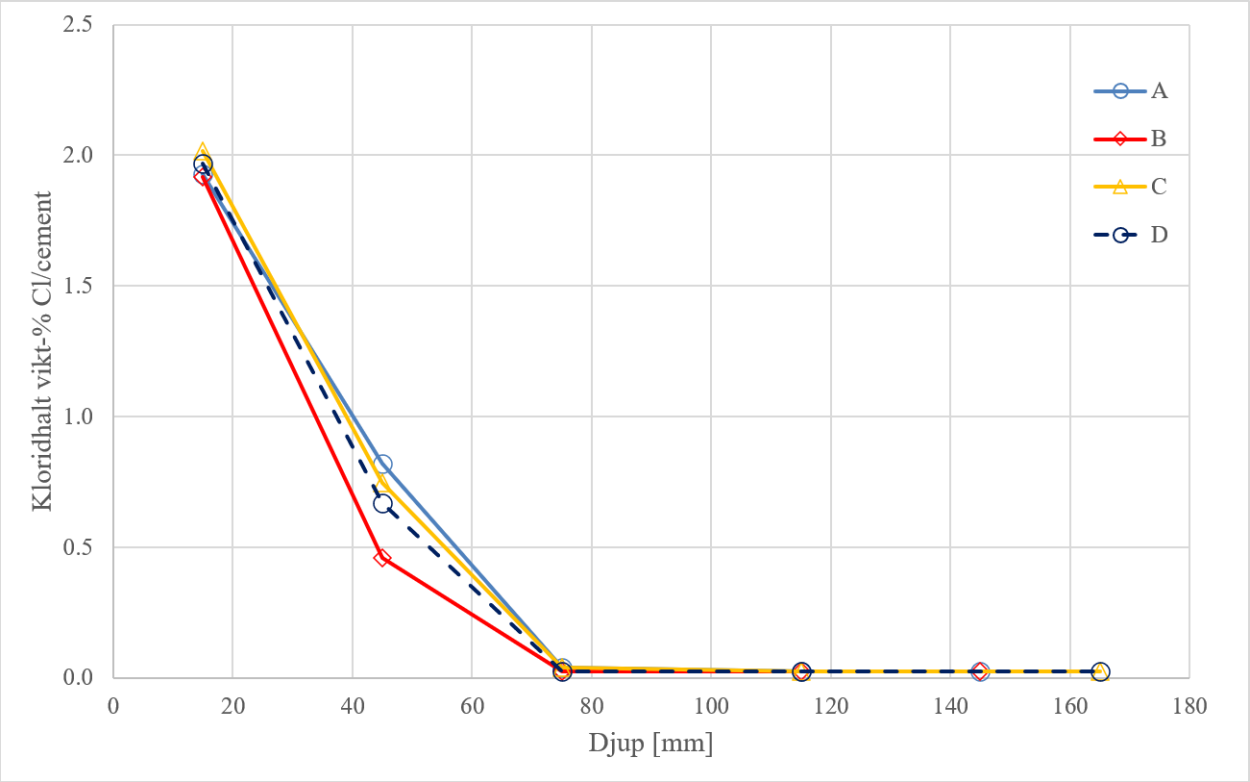
7.4.1 Kvadratisk påle (provtagningsomgång 2)

Från Tabell 7-10 och Figur 7.1 framgår att förhöjda kloridhalter har mätts upp i ytan (15 mm och 45 mm djup) i samtliga prov. På större djup har inga kloridhalter mätts upp i betongen.

Tabell 7-10. Kloridhalt uppmätt som Cl- i % av provvikt samt uppskattad Cl- i % av cementvikt, för kvadratisk påle.

Märkning prov	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Mätdjup i borrkärna [mm]	Uppmätt Cl- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt	
					Cementhalt 18% vct 0,40	Spridnings-intervall +/-5%
A1	V	0,5	10–20	0,343	1,9	2,7/1,5

Märkning prov	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Mätdjup i borrkärna [mm]	Uppmätt Cl- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt	
					Cementhalt 18% vct 0,40	Spridnings-intervall +/-5%
A1	V	0,5	40–50	0,146	0,8	1,1/0,6
A1	V	0,5	70–80	0,007	0,0	0,1/0,0
A1	V	0,5	110–120	0,005	0,0	0,0/0,0
A1	V	0,5	140–150	0,005	0,0	0,0/0,0
B	V/S	6,0	10–20	0,341	1,9	2,7/1,5
B	V/S	6,0	40–50	0,082	0,5	0,6/0,4
B	V/S	6,0	70–80	0,005	0,0	0,0/0,0
B	V/S	6,0	110–120	0,005	0,0	0,0/0,0
B	V/S	6,0	140–150	0,005	0,0	0,0/0,0
C	L	9,8	10–20	0,359	2,0	2,8/1,6
C	L	9,8	40–50	0,133	0,7	1,0/0,6
C	L	9,8	70–80	0,007	0,0	0,1/0,0
C	L	9,8	110–120	0,005	0,0	0,0/0,0
C	L	9,8	160–170	0,005	0,0	0,0/0,0
D	L	13,0	10–20	0,350	2,0	2,7/1,5
D	L	13,0	40–50	0,119	0,7	0,9/0,5
D	L	13,0	70–80	0,005	0,0	0,0/0,0
D	L	13,0	110–120	0,005	0,0	0,0/0,0
D	L	13,0	160–170	0,005	0,0	0,0/0,0



Figur 7.1. Kloridhalt i betongen för kärnor från kvadratisk påle.

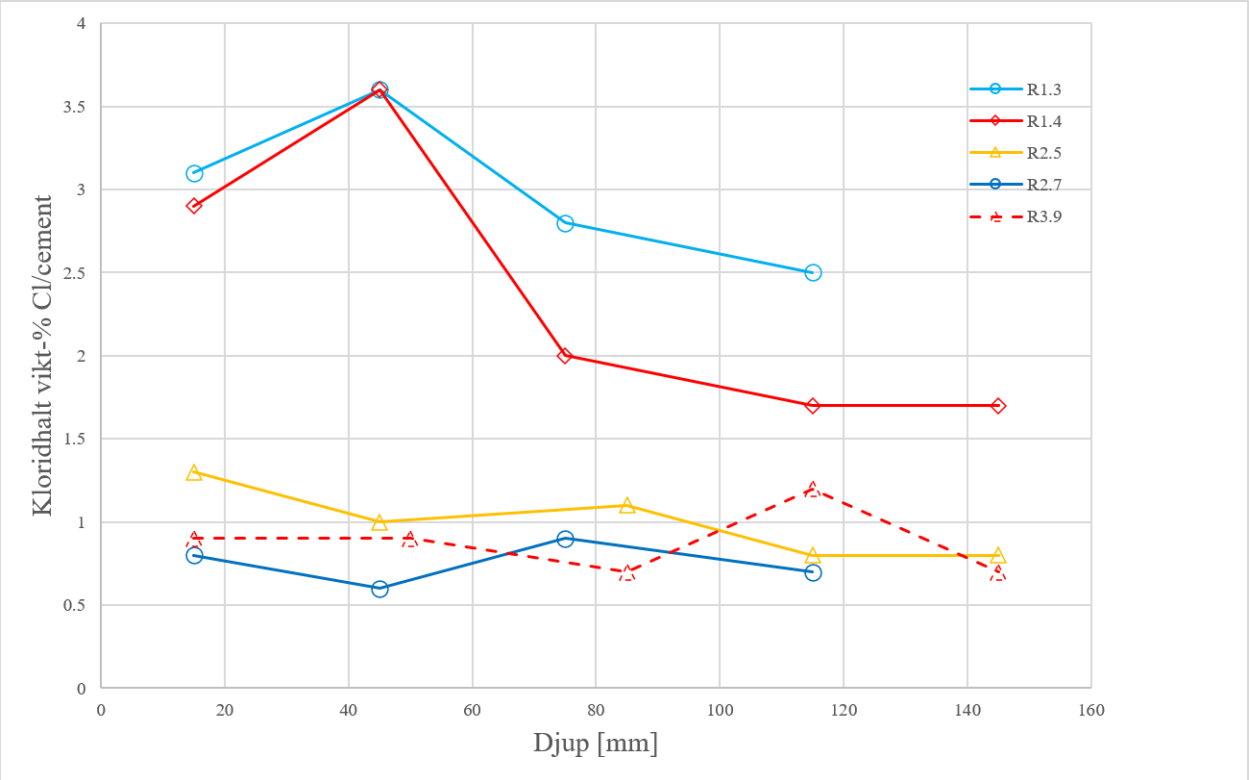
7.4.2 Cirkulär påle del R1, del R2 och del R3 (provtagningsomgång 1)

Från Tabell 7-11 och Figur 7.2 framgår att förhöjda kloridhalter har uppmätts i samtliga undersökta prov. Kärnorna R1.3 och R1.4, som är utborrade från delar exponerade för vatten respektive sediment, har högst kloridhalter. Kärna R2.5, R2.7 och R3.9 som är utborrade från delar exponerade för lera uppvisar lägre halter.

Tabell 7-11. Kloridhalt uppmätt som Cl- i % av provvikt samt uppskattad Cl- i % av cementvikt, för cirkulär påle del R1, del R2 och del R3.

Märkning prov	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Mätdjup i borrkärna [mm]	Uppmätt Cl- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt	
					Cementhalt 18% vct 0,40	Spridnings-intervall +/-5%
R1.3	V	1,5	10–20	0,555	3,1	4,3/2,4
R1.3	V	1,5	40–50	0,642	3,6	5,0/2,8
R1.3	V	1,5	60–90	0,505	2,8	3,9/2,2
R1.3	V	1,5	110–120	0,441	2,5	3,4/1,9
R1.4	V/S	3,1	10–20	0,518	2,9	4,0/2,3
R1.4	V/S	3,1	40–50	0,644	3,6	5,0/2,8
R1.4	V/S	3,1	60–90	0,351	2,0	2,7/1,5
R1.4	V/S	3,1	110–120	0,306	1,7	2,4/1,3
R1.4	V/S	3,1	140–150	0,306	1,7	2,4/1,3
R2.5	S/L	5,5	10–20	0,231	1,3	1,8/1,0

Märkning prov	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Mätdjup i borrkärna [mm]	Uppmätt Cl- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt	
					Cementhalt 18% vct 0,40	Spridnings-intervall +/-5%
R2.5	S/L	5,5	40–50	0,179	1,0	1,4/0,8
R2.5	S/L	5,5	80–90	0,200	1,1	1,6/0,9
R2.5	S/L	5,5	110–120	0,135	0,8	1,1/0,6
R2.5	S/L	5,5	140–150	0,134	0,8	1,0/0,6
R2.7	L	8,2	10–20	0,143	0,8	1,1/0,6
R2.7	L	8,2	40–50	0,099	0,6	0,8/0,4
R2.7	L	8,2	60–90	0,158	0,9	1,2/0,7
R2.7	L	8,2	110–120	0,126	0,7	1,0/0,6
R3.9	L	11,2	10–20	0,158	0,9	1,2/0,7
R3.9	L	11,2	40–60	0,155	0,9	1,2/0,7
R3.9	L	11,2	80–90	0,118	0,7	0,9/0,5
R3.9	L	11,2	110–120	0,222	1,2	1,7/1,0
R3.9	L	11,2	140–150	0,124	0,7	1,0/0,5



Figur 7.2. Kloridhalt i betongen för kärnor från cirkulär påle R1, R2 och R3.

7.4.3 Cirkulär påle C1 (provtagningsomgång 2)

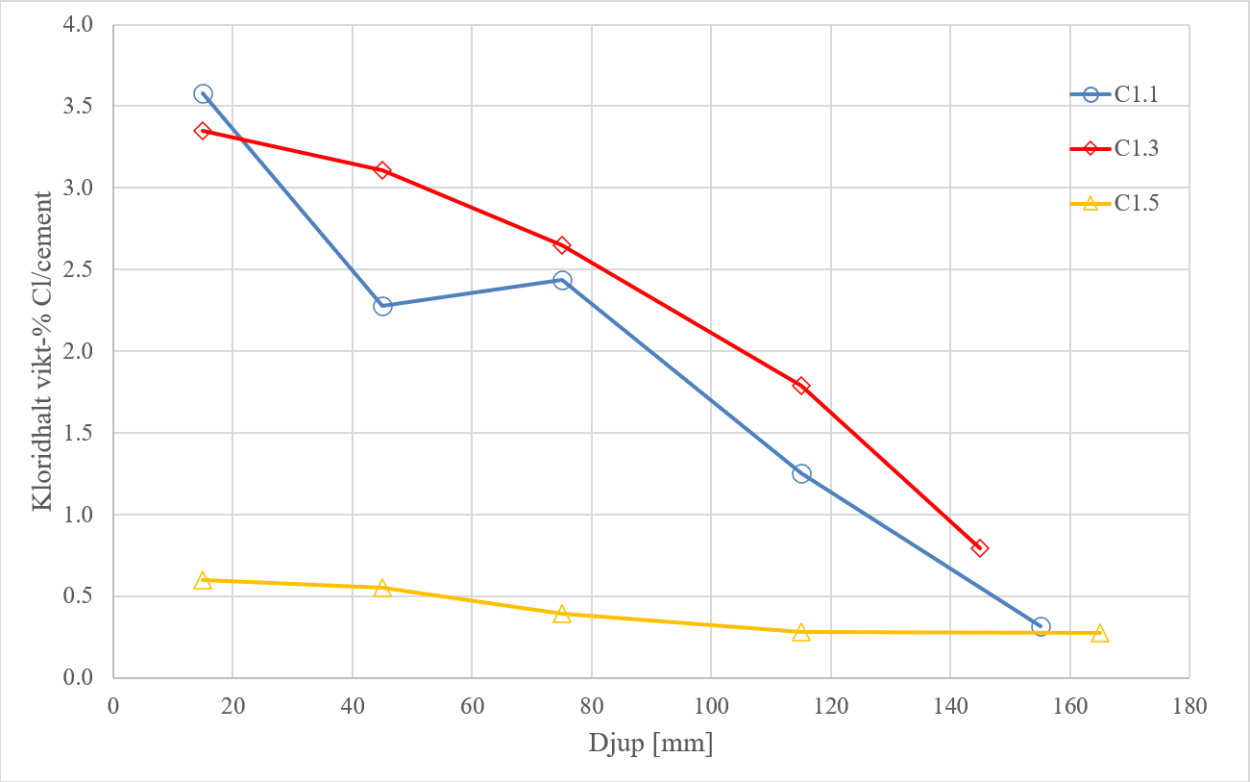
7.4.3.1 RCT-metoden

Från Tabell 7-12 och Figur 7.3 framgår att förhöjda kloridhalter har uppmätts i samtliga undersökta prov. Kärnorna C1.1 och C1.3, som är utborrade från delar av pålen

exponerad för vatten respektive sediment, har högst kloridhalter. Kärna C1.5, som är utborrad från delen av pålen exponerad för leran, uppvisar något lägre halter.

Tabell 7-12. Kloridhalt uppmätt som Cl- i % av provvikt samt uppskattad Cl- i % av cementvikt, för cirkulär påle C1.

Märkning prov	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Mätdjup i borrkärna [mm]	Uppmätt Cl- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt	
					Cementhalt 18% vct 0,40	Spridnings-intervall +/-5%
C1.1	V	1,2	10–20	0,638	3,6	5,0/2,8
C1.1	V	1,2	40–50	0,406	2,3	3,2/1,8
C1.1	V	1,2	70–80	0,434	2,4	3,4/1,9
C1.1	V	1,2	110–120	0,223	1,3	1,7/1,0
C1.1	V	1,2	150–160	0,057	0,3	0,4/0,2
C1.3	V/S	6,1	10–20	0,596	3,3	4,7/2,6
C1.3	V/S	6,1	40–50	0,554	3,1	4,3/2,4
C1.3	V/S	6,1	70–80	0,471	2,6	3,7/2,1
C1.3	V/S	6,1	110–120	0,318	1,8	2,5/1,4
C1.3	V/S	6,1	150–160	0,141	0,8	1,1/0,6
C1.5	L	9,7	10–20	0,107	0,6	0,8/0,5
C1.5	L	9,7	40–50	0,099	0,6	0,8/0,4
C1.5	L	9,7	70–80	0,070	0,4	0,5/0,3
C1.5	L	9,7	110–120	0,050	0,3	0,4/0,2
C1.5	L	9,7	160–170	0,049	0,3	0,4/0,2



Figur 7.3. Kloridhalt i betongen för kärnor från cirkulär påle C1.

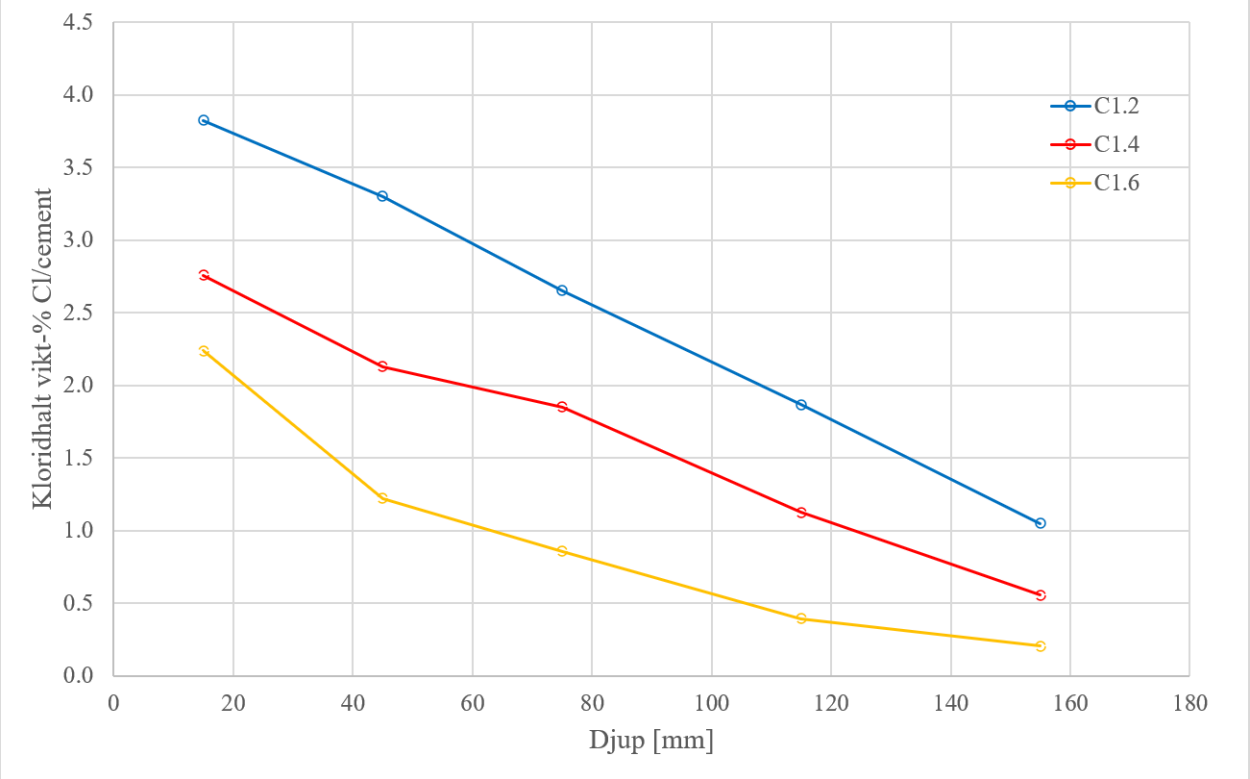
7.4.3.2 Våtkemisk analys

Från Tabell 7-13 och Figur 7.4 framgår att förhöjda kloridhalter har uppmätts i samtliga undersökta prov. Högst kloridhalter har uppmätts i kärna C1.2, som är utborrad från del av pålen som varit exponerad för vatten. Lägst kloridhalter har uppmätts i kärna C1.6, som är utborrad från del av pålen som varit exponerad för lera.

Tabell 7-13. Kloridhalt uppmätt som Cl- i % av provvikt, cementhalt i % av provvikt samt Cl- i % av cementhalt, för cirkulär påle C1, bestämd med våtkemisk analys.

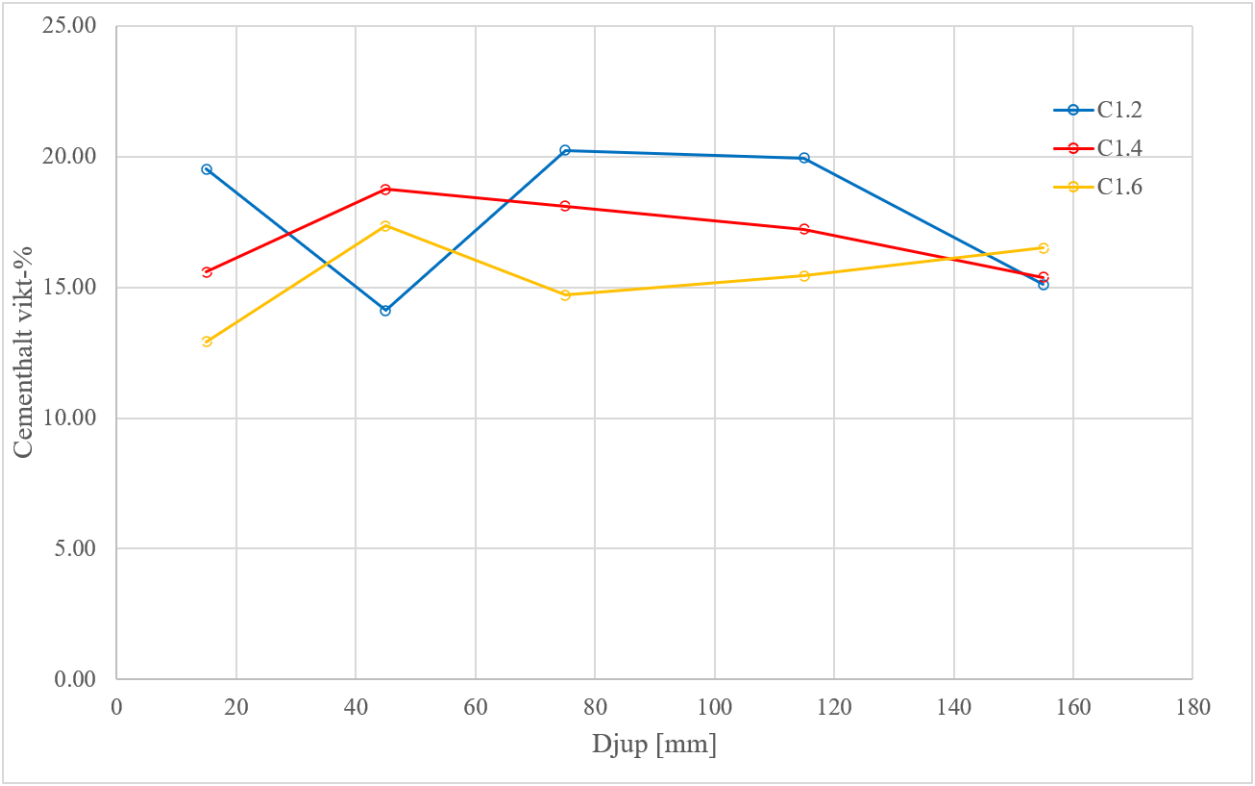
Märkning prov	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Mätdjup i borrkärna [mm]	Uppmätt Cl- i % av provvikt	Cementhalt (% av provvikt)	% Cl av cementhalt
C1.2	V	3,9	10–20	0,7469	19,53	3,8
C1.2	V	3,9	40–50	0,4656	14,11	3,3
C1.2	V	3,9	70–80	0,5367	20,24	2,7
C1.2	V	3,9	110–120	0,3722	19,94	1,9
C1.2	V	3,9	150–160	0,1582	15,11	1,0
C1.4	V/S	7,7	10–20	0,4296	15,58	2,8
C1.4	V/S	7,7	40–50	0,3995	18,76	2,1
C1.4	V/S	7,7	70–80	0,3346	18,10	1,8
C1.4	V/S	7,7	110–120	0,1935	17,23	1,1
C1.4	V/S	7,7	150–160	0,0853	15,39	0,6

Märkning prov	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Mätdjup i borrkärna [mm]	Uppmätt Cl- i % av provvikt	Cementhalt (% av provvikt)	% Cl av cementhalt
C1.6	L	12,5	10–20	0,2892	12,92	2,2
C1.6	L	12,5	40–50	0,2121	17,35	1,2
C1.6	L	12,5	70–80	0,1260	14,70	0,9
C1.6	L	12,5	110–120	0,0607	15,44	0,4
C1.6	L	12,5	150–160	0,0338	16,51	0,2



Figur 7.4. Kloridhalt i betongen för kärnor från cirkulär påle C1 bestämd med våtkemisk analys.

Figur 7.5 visar att cementhalten varierar mellan de analyserade proven och djupen. Medelvärdet för de uppmätta cementhalterna är 16,7%. Notera att figuren visar en spridning av cementhalten (ca +/- 5%) vilket visar att resultaten i ovan tabeller ska tolkas med viss försiktighet. Detta kan ha sin förklaring i variationer i ballastinnehåll där prov med stor andel ballast har lägre cementhalt och prov med liten andel ballast har större cementhalt.



Figur 7.5. Cementhalt i betongen uttryckt i vikt-% för kärnor från cirkulär påle C1 bestämd med våtkemisk analys.

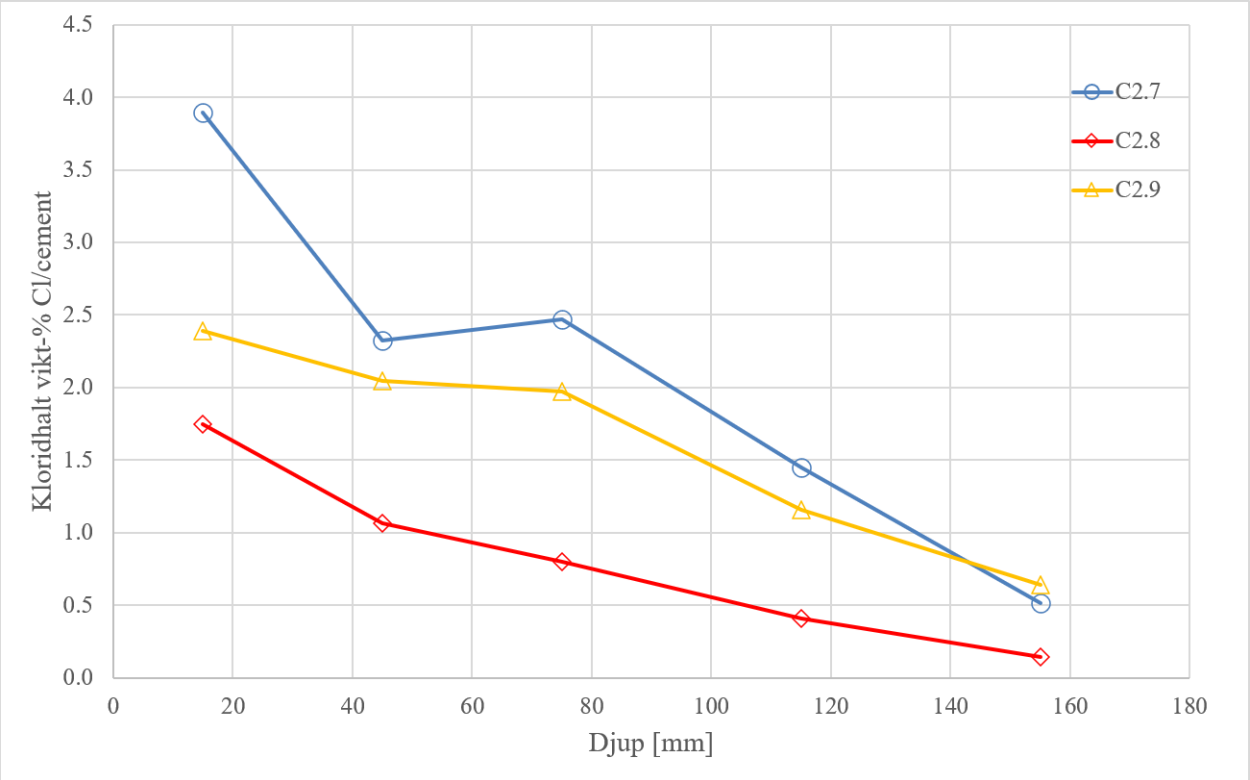
7.4.4 Cirkulär påle C2 (provtagningsomgång 2)

Från Tabell 7-14 och Figur 7.6 framgår att förhöjda kloridhalter har uppmätts i samtliga undersökta prov. Kärnorna C2.7 och C2.9, utborrade från den grundaste delen (exponerad för vatten) respektive djupaste delen (exponerad för lera) av pålen, har högst kloridhalter.

Tabell 7-14. Kloridhalt uppmätt som Cl- i % av provvikt samt uppskattad Cl- i % av cementvikt, för cirkulär påle C2.

Märkning prov	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Mätdjup i borrkärna [mm]	Uppmätt Cl- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt	
					Cementhalt 18% vct 0,40	Spridnings-intervall +/-5%
C2.7	V	2,4	10–20	0,693	3,9	5,4/3,0
C2.7	V	2,4	40–50	0,413	2,3	3,2/1,8
C2.7	V	2,4	70–80	0,440	2,5	3,4/1,9
C2.7	V	2,4	110–120	0,259	1,5	2,0/1,1
C2.7	V	2,4	150–160	0,091	0,5	0,7/0,4
C2.8	V/S	6,8	10–20	0,312	1,8	2,4/1,4
C2.8	V/S	6,8	40–50	0,189	1,1	1,5/0,8
C2.8	V/S	6,8	70–80	0,143	0,8	1,1/0,6

Märkning prov	Miljö	Läge (rel. uk isskydd) [m]	Mätdjup i borrkärna [mm]	Uppmätt Cl- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt	
					Cementhalt 18% vct 0,40	Spridnings-intervall +/-5%
C2.8	V/S	6,8	110–120	0,073	0,4	0,6/0,3
C2.8	V/S	6,8	150–160	0,025	0,1	0,2/0,1
C2.9	L	11,2	10–20	0,426	2,4	3,3/1,9
C2.9	L	11,2	40–50	0,365	2,0	2,8/1,6
C2.9	L	11,2	70–80	0,352	2,0	2,7/1,5
C2.9	L	11,2	110–120	0,206	1,2	1,6/0,9
C2.9	L	11,2	150–160	0,114	0,6	0,9/0,5



Figur 7.6. Kloridhalt i betongen för kärnor från cirkulär påle C2.

7.5 Mikroskopi – Kemiska angrepp och ASR

För att undersöka betongens tillstånd med avseende på kemiska angrepp har en analys av betongen i tunnslip utförts. Undersökningen är utförd av RISE och ursprunglig rapport finns i Bilaga F. Prover som undersökts med mikroskopi har hämtats från cirkulär påle C1, borrkärna:

- C1.2T (från del av påle som varit exponerad för vatten)
- C1.3T (från del av påle som varit exponerad för sediment)
- C1.6T (från del av påle som varit exponerad för lera)

Tunnslipens storlek var 45x25 mm, hämtad från 0–45 mm djup i borrkärnan, och består av betong impregnerad med fluorescerande epoxi.

Några av resultaten från provningen sammanfattas punktvis nedan (för redovisning av samtliga resultat, se Bilaga F):

- Inga grova sprickor, och således inga tecken på frostangrepp, ASR eller delaminering på grund av armeringskorrosion
- Betongens vct uppskattas till 0,45 (+/-0,05)
- Utfällningar av sekundärt bildad ettringit, som indikerar ytliga kemiska angrepp/ytliga sulfatangrepp
- Små karbonatiseringsdjup, lokala avvikelser med större djup förekom

8 Diskussion av provresultat

8.1 Visuell bedömning av pålar och utborrade kärnor

Betongen i samtliga kärnor för både kvadratisk och cirkulär påle är homogen och väl kompakterad. Det finns en del luftporer och största stenstorlek (d_{max}) är ca 30–40 mm. Ballast utgörs av krossballast för kvadratiska pålar och naturballast för cirkulära pålar. Ballasten består av flera olika bergarter och det finns inga tecken på att ballasten är reaktiv. I kärnorna finns armering och täckande betongskikt har uppmätts till ca 55 mm för kvadratisk påle och ca 40 mm cirkulära pålar. Det finns inga synliga tecken på armeringskorrosion på avborrade och frambilade armeringsjärn. På några bilder i Bilaga A, på kärnor med avborrade armeringsjärn, syns rost. Kärnorna har bevarats utomhus, och redan några minuter efter uttag kunde korrosion på armeringen observeras.

I några fall förekommer vita utfällningar i kärnorna i en del större porer (kalk/ettringit eller gips). Dessa har även observerats vid tunnslipsanalysen och är troligtvis ett resultat av långvarig exponering för fukt.

8.2 Tryckhållfasthet

Uppmätta tryckhållfastheter visar att betongen i samtliga undersökta pålar har hög hållfasthet. En utvärdering av tryckhållfastheten visar hållfasthetsklass C90/105 för den kvadratiska pålen och C70/85 för de cirkulära pålarna. Omräknat indikerar det en ursprunglig hållfasthetsklass C50/60 respektive C45/55. Utifrån denna information är betongens vct ca 0,35–0,40 för den kvadratiska pålen och 0,40 för de cirkulära.

Resultaten indikerar att betongens mekaniska egenskaper inte har påverkats negativt av mångårig exponering varken från den omgivande leran eller vatten.

8.3 Karbonatiseringsdjup

Uppmätta karbonatiseringsdjup är generellt små för både kvadratisk och cirkulär påle och det finns ingen påverkan från omgivande miljö. Två prover sticker ut med större karbonatiseringsdjup, men orsaken till detta är okänd. Tunnslipen visar att cementpastan är något karbonatiserad till ett djup av 1–2 mm, med några lokala variationer.

Karbonatisering är en långsam process och karbonatiseringsdjupets tillväxt är proportionellt mot kvadratroten av tiden. En förutsättning för detta samband är att varken miljö eller betong ändrar sig med tiden, något som kan antas gälla här. En prognos av karbonatiseringsdjupets tillväxt över tid visar att de små uppmätta karbonatiseringsdjupen efter 50 år (<1 mm) skulle vara cirka 2 mm efter 100 år. Generellt var de uppmätta täckskikten till armeringen 40–55 mm, således kan slutsatsen dras att det inte finns någon generell risk för armeringskorrosion på grund av karbonatisering under överskådlig tid. Så länge armeringen ligger på rätt position kommer karbonatiseringen inte att nå in till armeringens nivå. Eftersom tillgången på syre är mycket begränsad för de undersökta pålarna kommer det inte finnas förutsättningar för att korrosion skall kunna fortskrida med någon större hastighet. Att karbonatiseringen når armeringen betyder alltså inte automatiskt att armeringens livslängd är uppnådd.

8.4 Kloridhalt i betongen

Resultaten som redovisas i kapitel 7.4 visar att de borrkärnor som kommer från delar av påle exponerad för vatten uppvisar i de flesta fall högst kloridhalt.

Av resultaten för kvadratisk påle kan noteras att det inte är någon skillnad mellan de olika proverna, vilket betyder att det har uppmätts samma kloridinträngning i delar av pålen som varit exponerad för vatten, sediment och lera.

Kloridhalten i cirkulär påle C1 har bestämts både med RCT-metoden och våtkemisk analys. I analysen med våtkemisk metod har även cementhalten bestämts. För kloridhalt enligt RCT anges även ett spridningsintervall, på grund av att man med denna metod uppskattar cementhalten. Med våtkemisk analys bestämmer man cementhalten, dvs resultaten blir säkrare. Trots detta visar bestämningen av cementhalt att det finns en variation mellan 12,9–20,2%. Det spelar också stor roll på vilket sätt man tagit ut proverna för RCT, prover från borrkax ger en mycket större osäkerhet (och större spridningsintervall) än prover från borrkärnor. Genom att mala ner en disk så skapar man en större provmängd per provpunkt vilket ökar sannolikheten för att få ett representativt prov. Resultaten från den våtkemiska analysen för påle i föreliggande rapport visar att proverna som tagits från denna påle och analyserats med RCT-metoden representerar betongens sammansättning.

Resultaten för cirkulär påle C2 visar att det är högre kloridhalter i de borrkärnor som varit exponerade för vatten respektive lera, men lägre i kärnan från den del som varit exponerad för sediment. Detta resultat är något förvånande då det snarare borde uppvisat samma trend som resultaten för påle C1 respektive R1/R2/R3. Däremot kan man inte säga något om anledningen då det saknas information om var pålarna är pålarnas placering under drift.

För att bedöma risken för initiering av armeringskorrosion ska uppmätta kloridhalter jämföras med kloridtröskelvärdet, dvs. den kloridhalt vid armeringen där det kan finnas förutsättningar för uppkomst av korrosion. För den aktuella exponeringsmiljön och hållfasthetsklassen bedöms kloridtröskelvärdet vara ca 2,0% Cl/cement för slakarmering (marin undervattenszon), se t.ex. (Frederiksen m.fl. 1997).

Uppmätta kloridhalter vid armeringens nivå (TB till huvudarmering ca 40–55 mm) överstiger kloridtröskelvärdet 2,0%Cl/cement, dvs. det finns risk för initiering av armeringskorrosion orsakad av klorider. Det bör dock noteras att för korrosion skall kunna fortskrida krävs tillgång till både fukt och syre. I de aktuella pålarna finns tillgång till fukt men tillgången till syre är mycket begränsad, vilket betyder att det sannolikt inte finns förutsättningar för att korrosion ska kunna uppkomma eller fortskrida med någon större hastighet. Detta bekräftas också genom en visuell bedömning av den armering som fanns i utborrade kärnor, där det inte fanns några synliga tecken på korrosion.

8.5 Mikroskopi

Mikroskopi som undersökningsmetod är en bra metod för att detektera påverkan på betongen. Det kan dock vara komplicerat att omsätta tunnslipens ”mikronivå” till en betongkonstruktions ”makronivå”, speciellt om tunnslipen har gjorts på enstaka prov. Det är också viktigt att beakta att tunnslip görs på mycket tunna, tvådimensionella prov, vilket också påverkar analysresultaten. Detta är något som behöver beaktas när uttag av prov för tunnslip planeras.

Analysen visar att det inte finns någon nämnvärd påverkan på de undersökta pålarna varken från vatten, sediment eller lera.

8.6 Undersökning av armeringens status

Armeringens status undersöktes visuellt utan tecken på armeringskorrosion. Dessutom utfördes 3D-scanning av frilagda armeringsjärn för en cirkulär påle. Denna undersökning pekade på ett tvärsnittsbortfall på ca 4–5%. Det skulle kunna indikera korrosionsangrepp men mest sannolikt beror tvärsnittsbortfallet på tillverkningstoleranser.

9 Betong i olika vattenmättade miljöer

9.1 Jämförda SBUF-projekt

Två projekt har utförts för att studera hur betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden:

- Det tidigare rapporterade SBUF-projekt 14207 (Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden).
- Det här rapporterade SBUF-projekt 14508 (Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden – Del 2) betongpålar som dragits upp i Göteborgs hamn.

Nedan följer en kort jämförelse mellan projekten.

9.2 SBUF-projekt 14207 - (Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden)

I SBUF-projekt 14207 studerades 25 år gamla betongpålar som drogs upp i samband med byggandet av Västlänken E02-Centralen. De studerade pålarna hade i sin helhet

befunnit sig i leran och var ständigt under grundvattennivån. Porvattnet uppvisade kloridhalter mellan 1,0 % till 1,8 %. De uppmätta kloridhalterna i leran överskred den övre gränsen för vilket täckskikten enligt EKS 12 gäller. Källan till kloriderna bedöms vara det saltvatten som leran avsattes i. Enligt SS-EN 206 bör pålarnas exponeringsmiljö sättas till XS2. Resultaten visade bland annat att betongen hos de studerade pålarna var av hög kvalitet samt att varken betong eller armering var utsatt för någon problematik kopplad till karbonatisering, klorider eller kemiska angrepp. Däremot uppmättes förhöjda kloridhalter i de undersökta borrkärnorna även i nivå med armeringen. Det kunde även identifieras ett tydligt samband mellan djup i leran och kloridhalter. Avsaknaden av armeringskorrosion beror troligen på den begränsade tillgången på syre i leran.

9.3 SBUF-projekt 14508 - (Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden – Del 2)

Betongpålarna i SBUF-projekt 14508 har dragits upp i samband med byggnation i Göteborgs hamn (Skandiahamnen - Projekt Skandiaporten). Pålarna som har undersökts har stått i kajkanten i vatten. Under vattnet är jordlagerföljden sediment och lera. Vid en av Sjöfartsverkets mätstationer i närheten av Skandiahamnen varierar kloridkoncentrationen i vattnet mellan ca 0,22–1,54% (ökar med djupet). Kloridkoncentrationen i sedimentet och leran har inte kunnat bestämmas i projektet, dock antas det finnas en koppling till kloridkoncentrationen i vattnet, detta speciellt för sedimentet.

Två typer av påle har studerats, kvadratisk påle som är ca 12 år gammal (tillverkad 2013) och cirkulär påle som är ca 60 år gammal (från 1960-talet). Resultaten för tryckhållfasthet, karbonatisering och kloridhalter är i stora delar väldigt lika resultaten i SBUF-projekt 14207; betongen är av en hög kvalitet och det finns inga synliga tecken på korrosion eller kemiska angrepp. Även här uppmättes förhöjda kloridhalter i nivå med armeringen. Avsaknaden av armeringskorrosion bedöms även här vara avsaknad av tillgång på syre.

Resultaten från Skandiahamnen indikerar att kloridinträngningen är mer omfattad på de delar av pålarna som varit exponerade direkt för havsvatten jämfört med de delar av pålarna som varit exponerad för lera. Både den delen av en påle som stått i vatten respektive delen av en påle som stått i lera får anses tillhöra exponeringsklass XS2 enligt definitionen i SS-EN 206vilket i detta fall skulle vara ett antagande på säker sida för delen som står i lera. Detta bedöms ha att göra med att pålen i vatten har konstant tillförsel av klorider på grund av strömningen av vattnet men pålen i lera har mer begränsad tillförsel.

9.4 Begränsning av gjorda jämförelser

Skillnaderna avseende bland annat pålarnas i ålder, betongsammansättning och exponeringsmiljö, försvårar möjligheten att dra mer definitiva slutsatser av jämförelsen. För att dra mer omfattande slutsatser behövs någon form av modellering.

10 Slutsatser

Baserat på de utförda undersökningarna kan följande slutsatser dras.

Vid visuell bedömning av pålarna kunde inga synliga tecken på skador eller nedbrytning upptäckas. Det fanns inga tecken på att den yttre ytan av kärnorna har påverkats av exponering från eventuellt skadliga ämnen i den omgivande miljön. Därtill kan nämnas att betongen upplevdes hård vid bilning och borrning.

Provning av betongens tryckhållfasthet visade att betongen var av hög kvalitet för både undersökta kvadratiska och cirkulära pålar och att betongens hållfasthetsklass var ca C90/105 respektive C70/85. En omräkning till 28-dygnshållfastheter visar att de ursprungliga hållfasthetsklasserna var ca C50/60 respektive C45/55. Dvs en betydande hållfasthetstillväxten har inträffat över tid. Resultaten indikerar att betongens mekaniska egenskaper inte har påverkats negativt av mångårig exponering från den omgivande miljön.

De undersökta kvadratiska pålarna är av anläggningscement och de cirkulära pålarna är sannolikt av Portlandcement. De stickprovsundersökningar som utfördes med avseende på kemiska angrepp kunde inte påvisa någon nämnvärd påverkan på betongen.

Generellt så är de uppmätta karbonatiseringsdjupen små. En prognostisering, baserad på att karbonatiseringsdjupets tillväxt är proportionellt mot kvadratroten av tiden, indikerar att så länge armeringen ligger på rätt position kommer karbonatiseringen inte att nå in till armeringens nivå under lång tid och bedömer att karbonatisering inte kommer ha någon negativ inverkan på pålarna.

Arean under kloridinträngningsprofilen avspeglar kloridinträngningens storlek. Kloridinträngningen i pålarna uppvisade höga nivåer både för delar av pålen som exponerats för havsvatten respektive lera (högst i de delar som varit exponerade för havsvatten). Även om kloridhalterna översteg förväntade kloridtröskelvärden så kunde ingen betydande armeringskorrosion konstateras, vilket troligen beror på att det i leran är begränsad tillgång på syre.

Resultaten från genomförda undersökningar visar att det gränsvärde för kloridhalt i betongen i nivå med armeringen enligt TRVINFRA-00228, 4.2.2.1.1 och AMA Anläggning, EBE.12 (0,3% Cl av cementhalt) är mycket konservativt för betongkonstruktioner exponerade i marin undervattensmiljö (XS2). Mer rimliga gränsvärden för kloridhalt i betongen i nivå med armeringen är de som redovisas i Frederiksen m.fl. (1997).

Förutom angrepp på betong och armering för pålar i aggressiva markförhållanden är även beslag en kritisk del av konstruktionen. Ett förslag på fortsatta studier är att undersöka beslag(pålskarv) direkt vid uppdragning.

11 Referenser

SBUF-projekt 14207 (Betongpålar utsatta för aggressiva markförhållanden)

AASHTO T 260-21 – Sampling and Testing for Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials

Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder, EKS 12.

Frederiksen, J.M., Nilsson, L.-O., Poulsen, E., Sandberg, P., Tang L. & Andersen, A. (1997), HETEK, A system for estimation of chloride ingress into concrete, Theoretical background, Vejdirektoratet, HETEK-Report No. 83, København, 1997

SS-EN 14630:2006 Produkter och system för skydd och reparation av betongkonstruktioner - Provning av betong - Karbonatiseringsdjup.

SS-EN 12390-7:2019 Testing hardened concrete - Part 7: Density of hardened concrete.

SS-EN 13791:2019 Bedömning av tryckhållfasthet hos betong i konstruktioner och i prefabricerade betongelement.

SS-EN 206:2013+A2:2021 Betong - Specifikation, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse.

Betonghandboken Material, Del 2

Bilaga A – Foton på utborrade kärnor

Foton på de utborrade kärnorna finns i figurerna nedan. För samtliga figurer gäller att ytterytan är till vänster i respektive foto.

Figur A.1, Figur A.2, Figur A.3, Figur A.4 och Figur A.5 visar kärnor utborrade från kvadratisk påle.

Figur A.6, Figur A.7, Figur A.8, Figur A.9, Figur A.10, Figur A.11, Figur A.12 och Figur A.13 visar kärnor utborrade från rund påle C1.

Figur A.14, Figur A.15, Figur A.16 och Figur A.17 visar kärnor utborrade från rund påle C2.

Figur A.18-Figur A.21 visar kärnor utborrade från cirkulär påle, del R1.

Figur A.22-Figur A.24 visar kärnor utborrade från cirkulär påle, del R2.

Figur A.25 och Figur A.26 visar kärnor utborrade från cirkulär påle, del R3.



Figur A.1. Foto på kärna A1.



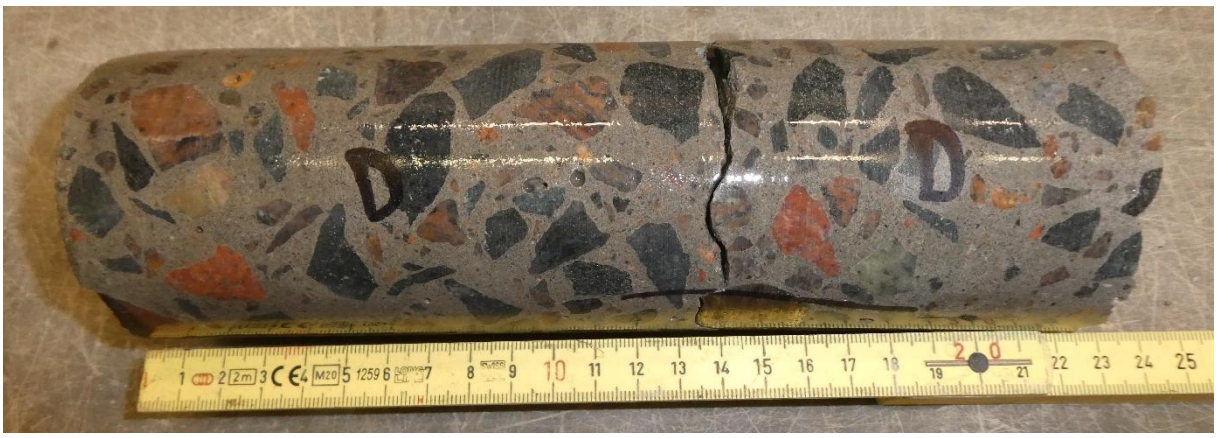
Figur A.2. Foto på kärna A2.



Figur A.3. Foto på kärna B.



Figur A.4. Foto på kärna C.



Figur A.5. Foto på kärna D.



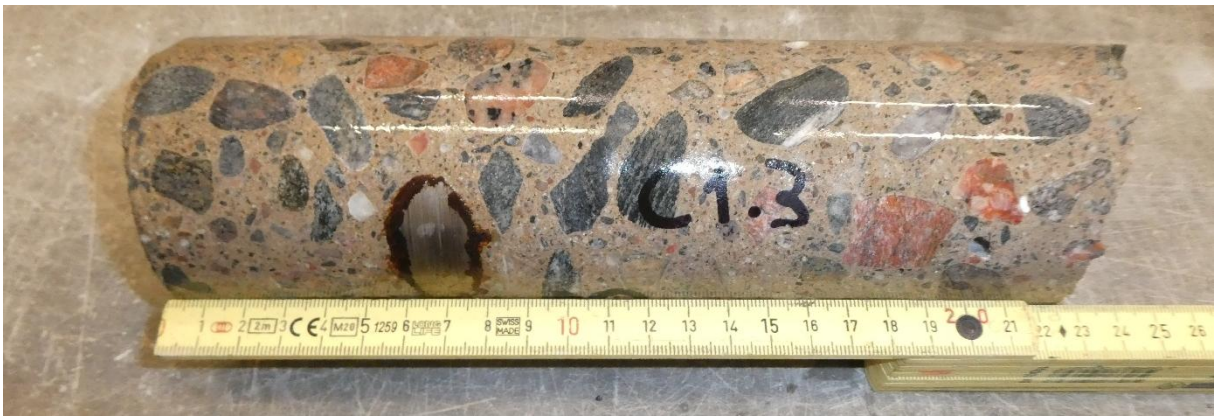
Figur A.6. Foto på kärna C1.1.



Figur A.7. Foto på kärna C1.2.



Figur A.8. Foto på kärna C1.2T.



Figur A.9. Foto på kärna C1.3.



Figur A.10. Foto på kärna C1.4.



Figur A.11. Foto på kärna C1.5.



Figur A.12. Foto på kärna C1.6.



Figur A.13. Foto på kärna C1.6T.



Figur A.14. Foto på kärna C2.7.



Figur A.15. Foto på kärna C2.8.



Figur A.16. Foto på kärna C2.8D



Figur A.17. Foto på kärna C2.9.



Figur A.18. Foto på kärna R1.1.



Figur A.19. Foto på kärna R1.2.



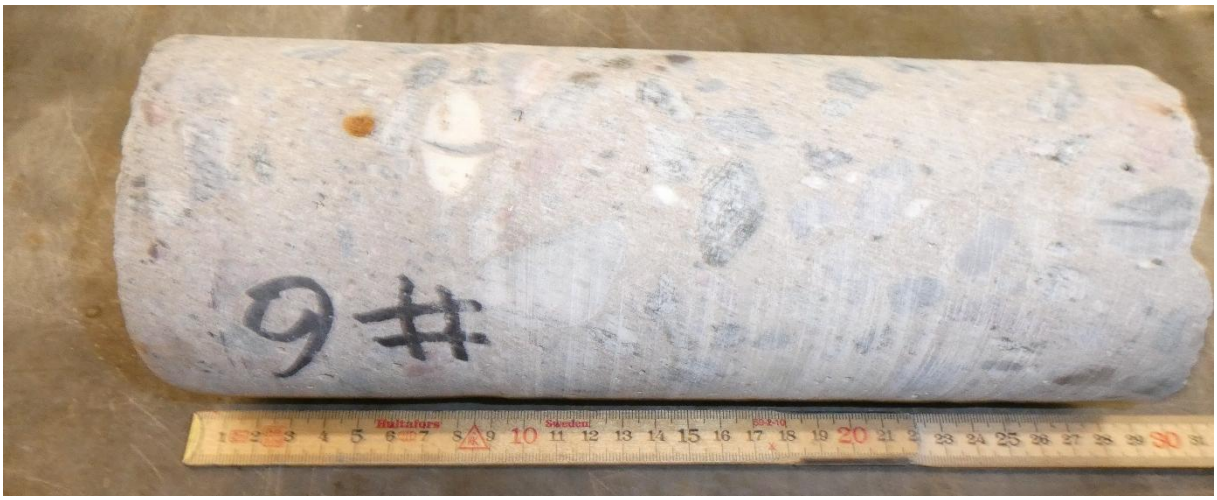
Figur A.20. Foto på kärna R1.3.



Figur A.21. Foto på kärna R1.4.



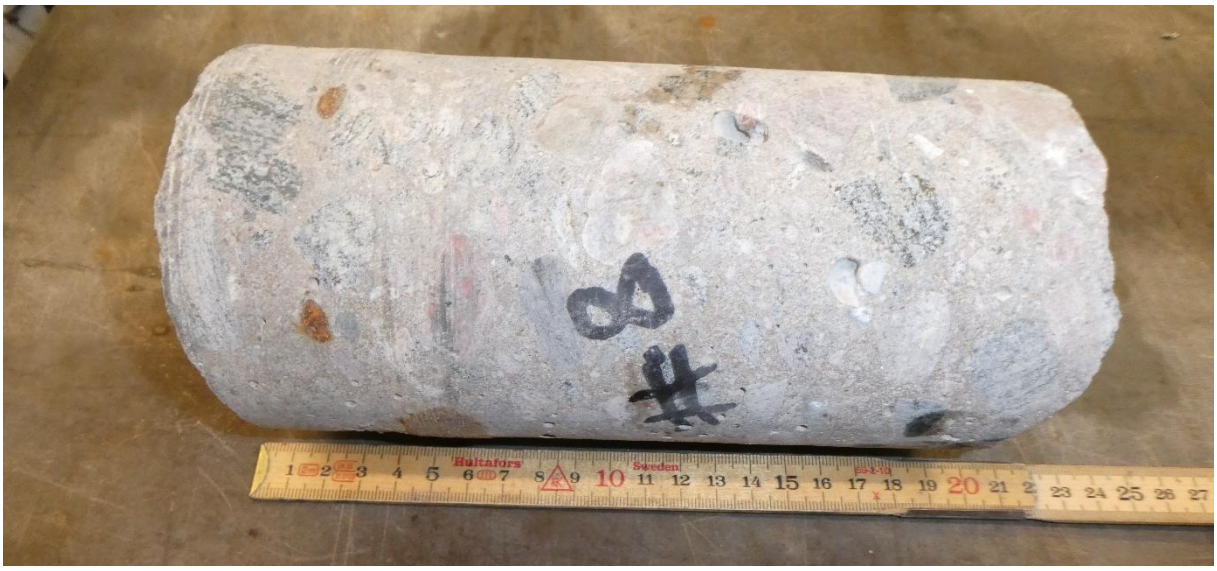
Figur A.22. Foto på kärna R2.5



Figur A.23. Foto på kärna R2.6.



Figur A.24. Foto på kärna R2.7.



Figur A.25. Foto på kärna R3.8.



Figur A.26. Foto på kärna R3.9.

Bilaga B – Provningsrapport tryckhållfasthet

C-lab®
Thomas Concrete Group

SWEDAC ACKREDITERING
Ackred. nr. 1321
Provning
ISO/IEC 17025

RAPPORT
utfärdat av ackrediterat provningslaboratorium
TEST REPORT issued by an Accredited Testing Laboratory

Provnr **20251985**

Provningsrapport för SS-EN 12390-3:2019 – Tryckhållfasthet

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth
Intraservice
405 38 Göteborg

Gjutningsdatum

Ankomstdatum
2025-04-16

Typ av provobjekt
Cyl d=99 mm

Analys start
2025-05-27

Analys slut
2025-05-30

Antal provobjekt
4 st

Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Leverantör

Provtagningsplats
Betongpålar. Göteborgs hamn.

Entreprenör

Provtagare

Objekt

Märkning
1, 3, 4, 5

Hållfasthetsklass

Cementhalt

Cementfabrikat och -typ

Tillsatsmedel

Mängd i % / kg av cementhalten

Produkt

Börvärde		Uppmätt värde			
Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Betongtemperatur, uppmätt (°C)	VCT / VBT, börvärde
				Max stenstorlek (mm)	VCT / VBT, uppmätt värde

Provningsresultat

Märkning	Tryck-ålder (dygn)	h (mm)	d (mm)	h/d	Densitet (kg/m³)	Brott-last (kN)	Hållfasthet (MPa)
1		**98,3**	**98,9**	**0,99**	**2370**	**671,0**	**87,4**
3		**98,2**	**98,6**	**1,00**	**2350**	**540,7**	**70,8**
4		**98,4**	**98,7**	**1,00**	**2370**	**591,6**	**77,3**
5		**98,2**	**98,7**	**1,00**	**2370**	**546,2**	**71,4**

Notering
Densitet är bestämd genom mätning enligt SS-EN 12390-7:2019/AC:2020 (Ackrediterad metod).
Provkroppens dimensioner (tryckyta och volym) är uppmätt enligt SS-EN 12390-3 bilaga B.
Prov har lagrats minst 3 dygn i klimatrum, temperatur 20,0±2,0°C och RF 65±5%.
Original till Anders

Ort och datum
Göteborg 2025-06-09

Niclas Berntsson, teknisk handläggare
Digital signatur

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande labortatorium i förväg godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

B115 2025-02-12 Utvidgad mätosäkerhet SS-EN 12390-3: U=2u= ±1,2 MPa, SS-EN 12390-7: U=2u= ±10 kg/m³

C-lab®
Thomas Concrete Group

Ackred. nr. 1321
Provning
ISO/IEC 17025

RAPPORT
utfärdat av ackrediterat provningslaboratorium
TEST REPORT issued by an Accredited Testing Laboratory

Provnr **20251986**

Provningsrapport för SS-EN 12390-3:2019 – Tryckhållfasthet

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth
Intraservice
405 38 Göteborg

Gjutningsdatum

Ankomstdatum
2025-04-16

Typ av provobjekt
Cyl d=99 mm

Analys start
2025-05-27

Analys slut
2025-05-30

Antal provobjekt
2 st

Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Leverantör

Provtagningsplats
Betongpålar. Göteborgs hamn.

Entreprenör

Provtagare

Objekt

Märkning
7, 8

Hållfasthetsklass

Cementhalt

Cementfabrikat och -typ

Tillsatsmedel

Mängd i % / kg av cementhalten

Produkt

Börvärde Konsistens (mm)	Börvärde Lufthalt (%)	Uppmätt värde Konsistens (mm)	Uppmätt värde Lufthalt (%)	Betongtemperatur, uppmätt (°C)	VCT / VBT, börvärde
				Max stenstorlek (mm)	VCT / VBT, uppmätt värde

Provningsresultat

Märkning	Tryck-ålder (dygn)	h (mm)	d (mm)	h/d	Densitet (kg/m³)	Brott-last (kN)	Hållfasthet (MPa)
7		**98,6**	**98,7**	**1,00**	**2360**	**555,2**	**72,6**
8		**98,2**	**98,5**	**1,00**	**2420**	**802,5**	**105,3**

Notering
Densitet är bestämd genom mätning enligt SS-EN 12390-7:2019/AC:2020 (Ackrediterad metod).
Provkroppens dimensioner (tryckyta och volym) är uppmätt enligt SS-EN 12390-3 bilaga B.
Prov har lagrats minst 3 dygn i klimatrum, temperatur 20,0±2,0°C och RF 65±5%.
Original till Anders

Ort och datum
Göteborg 2025-06-09

Niclas Berntsson, teknisk handläggare
Digital signatur

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande labortatorium i förväg godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

B115 2025-02-12 Utvidgad mätosäkerhet SS-EN 12390-3: U=2u= ±1,2 MPa, SS-EN 12390-7: U=2u= ±10 kg/m³

C-lab®
Thomas Concrete Group

SWEDAC ACKREDITERING
Ackred. nr. 1321
Provning
ISO/IEC 17025

RAPPORT
utfärdat av ackrediterat provningslaboratorium
TEST REPORT issued by an Accredited Testing Laboratory

Provnr **20252125**

Provningsrapport för SS-EN 12390-3:2019 – Tryckhållfasthet

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth
Intraservice
405 38 Göteborg

Gjutningsdatum

Ankomstdatum
2025-05-28

Typ av provobjekt
Cyl d=104 mm

Analys start
2025-06-04

Analys slut
2025-06-10

Antal provobjekt
2 st

Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Leverantör

Provtagningsplats

Entreprenör

Provtagare

Objekt

Märkning
28, 37

Hållfasthetsklass

Cementhalt

Cementfabrikat och -typ

Tillsatsmedel

Mängd i % / kg av cementhalten

Produkt

Börvärde		Uppmätt värde			
Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Betongtemperatur, uppmätt (°C)	VCT / VBT, börvärde
				Max stenstorlek (mm)	VCT / VBT, uppmätt värde

Provningsresultat

Märkning	Tryck-ålder (dygn)	h (mm)	d (mm)	h/d	Densitet (kg/m³)	Brott-last (kN)	Hållfasthet (MPa)
28		**103,4**	**103,7**	**1,00**	**2380**	**889,2**	**105,2**
37		**104,0**	**103,7**	**1,00**	**2600**	**734,5**	**86,9**
Resultat					**2490**		**96,1**

Notering
Densitet är bestämd genom mätning enligt SS-EN 12390-7:2019/AC:2020 (Ackrediterad metod).
Provkroppens dimensioner (tryckyta och volym) är uppmätt enligt SS-EN 12390-3 bilaga B.
Prov har lagrats minst 3 dygn i klimatrum, temperatur 20,0±2,0°C och RF 65±5%.
Original till Anders
28 har ett ej genomgående armeringsjärn d= 24 mm, 34 mm från övre tryckyta.
37 har ett ej genomgående armeringsjärn d= 24 mm, 53 mm från övre tryckyta.

Ort och datum
Göteborg 2025-06-13

Sebastian Hansson, teknisk handläggare
Digital signatur

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande labortatorium i förväg godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

B115 2025-02-12 Utvidgad mätosäkerhet SS-EN 12390-3: U=2u= ±1,2 MPa, SS-EN 12390-7: U=2u= ±10 kg/m³

C-lab®
Thomas Concrete Group

SWEDAC ACKREDITERING
Ackred. nr. 1321
Provning
ISO/IEC 17025

RAPPORT
utfärdat av ackrediterat provningslaboratorium
TEST REPORT issued by an Accredited Testing Laboratory

Provnr **20255251**

Provningsrapport för SS-EN 12390-3:2019 – Tryckhållfasthet

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth
Intraservice
405 38 Göteborg

Gjutningsdatum

Ankomstdatum
2025-12-10

Typ av provobjekt
Cyl d=71 mm

Analys start
2025-12-17

Analys slut
2025-12-22

Antal provobjekt
4 st

Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Leverantör

Provtagningsplats
Betongpålar

Entreprenör

Provtagare

Objekt

Märkning
A, B, C, D

Hållfasthetsklass

Cementhalt

Cementfabrikat och -typ

Tillsatsmedel

Mängd i % / kg av cementhalten

Produkt

Börvärde		Uppmätt värde			
Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Betongtemperatur, uppmätt (°C)	VCT / VBT, börvärde
				Max stenstorlek (mm)	VCT / VBT, uppmätt värde

Provningsresultat

Märkning	Tryck-ålder (dygn)	h (mm)	d (mm)	h/d	Densitet (kg/m³)	Brott-last (kN)	Omräkn.faktor enligt SS137207:2005	Hållfasthet omräknad (MPa)
A		**66,8**	**70,6**	**0,95**	**2390**	**365,5**	**1,02**	**91,5**
B		**70,1**	**70,5**	**0,99**	**2350**	**357,1**		**91,4**
C		**69,8**	**70,6**	**0,99**	**2450**	**379,5**		**97,0**
D		**68,6**	**70,6**	**0,97**	**2490**	**460,1**	**1,01**	**116,4**

Notering
Densitet är bestämd genom mätning enligt SS-EN 12390-7:2019/AC:2020 (Ackrediterad metod).
Provkroppens dimensioner (tryckyta och volym) är uppmätt enligt SS-EN 12390-3 bilaga B.
Kärnor från betongpålar Göteborgs hamn
Original till Anders

Ort och datum
Göteborg 2025-12-23

Sebastian Hansson, teknisk handläggare
Digital signatur

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande labortatorium i förväg godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

B115 2025-09-03 Utvidgad mätosäkerhet SS-EN 12390-3: U=2u= ±1,2 MPa, SS-EN 12390-7: U=2u= ±10 kg/m³

C-lab
Thomas Concrete Group

SWEDAC ACKREDITERING
Ackred. nr. 1321
Provning
ISO/IEC 17025

RAPPORT
utfärdat av ackrediterat provningslaboratorium
TEST REPORT issued by an Accredited Testing Laboratory

Provnr **20255254**

Provningsrapport för SS-EN 12390-3:2019 – Tryckhållfasthet

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth
Intraservice
405 38 Göteborg

Gjutningsdatum

Ankomstdatum
2025-12-10

Typ av provobjekt
Cyl d=71 mm

Analys start
2025-12-22

Analys slut
2025-12-29

Antal provobjekt
4 st

Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Leverantör

Provtagningsplats
Betongpålar

Entreprenör

Provtagare

Objekt

Märkning
C1.1, C1.2, C1.3, C1.4

Hållfasthetsklass

Cementhalt

Cementfabrikat och -typ

Tillsatsmedel

Mängd i % / kg av cementhalten

Produkt

Börvärde		Uppmätt värde			
Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Betongtemperatur, uppmätt (°C)	VCT / VBT, börvärde
				Max stenstorlek (mm)	VCT / VBT, uppmätt värde

Provningsresultat

Märkning	Tryck-ålder (dygn)	h (mm)	d (mm)	h/d	Densitet (kg/m³)	Brott-last (kN)	Omräkn.faktor enligt SS137207:2005	Hållfasthet omräknad (MPa)
C1.1		**70,2**	**70,6**	**0,99**	**2420**	**350,1**		**89,5**
C1.2		**68,8**	**70,5**	**0,97**	**2450**	**357,8**	**1,01**	**90,7**
C1.3		**70,6**	**70,6**	**1,00**	**2420**	**353,8**		**90,5**
C1.4		**69,6**	**70,6**	**0,99**	**2360**	**310,5**		**79,4**
Resultat					**2410**			**87,5**

Notering
Densitet är bestämd genom mätning enligt SS-EN 12390-7:2019/AC:2020 (Ackrediterad metod).
Provkroppens dimensioner (tryckyta och volym) är uppmätt enligt SS-EN 12390-3 bilaga B.
Original till Anders

Ort och datum
Göteborg 2026-01-07

Sebastian Hansson, teknisk handläggare
Digital signatur

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande labortatorium i förväg godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

B115 2025-09-03 Utvidgad mätosäkerhet SS-EN 12390-3: U=2u= ±1,2 MPa, SS-EN 12390-7: U=2u= ±10 kg/m³

C-lab®
Thomas Concrete Group

SWEDAC ACKREDITERING
Ackred. nr. 1321
Provning
ISO/IEC 17025

RAPPORT
utfärdat av ackrediterat provningslaboratorium
TEST REPORT issued by an Accredited Testing Laboratory

Provnr **20255257**

Provningsrapport för SS-EN 12390-3:2019 – Tryckhållfasthet

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth
Intraservice
405 38 Göteborg

Gjutningsdatum

Ankomstdatum
2025-12-10

Typ av provobjekt
Cyl d=71 mm

Analys start
2025-12-22

Analys slut
2025-12-29

Antal provobjekt
2 st

Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Leverantör

Provtagningsplats
Betongpålar

Entreprenör

Provtagare

Objekt

Märkning
C1.5, C1.6

Hållfasthetsklass

Cementhalt

Cementfabrikat och -typ

Tillsatsmedel

Mängd i % / kg av cementhalten

Produkt

Börvärde		Uppmätt värde			
Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Betongtemperatur, uppmätt (°C)	VCT / VBT, börvärde
				Max stenstorlek (mm)	VCT / VBT, uppmätt värde

Provningsresultat

Märkning	Tryck-ålder (dygn)	h (mm)	d (mm)	h/d	Densitet (kg/m³)	Brott-last (kN)	Omräkn.faktor enligt SS137207:2005	Hållfasthet omräknad (MPa)
C1.5		**68,2**	**70,6**	**0,97**	**2390**	**309,7**	**1,01**	**78,4**
C1.6		**69,9**	**70,7**	**0,99**	**2380**	**305,2**		**77,9**
Resultat					**2390**			**78,1**

Notering
Densitet är bestämd genom mätning enligt SS-EN 12390-7:2019/AC:2020 (Ackrediterad metod).
Provkroppens dimensioner (tryckyta och volym) är uppmätt enligt SS-EN 12390-3 bilaga B.
Original till Anders

Ort och datum
Göteborg 2026-01-07

Sebastian Hansson, teknisk handläggare
Digital signatur

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande labortatorium i förväg godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

B115 2025-09-03 Utvidgad mätosäkerhet SS-EN 12390-3: U=2u= ±1,2 MPa, SS-EN 12390-7: U=2u= ±10 kg/m³

C-lab®
Thomas Concrete Group

SWEDAC ACKREDITERING
Ackred. nr. 1321
Provning
ISO/IEC 17025

RAPPORT
utfärdat av ackrediterat provningslaboratorium
TEST REPORT issued by an Accredited Testing Laboratory

Provnr **20255274**

Provningsrapport för SS-EN 12390-3:2019 – Tryckhållfasthet

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth
Intraservice
405 38 Göteborg

Gjutningsdatum

Ankomstdatum
2025-12-10

Typ av provobjekt
Cyl d=71 mm

Analys start
2025-12-22

Analys slut
2025-12-29

Antal provobjekt
3 st

Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Leverantör

Provtagningsplats
Betongpålar

Entreprenör

Provtagare

Objekt

Märkning
C2.7, C2.8, C2.9

Hållfasthetsklass

Cementhalt

Cementfabrikat och -typ

Tillsatsmedel

Mängd i % / kg av cementhalten

Produkt

Börvärde		Uppmätt värde			
Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Betongtemperatur, uppmätt (°C)	VCT / VBT, börvärde
				Max stenstorlek (mm)	VCT / VBT, uppmätt värde

Provningsresultat

Märkning	Tryck-ålder (dygn)	h (mm)	d (mm)	h/d	Densitet (kg/m³)	Brott-last (kN)	Omräkn.faktor enligt SS137207:2005	Hållfasthet omräknad (MPa)
C2.7		**70,3**	**70,6**	**1,00**	**2430**	**366,5**		**93,6**
C2.8		**68,5**	**70,6**	**0,97**	**2400**	**337,6**	**1,01**	**85,5**
C2.9		**70,3**	**70,6**	**1,00**	**2410**	**341,4**		**87,3**
Resultat					**2410**			**88,8**

Notering
Densitet är bestämd genom mätning enligt SS-EN 12390-7:2019/AC:2020 (Ackrediterad metod).
Provkroppens dimensioner (tryckyta och volym) är uppmätt enligt SS-EN 12390-3 bilaga B.
Original till Anders

Ort och datum
Göteborg 2026-01-07

Sebastian Hansson, teknisk handläggare
Digital signatur

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande labortatorium i förväg godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

B115 2025-09-03 Utvidgad mätosäkerhet SS-EN 12390-3: U=2u= ±1,2 MPa, SS-EN 12390-7: U=2u= ±10 kg/m³

Bilaga C – Provningsrapport karbonatiseringsdjup

Provning av hårdnad betong - Bestämning av Karbonatiseringsdjup

Beställare	Projektnummer	Ankomstdatum
Göteborgs Hamn AB Henrik Granroth	2025-1987	2025-04-16

Uppgifter lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Provobjekt:	3 st cylindrar (d=99 mm)
Märkning:	2, 6, 9
Provtagningsplats:	C-lab
Provningsmetod:	**Karbonatiseringsdjup enligt SS-EN 14630:2006**
Littera:	Betongpålar Skandiahamnen
Notering:	-

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Provningen utförd i C-labs lokaler. Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

Resultat

Provningsdatum: 2025-06-04 Tid: 14:00

Provets märkning	Karbonatiseringsdjup (mm) lokalt max	medel	Notering
2	1	<1	
6	1	<1	
9	1	<1	

Övrigt: Mätning från ytan och in.
Avsteg från standarden i indikatorns sammansättning: 1 g thymolphthalein upplöst i 80 g etanol (96 %) och spädd med 20 g avjoniserat vatten.

Thomas Concrete Group AB
C-lab

Datum: 2025-06-24

Anders Lindvall
(Teknisk handläggare)

Oskar Esping
(Granskare)

B117 2025-02-27 Utvidgad mätosäkerhet U = 2u = ± 1 mm

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Provningen utförd i C-labs lokaler. Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

Provning av hårdnad betong - Bestämning av Karbonatiseringsdjup

Beställare	Projektnummer	Ankomstdatum
Göteborgs Hamn AB Henrik Granroth	2025-5252	2025-12-10

Uppgifter lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Provobjekt:	4 st cylindrar (d=71 mm)
Märkning:	A, B, C, D
Provtagningsplats:	C-lab
Provningsmetod:	**Karbonatiseringsdjup enligt SS-EN 14630:2006**
Littera:	Betongpålar Skandiahamnen
Notering:	-

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Provningen utförd i C-labs lokaler. Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

Resultat

Provningsdatum: 2025-12-18 Tid: 14:3 0

Provets märkning	Karbonatiseringsdjup (mm) lokalt max	medel	Notering
A	<1	<1	
B	<1	<1	
C	<1	<1	
D	<1	<1	

Övrigt: Mätning från ytan och in.
Avsteg från standarden i indikatorns sammansättning: 1 g thymolphthalein upplöst i 80 g etanol (96 %) och spädd med 20 g avjoniserat vatten.

Thomas Concrete Group AB
C-lab

Datum: 2025-12-19

Anders Lindvall
(Teknisk handläggare)

Oskar Esping
(Granskare)

B117 2025-02-27 Utvidgad mätosäkerhet U = 2u = ± 1 mm

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Provningen utförd i C-labs lokaler. Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

THOMAS CONCRETE GROUP AB
C-lab
Ringögatan 14
417 07 GÖTEBORG

0104-50 51 00
info@c-lab.se
www.c-lab.se

Bankgiro: 857-6597
Postgiro: 215331-0
Org.nr: 556062-2812

Provning av hårdnad betong - Bestämning av Karbonatiseringsdjup

Beställare	Projektnummer	Ankomstdatum
Göteborgs Hamn AB Henrik Granroth	2025-5255	2025-12-10

Uppgifter lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Provobjekt:	5 st cylindrar (d=71 mm)
Märkning:	C1.1, C1.2, C1.3, C1.4, C1.5, C1.6
Provtagningsplats:	C-lab
Provningsmetod:	**Karbonatiseringsdjup enligt SS-EN 14630:2006**
Littera:	Betongpålar Skandiahamnen
Notering:	-

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Provningen utförd i C-labs lokaler. Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

Resultat

Provningsdatum: 2025-12-18 Tid: 14:30

Provets märkning	Karbonatiseringsdjup (mm) lokalt max	medel	Notering
C1.1	<1	<1	
C1.2	<1	<1	
C1.3	<1	<1	
C1.4	<1	<1	
C1.5	<1	<1	
C1.6	5	5	

Övrigt: Mätning från ytan och in.
Avsteg från standarden i indikatorns sammansättning: 1 g thymolphthalein upplöst i 80 g etanol (96 %) och spädd med 20 g avjoniserat vatten.

Thomas Concrete Group AB
C-lab

Datum: 2025-12-19

Anders Lindvall
(Teknisk handläggare)

Oskar Esping
(Granskare)

B117 2025-02-27 Utvidgad mätosäkerhet U = 2u = ± 1 mm

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Provningen utförd i C-labs lokaler. Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

THOMAS CONCRETE GROUP AB
C-lab
Ringögatan 14
417 07 GÖTEBORG

0104-50 51 00
info@c-lab.se
www.c-lab.se

Bankgiro: 857-6597
Postgiro: 215331-0
Org.nr: 556062-2812

Provning av hårdnad betong - Bestämning av Karbonatiseringsdjup

Beställare	Projektnummer	Ankomstdatum
Göteborgs Hamn AB Henrik Granroth	2025-5275	2025-12-10

Uppgifter lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Provobjekt:	3 st cylindrar (d=71 mm)
Märkning:	C2.7, C2.8, C2.9
Provtagningsplats:	C-lab
Provningsmetod:	**Karbonatiseringsdjup enligt SS-EN 14630:2006**
Littera:	Betongpålar Skandiahamnen
Notering:	-

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Provningen utförd i C-labs lokaler. Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

Resultat

Provningsdatum: 2025-12-18 Tid: 16:3 0

Provets märkning	Karbonatiseringsdjup (mm) lokalt max	medel	Notering
C2.7	21	21	
C2.8	<1	<1	
C2.9	<1	<1	

Övrigt: Mätning från ytan och in.
Avsteg från standarden i indikatorns sammansättning: 1 g thymolphthalein upplöst i 80 g etanol (96 %) och spädd med 20 g avjoniserat vatten.

Thomas Concrete Group AB
C-lab

Datum: 2025-12-19

Anders Lindvall
(Teknisk handläggare)

Oskar Esping
(Granskare)

B117 2025-02-27 Utvidgad mätosäkerhet U = 2u = ± 1 mm

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Provningen utförd i C-labs lokaler. Resultaten avser endast provade objekt såsom det har mottagits.

THOMAS CONCRETE GROUP AB
C-lab
Ringögatan 14
417 07 GÖTEBORG

0104-50 51 00
info@c-lab.se
www.c-lab.se

Bankgiro: 857-6597
Postgiro: 215331-0
Org.nr: 556062-2812

Bilaga D – Provningsrapport klorider

Thomas Concrete Group

Beställare	Projektnummer	Datum
Göteborgs Hamn AB Henrik Granroth	2025-1988	2025-06-24

Bestämning av Kloridhalt i hårdnad betong

Provföremål
5 kärnor (*d*=99 mm).

Provtagningsplats
Betongpålar Skandiahamnen.

Ankomstdatum
2025-04-16

Provningsdatum
2025-06-17

Provningsmetod
Kloridhalten har bestämts enligt C.lab Metod 1 (Rapid Chloride Test). Kloridhalten redovisas som kloridjonhalt i procent av betongprovets vikt. Om cementmängden i provet är känd kan den uppmätta kloridhalten räknas till kloridjonhalt i procent av cementets vikt. Cementmängden kan antas beroende på betongkvaliteten. I de fall då delproven består av betongkärnor med diametern mindre än 3,5 gånger ballastens största storlek, kan lokala variationer i betongen resultera i att delprov innehåller en cementmängd som väsentligt skiljer sig från den antagna.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten avser endast provade objekt.

THOMAS CONCRETE GROUP AB
C-lab
Ringögatan 14
417 07 GÖTEBORG

Besöksadress
Ringögatan 14

Tel: 0104-50 51 00
Fax: 0104-50 51 01
www.c-lab.se

Bankgiro: 857-6597
Postgiro: 215331-0
Org.nr: 556062-2812

Provningsresultat

Märkning Prov	Mätdjup [mm]	Uppmätt Cl^- i % av provvikt	Utvidgad mätosäkerhet Cl^- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt* K50
3 10-20	10-20	0,555	0,114	3,1
3 40-50	40-50	0,642	0,132	3,6
3 60-90	60-90	0,505	0,104	2,8
3 110-120	110-120	0,441	0,090	2,5
4 10-20	10-20	0,518	0,106	2,9
4 40-50	40-50	0,644	0,132	3,6
4 60-90	60-90	0,351	0,072	2,0
4 110-120	110-120	0,306	0,063	1,7
4 140-150	140-150	0,306	0,063	1,7
5 10-20	10-20	0,231	0,047	1,3
5 40-50	40-50	0,179	0,037	1,0
5 80-90	80-90	0,200	0,041	1,1
5 110-120	110-120	0,135	0,028	0,8
5 140-150	140-150	0,134	0,027	0,8
7 10-20	10-20	0,143	0,029	0,8
7 40-50	40-50	0,099	0,021	0,6
7 60-90	60-90	0,158	0,032	0,9
7 110-120	110-120	0,126	0,026	0,7
9 10-20	10-20	0,158	0,032	0,9
9 40-60	40-60	0,155	0,032	0,9
9 80-90	80-90	0,118	0,024	0,7
9 110-120	110-120	0,222	0,046	1,2
9 140-150	140-150	0,124	0,025	0,7

* Antagen cementhalt: ca 18 vikt% (K50).

Thomas Concrete Group AB
C-lab

Anders Lindvall
Teknisk Handläggare

Oskar Esping
Tekniskt Ansvarig

B125 2021-12-22

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten avser endast provade objekt.

THOMAS CONCRETE GROUP AB
C-lab
Ringögatan 14
417 07 GÖTEBORG

Besöksadress
Ringögatan 14

Tel: 0104-50 51 00
Fax: 0104-50 51 01
www.c-lab.se

Bankgiro: 857-6597
Postgiro: 215331-0
Org.nr: 556062-2812

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth

Projektnummer
2025-5253

Datum
2026-01-07

Bestämning av Kloridhalt i hårdnad betong

Provföremål
4 kärnor (*d*=71 mm).

Provtagningsplats
Betongpålar Skandiahamnen.

Ankomstdatum
2025-12-10

Provningsdatum
2026-01-07

Provningsmetod
Kloridhalten har bestämts enligt C.lab Metod 1 (Rapid Chloride Test). Kloridhalten redovisas som kloridjonhalt i procent av betongprovets vikt. Om cementmängden i provet är känd kan den uppmätta kloridhalten räknas till kloridjonhalt i procent av cementets vikt. Cementmängden kan antas beroende på betongkvaliteten. I de fall då delproven består av betongkärnor med diametern mindre än 3,5 gånger ballastens största storlek, kan lokala variationer i betongen resultera i att delprov innehåller en cementmängd som väsentligt skiljer sig från den antagna.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten avser endast provade objekt.

THOMAS CONCRETE GROUP AB
C-lab
Ringögatan 14
417 07 GÖTEBORG

Besöksadress
Ringögatan 14

Tel: 0104-50 51 00
Fax: 0104-50 51 01
www.c-lab.se

Bankgiro: 857-6597
Postgiro: 215331-0
Org.nr: 556062-2812

Provningsresultat

Märkning Prov	Mätdjup [mm]	Uppmätt Cl^- i % av provvikt	Utvidgad mätosäkerhet Cl^- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt*
				K50
A 10-20	10-20	0,343	0,070	1,9
A 40-50	40-50	0,146	0,030	0,8
A 70-80	70-80	0,007	0,006	<0,1
A 110-120	110-120	0,005	0,004	<0,1
A 140-150	140-150	0,005	0,004	<0,1
B 10-20	10-20	0,341	0,070	1,9
B 40-50	40-50	0,082	0,021	0,5
B 70-80	70-80	0,005	0,004	<0,1
B 110-120	110-120	0,005	0,004	<0,1
B 140-150	140-150	0,005	0,004	<0,1
C 10-20	10-20	0,359	0,074	2,0
C 40-50	40-50	0,133	0,027	0,7
C 70-80	70-80	0,007	0,006	<0,1
C 110-120	110-120	0,005	0,004	<0,1
C 160-170	160-170	0,005	0,004	<0,1
D 10-20	10-20	0,350	0,072	2,0
D 40-50	40-50	0,119	0,024	0,7
D 70-80	70-80	0,005	0,004	<0,1
D 110-120	110-120	0,005	0,004	<0,1
D 160-170	160-170	0,005	0,004	<0,1

* Antagen cementhalt: ca 18 vikt% (K50).

Thomas Concrete Group AB
C-lab

Anders Lindvall
Teknisk Handläggare

Oskar Esping
Tekniskt Ansvarig

B125 2021-12-22

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt.

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth

Projektnummer
2025-5256

Datum
2026-01-07

Bestämning av Kloridhalt i hårdnad betong

Provföremål
3 kärnor (*d*=71 mm).

Provtagningsplats
Betongpålar Skandiahamnen.

Ankomstdatum
2025-12-10

Provningsdatum
2026-01-07

Provningsmetod
Kloridhalten har bestämts enligt C.lab Metod 1 (Rapid Chloride Test). Kloridhalten redovisas som kloridjonhalt i procent av betongprovets vikt. Om cementmängden i provet är känd kan den uppmätta kloridhalten räknas till kloridjonhalt i procent av cementets vikt. Cementmängden kan antas beroende på betongkvaliteten. I de fall då delproven består av betongkärnor med diametern mindre än 3,5 gånger ballastens största storlek, kan lokala variationer i betongen resultera i att delprov innehåller en cementmängd som väsentligt skiljer sig från den antagna.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten avser endast provade objekt.

THOMAS CONCRETE GROUP AB
C-lab
Ringögatan 14
417 07 GÖTEBORG

Besöksadress
Ringögatan 14

Tel: 0104-50 51 00
Fax: 0104-50 51 01
www.c-lab.se

Bankgiro: 857-6597
Postgiro: 215331-0
Org.nr: 556062-2812

Provningsresultat

Märkning Prov	Mätdjup [mm]	Uppmätt Cl^- i % av provvikt	Utvidgad mätosäkerhet Cl^- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt*
				K50
C1.1 10-20	10-20	0,638	0,131	3,6
C1.1 40-50	40-50	0,406	0,083	2,3
C1.1 70-80	70-80	0,434	0,089	2,4
C1.1 110-120	110-120	0,223	0,046	1,3
C1.1 150-160	150-160	0,057	0,020	0,3
C1.3 10-20	10-20	0,596	0,122	3,3
C1.3 40-50	40-50	0,554	0,114	3,1
C1.3 70-80	70-80	0,471	0,097	2,6
C1.3 110-120	110-120	0,318	0,065	1,8
C1.3 150-160	150-160	0,141	0,029	0,8
C1.5 10-20	10-20	0,107	0,022	0,6
C1.5 40-50	40-50	0,099	0,021	0,6
C1.5 70-80	70-80	0,070	0,021	0,4
C1.5 110-120	110-120	0,050	0,019	0,3
C1.5 160-170	160-170	0,049	0,019	0,3

* Antagen cementhalt: ca 18 vikt% (K50).

Thomas Concrete Group AB
C-lab

Anders Lindvall
Teknisk Handläggare

Oskar Esping
Tekniskt Ansvarig

B125 2021-12-22

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt.

Beställare
Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth

Projektnummer
2025-5276

Datum
2026-01-08

Bestämning av Kloridhalt i hårdnad betong

Provföremål
3 kärnor (*d*=71 mm).

Provtagningsplats
Betongpålar Skandiahamnen.

Ankomstdatum
2025-12-10

Provningsdatum
2026-01-07

Provningsmetod
Kloridhalten har bestämts enligt C.lab Metod 1 (Rapid Chloride Test). Kloridhalten redovisas som kloridjonhalt i procent av betongprovets vikt. Om cementmängden i provet är känd kan den uppmätta kloridhalten räknas till kloridjonhalt i procent av cementets vikt. Cementmängden kan antas beroende på betongkvaliteten. I de fall då delproven består av betongkärnor med diametern mindre än 3,5 gånger ballastens största storlek, kan lokala variationer i betongen resultera i att delprov innehåller en cementmängd som väsentligt skiljer sig från den antagna.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten avser endast provade objekt.

THOMAS CONCRETE GROUP AB
C-lab
Ringögatan 14
417 07 GÖTEBORG

Besöksadress
Ringögatan 14

Tel: 0104-50 51 00
Fax: 0104-50 51 01
www.c-lab.se

Bankgiro: 857-6597
Postgiro: 215331-0
Org.nr: 556062-2812

Provningsresultat

Märkning Prov	Mätdjup [mm]	Uppmätt Cl^- i % av provvikt	Utvidgad mätosäkerhet Cl^- i % av provvikt	Uppskattad Cl- i % av cementets vikt*
				K50
C2.7 10-20	10-20	0,693	0,142	3,9
C2.7 40-50	40-50	0,413	0,085	2,3
C2.7 70-80	70-80	0,440	0,090	2,5
C2.7 110-120	110-120	0,259	0,053	1,5
C2.7 150-160	150-160	0,091	0,021	0,5
C2.8 10-20	10-20	0,312	0,064	1,8
C2.8 40-50	40-50	0,189	0,039	1,1
C2.8 70-80	70-80	0,143	0,029	0,8
C2.8 110-120	110-120	0,073	0,021	0,4
C2.8 150-160	150-160	0,025	0,014	0,1
C2.9 10-20	10-20	0,426	0,087	2,4
C2.9 40-50	40-50	0,365	0,075	2,0
C2.9 70-80	70-80	0,352	0,072	2,0
C2.9 110-120	110-120	0,206	0,042	1,2
C2.9 150-160	150-160	0,114	0,023	0,6

* Antagen cementhalt: ca 18 vikt% (K50).

Thomas Concrete Group AB
C-lab

Anders Lindvall
Teknisk Handläggare

Oskar Esping
Tekniskt Ansvarig

B125 2021-12-22

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt.

RAPPORT

utfärdad av ackrediterat provningslaboratorium

Kontaktperson
Qabas Badry Abd
Samhällsbyggnad
+46 10 516 68 80
qabas.badryabd@ri.se

Datum	Beteckning	Sida
2026-05-08	O100634-1356582	1 (1)

Göteborgs Hamn AB
Henrik Granroth
403 38 Göteborg

Kloridanalys

(1 bilaga)

Provföremål

15 påsar med pulver tagna från ca 60 år gamla pålar i Göteborgs Hamn. Proverna var uppmärka enligt resultatlistan. Proverna ankom till RISE Borås 2026-0-0. RISE saknar i övrigt kännedom om provuttaget.

Provningsmetoder/ Genomförande

- Kloridhalt har utförts enligt AASTHTO T 260-21 metod A. En uträkning för cementhalt har gjorts utöver metoden, baserat på analys av mängden kalcium och ett antagande att cementet är ett portlandcement med en kalciumhalt på 63%. Analysen av kalcium och efterföljande uträkning omfattas inte av ackrediteringen.

Mätosäkerhet

Den angivna utvidgade mätosäkerheten är produkten av standardmätosäkerheten och täckningsfaktorn k = 2, vilket för en normalfördelning svarar mot en täckningssannolikhet av ungefär 95 %. Standardmätosäkerheten har bestämts i enlighet med EAL:s publikation EA-4/16.

Provningsresultat

Provningsresultaten redovisas i Bilaga 1 och avser endast de provade föremålen.

RISE Research Institutes of Sweden AB
Infrastruktur och betongbyggande - Materiallabb

Utfört av	Granskat av
Qabas Badry Abd	Lovise Sjöqvist

Bilagor

1. Provningsresultat

Konfidentialitetsnivå
K2 - Intern

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

SWEDAC ACKREDITERING
Ackred.nr. 1002
Provning
ISO/IEC 17025

Dokument-ID 09222115557577598182 Signerat LS, QBA

Bilaga 1

Provningsresultat

Kloridprovning

Provningsdatum: 2026-05-06

Prov märkning	Djup (mm)	Kloridhalt (% Cl^- av provvikt)	Utvidgad Mätosäkerhet (K=2)	Cementhalt (% av provvikt)	Kloridhalt (% Cl^- av cementhalt)
C1.2	10-20	0,7469	0,0293	19,53	3,8243
C1.2	40-50	0,4656	0,0133	14,11	3,2998
C1.2	70-80	0,5367	0,0168	20,24	2,6521
C1.2	110-120	0,3722	0,0093	19,94	1,8663
C1.2	150-160	0,1582	0,0029	15,11	1,0475
C1.4	10-20	0,4296	0,0117	15,58	2,7574
C1.4	40-50	0,3995	0,0104	18,76	2,1291
C1.4	70-80	0,3346	0,0078	18,10	1,8486
C1.4	110-120	0,1935	0,0036	17,23	1,1234
C1.4	150-160	0,0853	0,0019	15,39	0,5543
C1.6	10-20	0,2892	0,0063	12,92	2,2379
C1.6	40-50	0,2121	0,0041	17,35	1,2224
C1.6	70-80	0,1260	0,0024	14,70	0,8570
C1.6	110-120	0,0607	0,0019	15,44	0,3931
C1.6	150-160	0,0338	0,0020	16,51	0,2048

Dokument-ID 09222115557577598182 Signerat LS, QBA

Verifikat

Dokument-ID 09222115557577598182

Dokument

O100634-1356582
Huvuddokument
2 sidor
Startades 2026-05-08 13:40:40 CEST (+0200) av Lovise Sjöqvist (LS)
Färdigställt 2026-05-08 13:50:05 CEST (+0200)

Signerare

Lovise Sjöqvist (LS)
RISE Research Institutes of Sweden AB
Org. nr 556464-6874
lovise.sjoqvist@ri.se
+46 10 516 68 85



Signerade 2026-05-08 13:40:57 CEST (+0200)

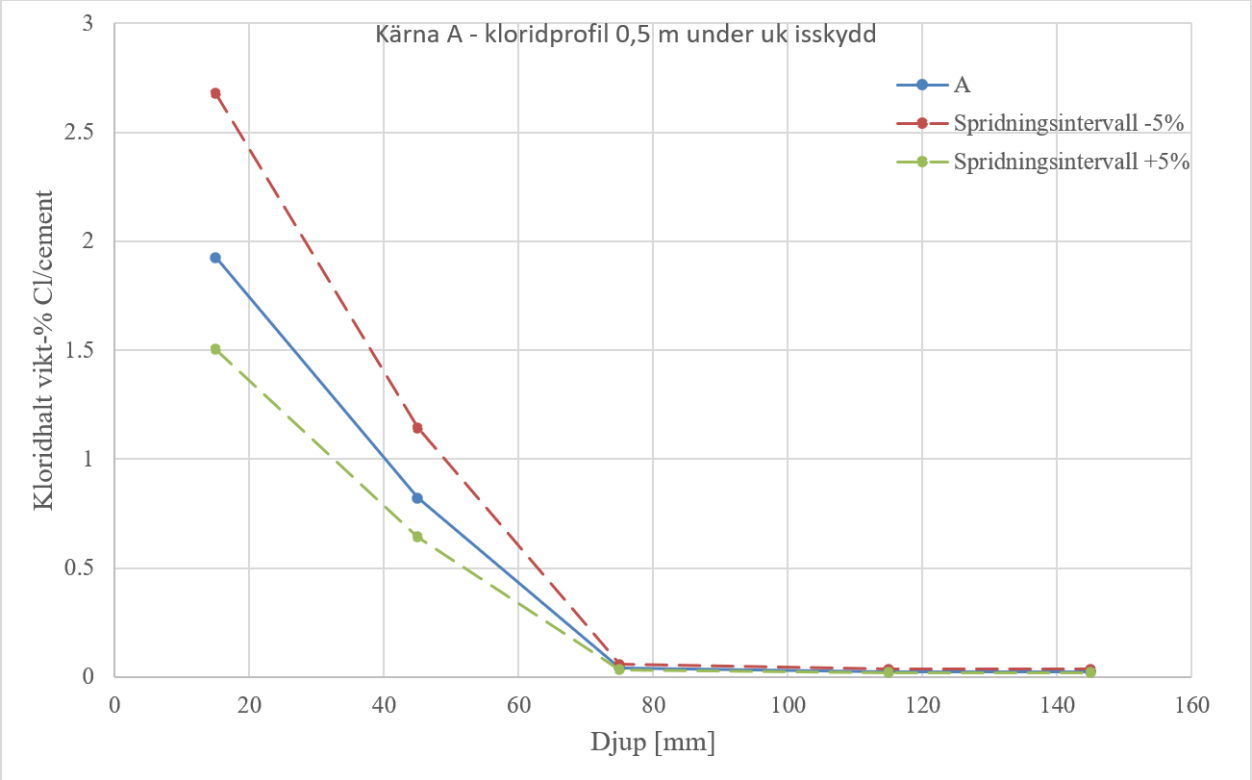
Qabas Badry Abd (QBA)
qabas.badryabd@ri.se



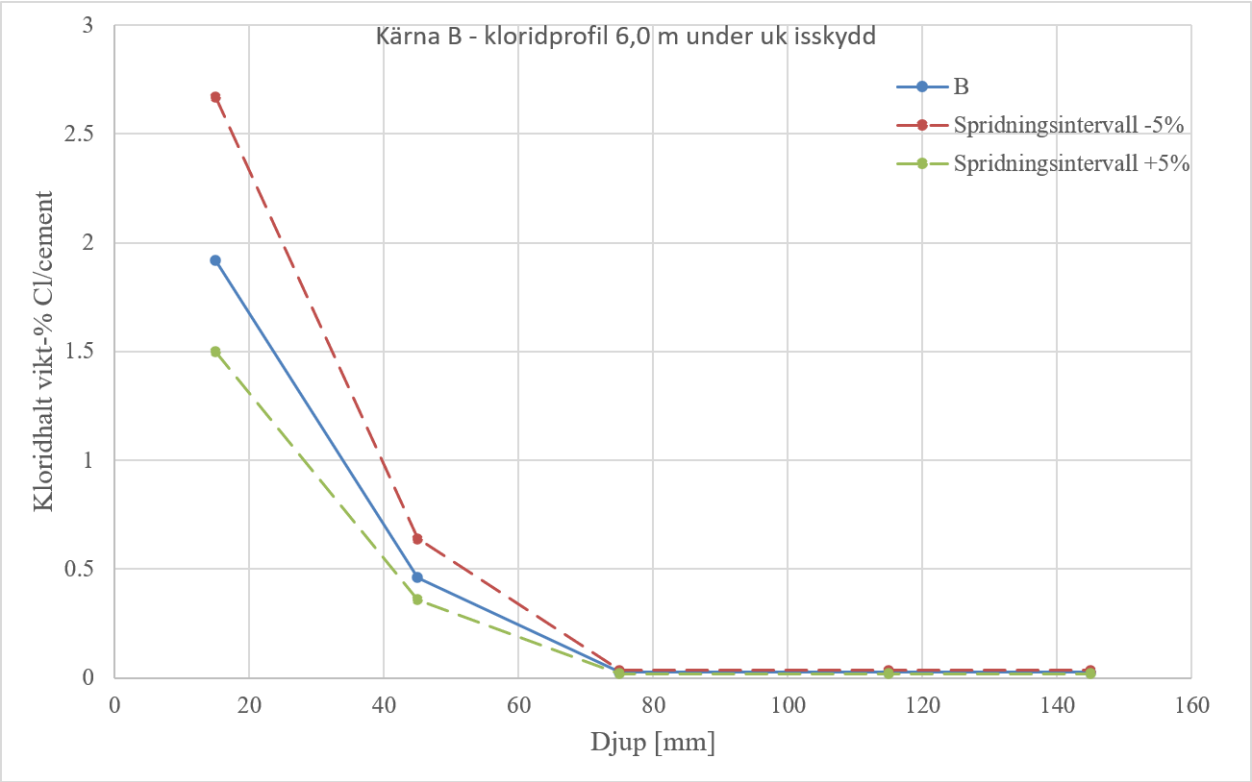
Signerade 2026-05-08 13:50:05 CEST (+0200)

Detta verifikat är utfärdat av Scrive. Se de dolda bilagorna för mer information/bevis om detta dokument. Använd en PDF-läsare som t ex Adobe Reader som kan visa dolda bilagor för att se bilagorna. Observera att om dokumentet skrivs ut kan inte integriteten i papperskopian bevisas enligt nedan och att en vanlig papperutskrift saknar innehållet i de dolda bilagorna. Den digitala signaturen (elektroniska förseglingen) säkerställer att integriteten av detta dokument, inklusive de dolda bilagorna, kan bevisas matematiskt och oberoende av Scrive. För er bekvämlighet tillhandahåller Scrive även en tjänst för att kontrollera dokumentets integritet automatiskt på: https://scrive.com/verify

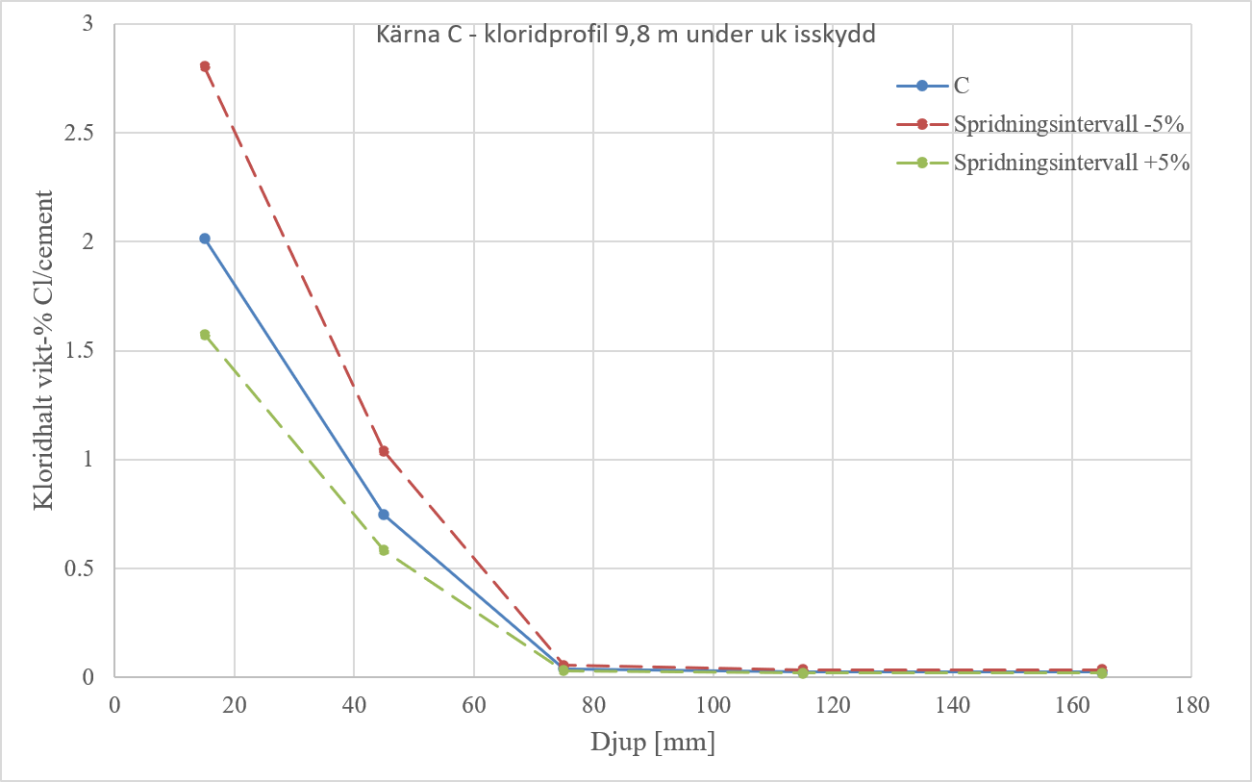
Bilaga E – Kloridprofiler inklusive möjligt spridnings-intervall



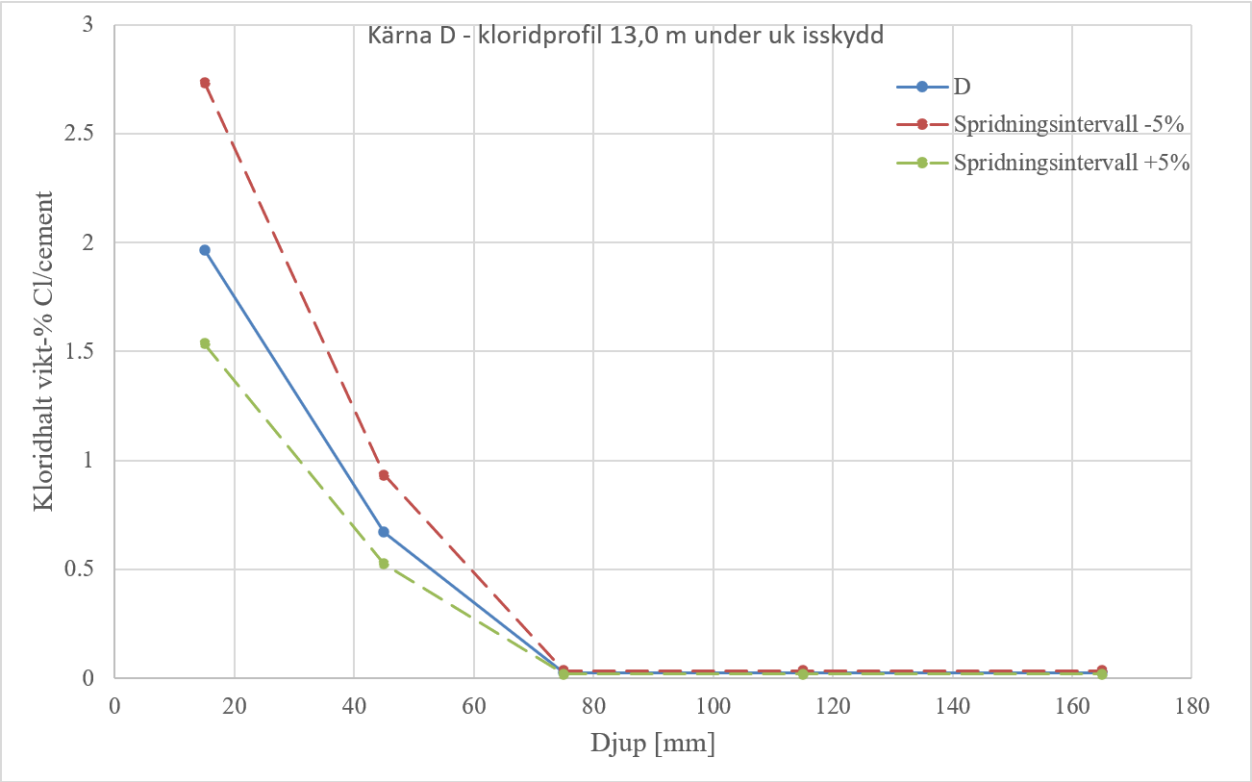
Figur E.1. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna A (kvadratisk påle) inklusive möjligt spridningsintervall.



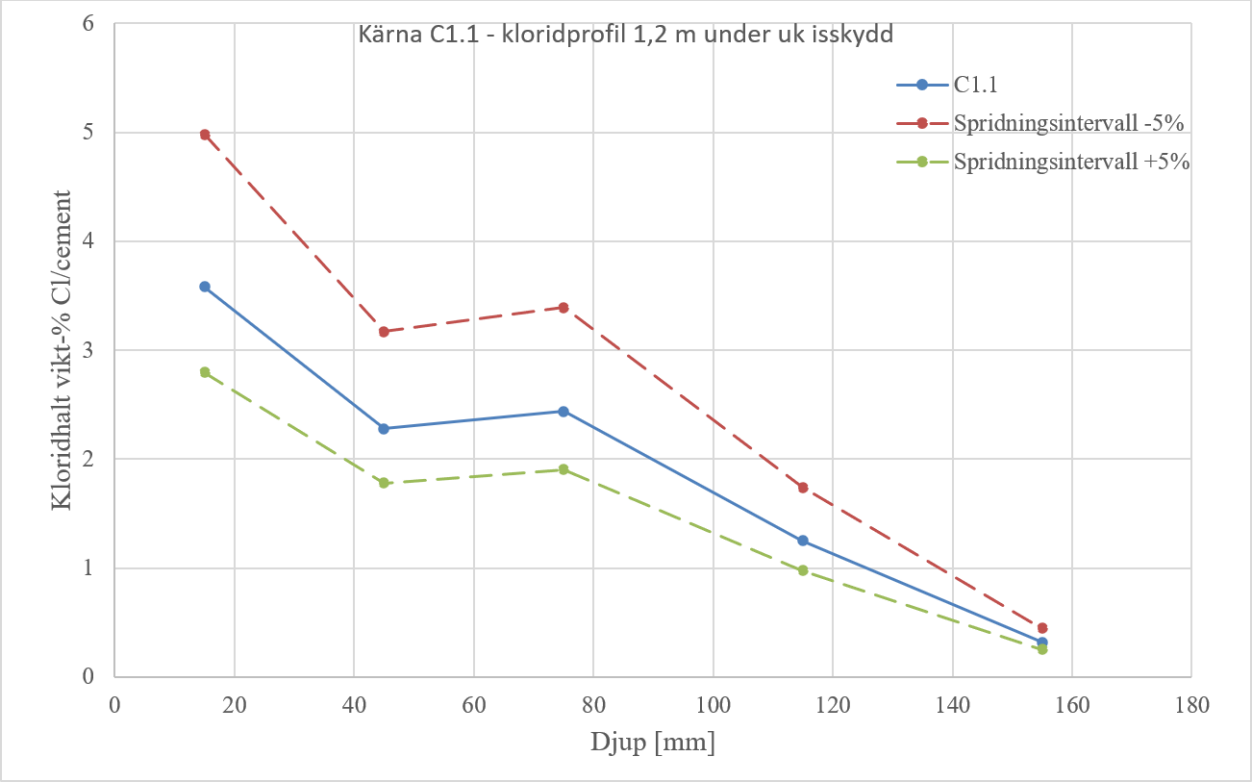
Figur E.2. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna B (kvadratisk påle) inklusive möjligt spridningsintervall.



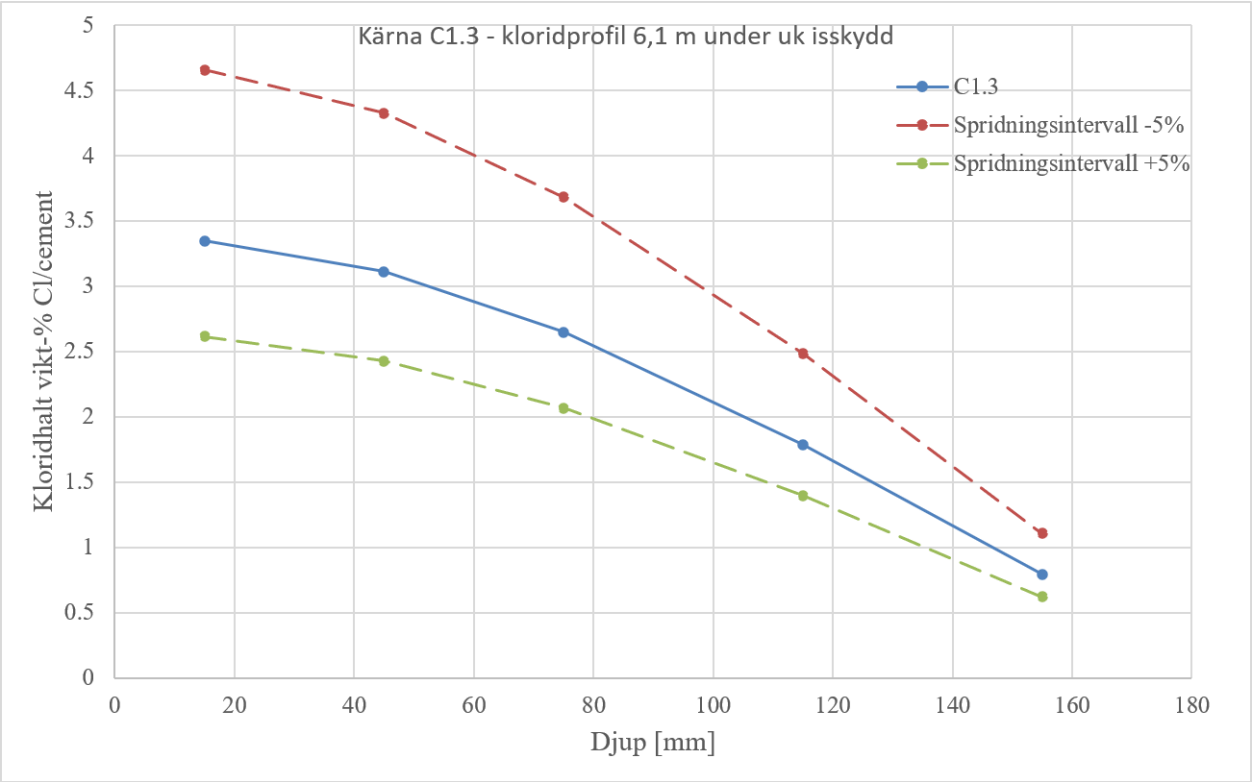
Figur E.3. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna C (kvadratisk påle) inklusive möjligt spridningsintervall.



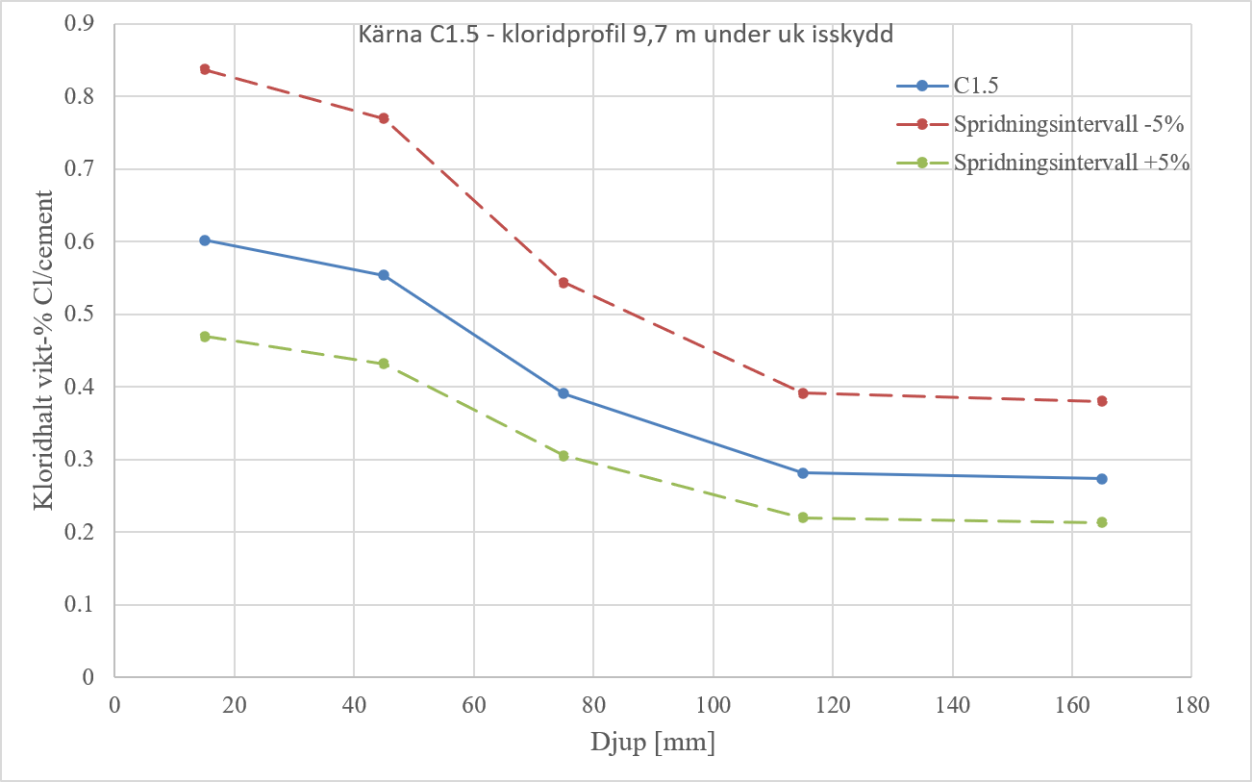
Figur E.4. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna D (kvadratisk påle) inklusive möjligt spridningsintervall.



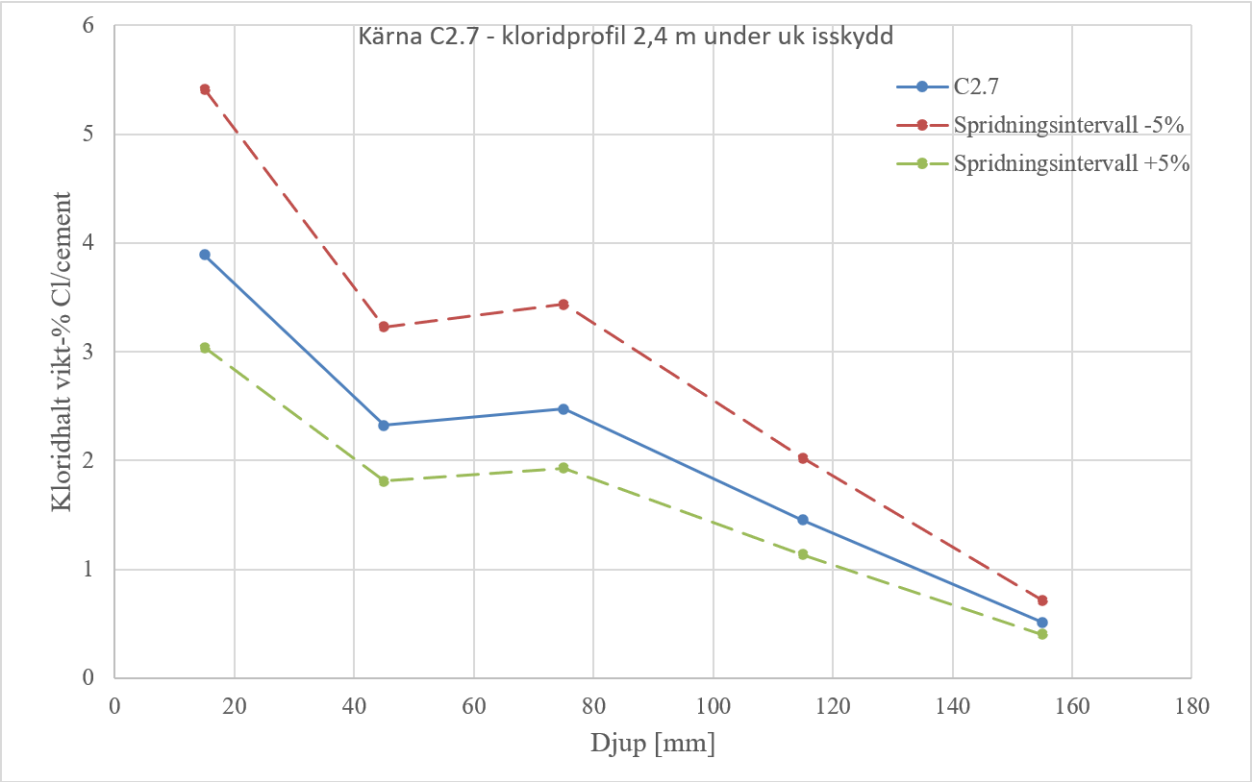
Figur E.5. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna C1.1 (cirkulär påle C1) inklusive möjligt spridningsintervall.



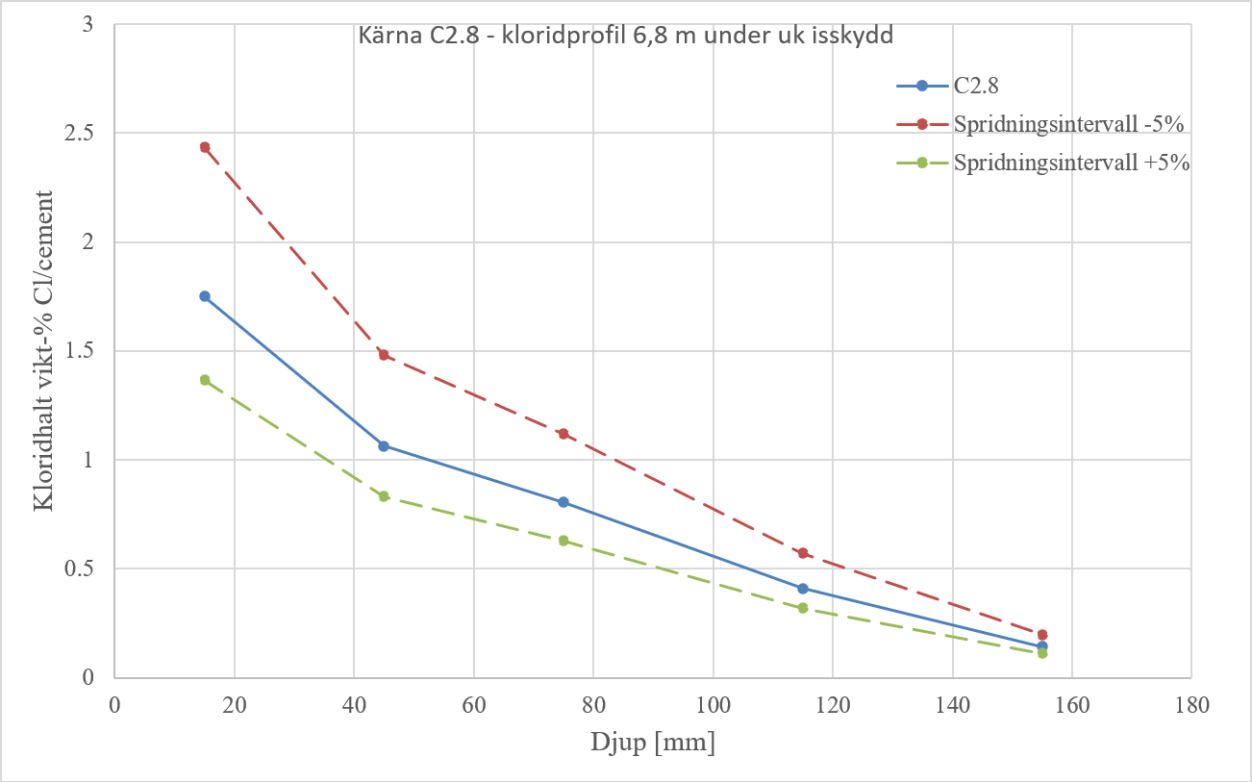
Figur E.6. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna C1.3 (cirkulär påle C1) inklusive möjligt spridningsintervall.



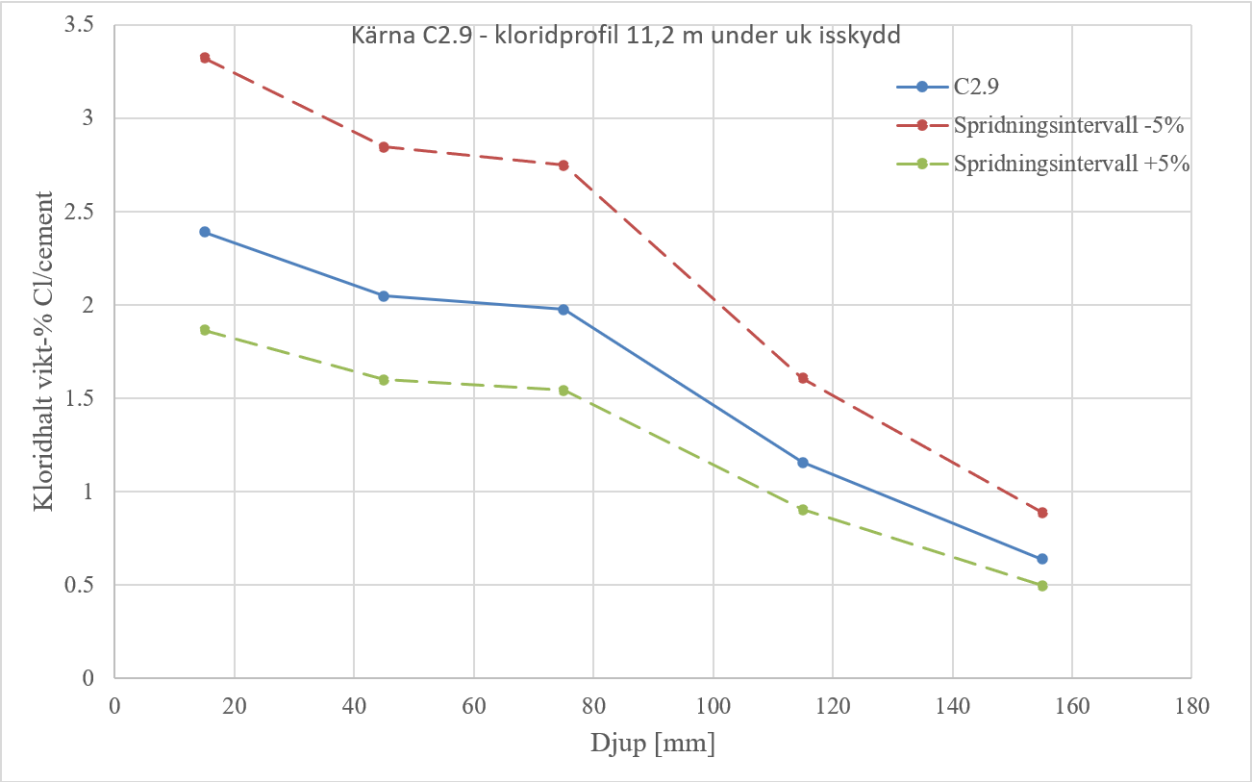
Figur E.7. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna C1.5 (cirkulär påle C1) inklusive möjligt spridningsintervall.



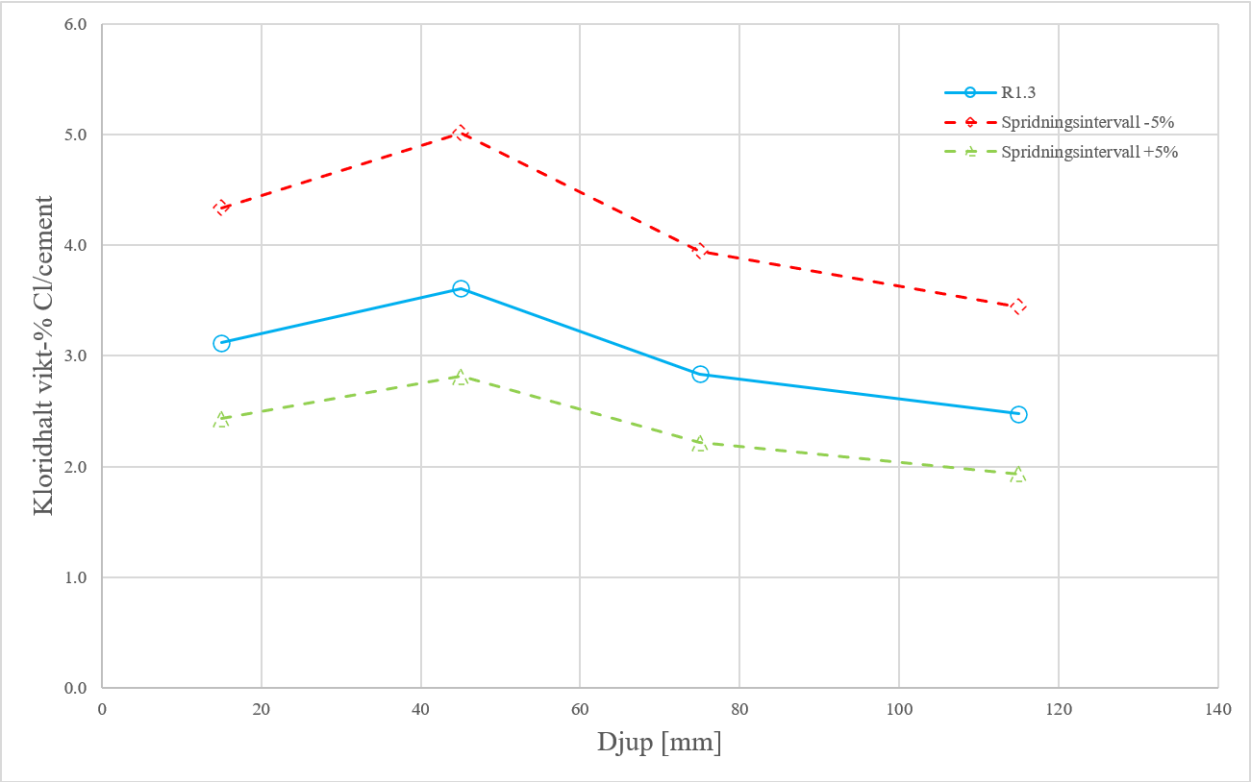
Figur E.8. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna C2.7 (cirkulär påle C2) inklusive möjligt spridningsintervall.



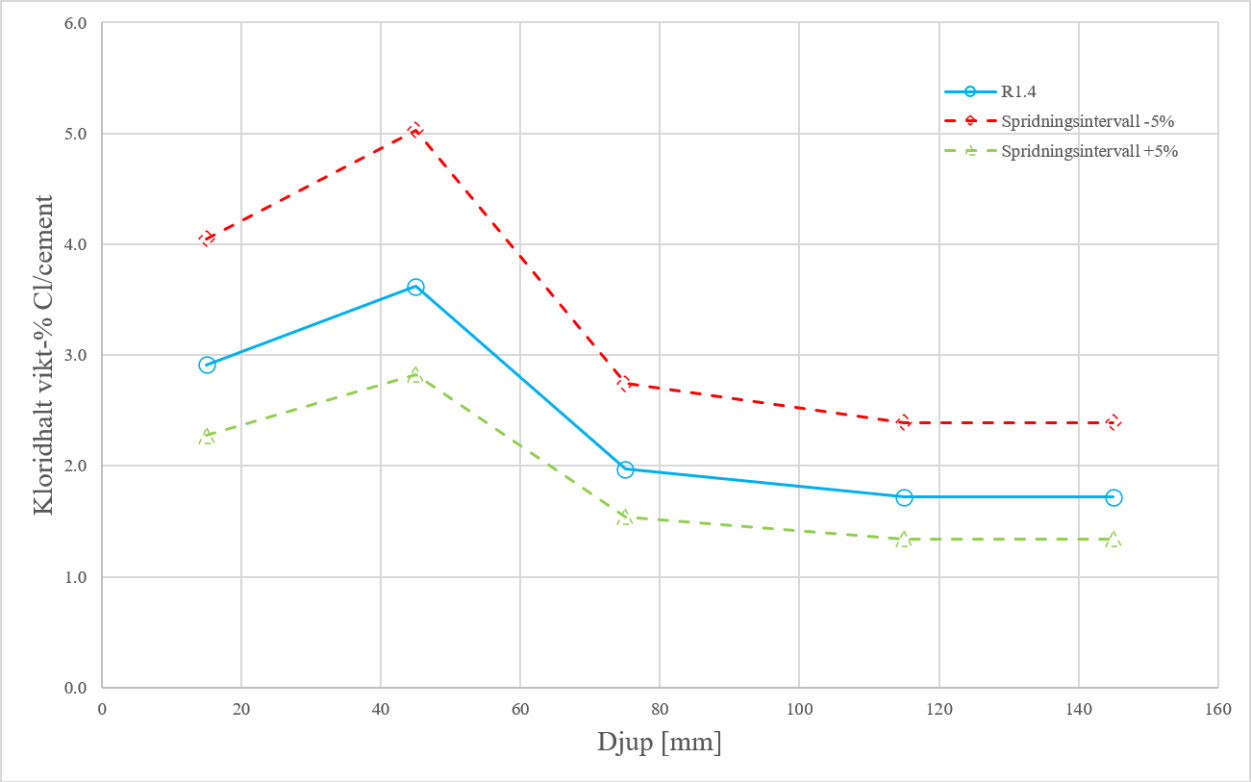
Figur E.9. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna C2.8 (cirkulär påle C2) inklusive möjligt spridningsintervall.



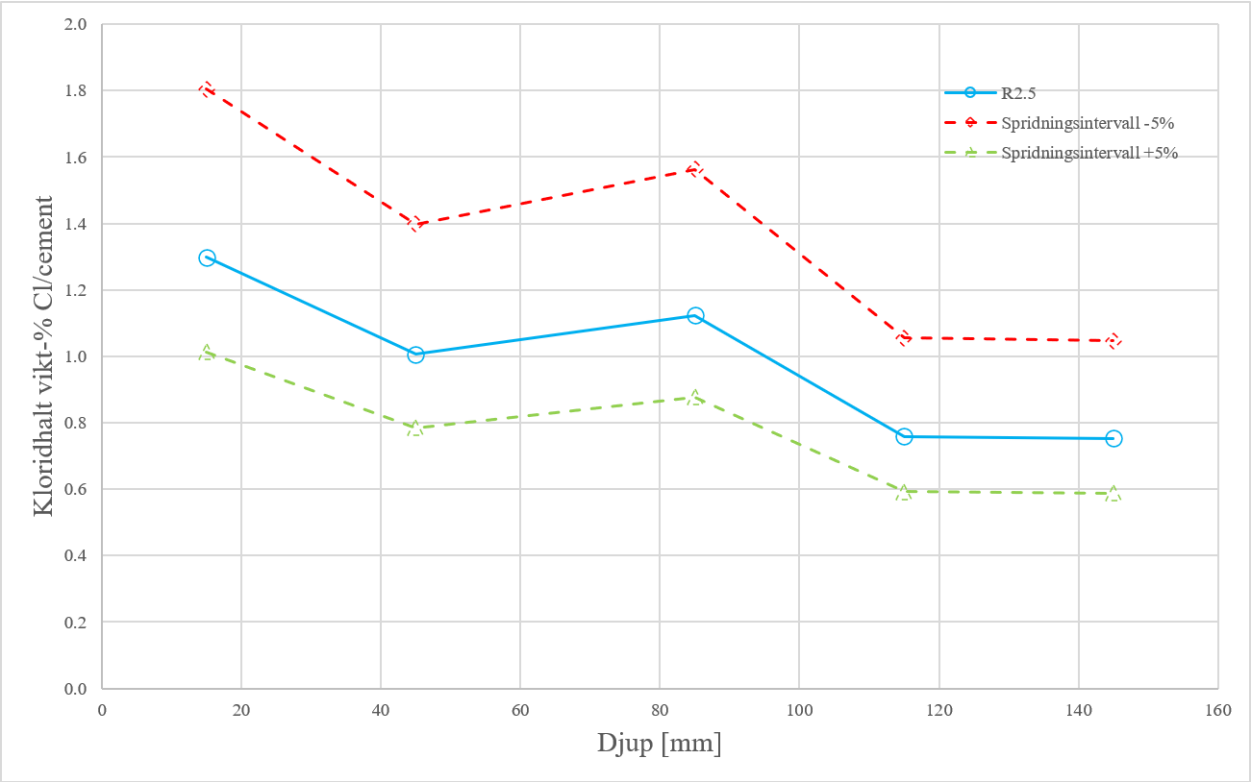
Figur E.10. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna C2.9 (cirkulär påle C2) inklusive möjligt spridningsintervall.



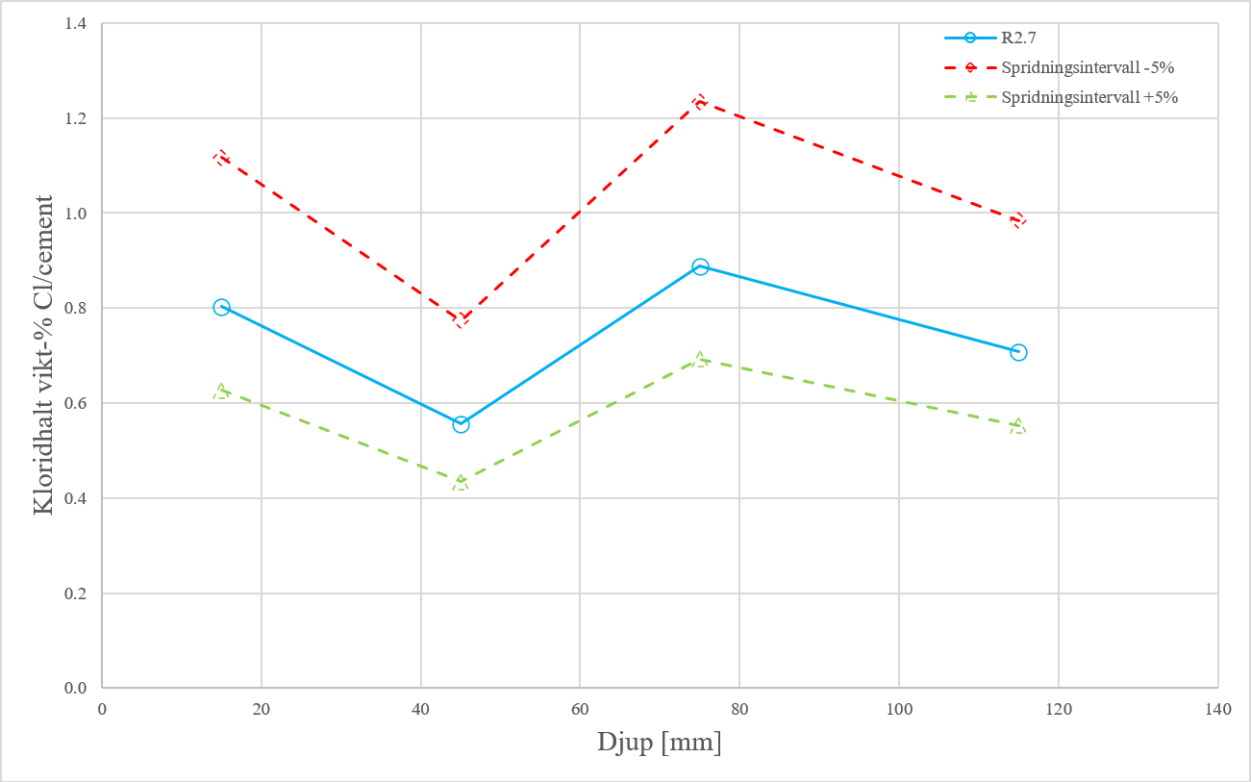
Figur E.11. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna R1.3 (cirkulär påle R1) inklusive möjligt spridningsintervall.



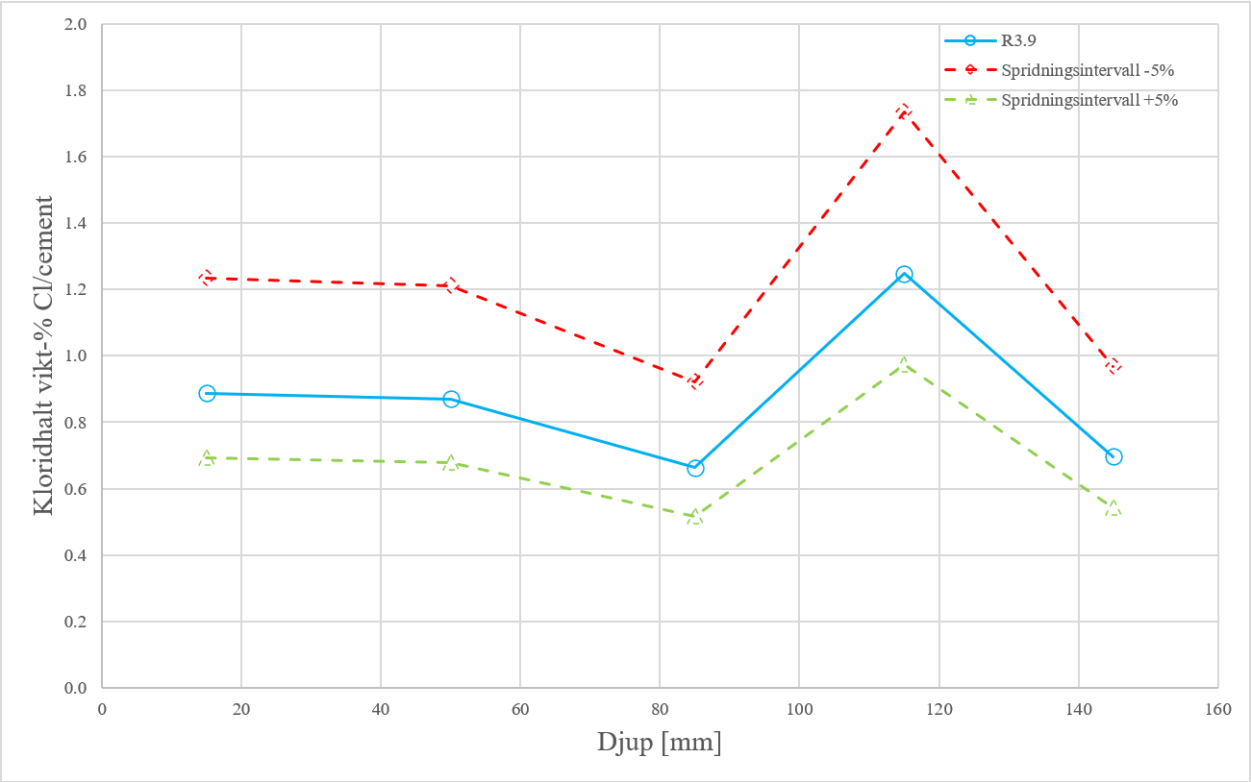
Figur E.12. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna R1.4 (cirkulär påle R1) inklusive möjligt spridningsintervall.



Figur E.13. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna R2.5 (cirkulär påle R2) inklusive möjligt spridningsintervall.



Figur E.14. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna R2.7 (cirkulär påle R2) inklusive möjligt spridningsintervall.



Figur E.15. Kloridhalter som har uppmätts i borrkärna R3.9 (cirkulär påle R3) inklusive möjligt spridningsintervall.

Bilaga F – Betonganalys av påle (Mikroskopi)

RAPPORT

Kontaktperson RISE
Mariusz Kalinowski
RISE
010-516 68 13
mariusz.kalinowski@ri.se

Datum
2026-05-12

Beteckning
1366360

Göteborgs Hamn AB
Att. Henrik Granroth
403 38 Göteborg

Strukturanalys av betong från Göteborgs Hamn

(1 bilaga)

1 Inledning

På uppdrag av Göteborgs Hamn AB har RISE undersökt tre betongprover som enligt uppgift från uppdragsgivaren är tagna från betongpålar, Göteborgs Hamn. Prover består av borrkärnor märkta ”C1.2”, ”C1.3” och ”C1.6”. Prover innehåller betong som har varit exponerad mot olika miljöer. Enligt uppgift är prov ”C1.2” utborrad från del av betongpåle exponerad för havsvatten, prov ”C1.3” är tagen i övergångszon (makadam/lera) och prov ”C1.6” i del av betongpåle exponerad för lera. Borrkärnors utseende presenteras i Bilder 1-6, Bilaga 1.

Undersökningen är gjord i syfte att kontrollera betongens nuvarande tillstånd med avseende på bland annat kemiskt angrepp. Undersökningen består av okulär granskning av borrkärnor och strukturanalys av betongen i tunnslip. RISE ansvarar inte för provtagningen. Slutsatser gäller endast för undersökta prover.

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE i förväg skriftligen godkänt annat.

2 Metod

2.1 Okulär granskning av borrkärnor

Borrkärnor granskades okulärt med avseende på grova sprickor och tecken på skadliga reaktioner.

2.2 Strukturanalys av betongen

Strukturanalys av betongen från prover ”C1.2”, ”C1.3” och ”C1.6” gjordes i tunnslip med hjälp av polarisationsmikroskop (förstoring upp till 1000 gånger). Ljuskällor för vanligt ljus och UV ljus användes vid utvärdering av tunnslip. Tunnslip har storlek 45x25 mm och tillverkades av betong impregnerad med fluorescerande epoxi. Områden i tunnslip är orienterade vinkelrätt mot betongens yta och omfattar djup 0-45 mm i betongen.

Uppskattning av vct-ekvivalent gjordes med hjälp av referenstunnslip tillverkade av betong med Byggcement och olika vct (0,35-0,70 med intervall på 0,05). Vct-ekvivalenten är ett mått på nuvarande kapillärporositet i betongens bindemedel. Uppskattningens noggrannhet är ±0,05. Metoden tar inte hänsyn till betongens ålder, cementsort eller eventuell förekomst av tillsatsmaterial.

Grov uppskattning av betongens lufthalt gjordes okulärt i tunnslip, med hjälp av referenstunnslip tillverkade av betong med 2 respektive 5 % luft.

3 Resultat

3.1 Okulär granskning av borrkärnor

Vi har inte observerat några grova sprickor i betongen från borrkärnor ”C1.2”, ”C1.3” eller ”C1.6”. Det finns således inga tecken på kraftigt frostangrepp, kraftig alkalisilikareaktion eller delaminering orsakad av armeringskorrosion.

Betongens yta hos prover ”C1.2” och ”C1.3” ser ut att vara vittrad. Vi har dock inte observerat några makroskopiska sprickor i borrkärnorna som kunde indikera att kraftigt kemiskt angrepp har inträffat på större djup i betongen.

3.2 Strukturanalys i tunnslip

Tabell 1. Utvärdering av tunnslip tillverkade av betong från borrkärnor ”C1.2” och ”C1.3”. Värden med snedstreck emellan visar variation observerad inom området i tunnslipet, bredd 25 mm. Exempel på strukturer observerade i tunnslip presenteras i Bilder 7-12, Bilaga 1.

Provbeteckning	**C1.2**	**C1.3**
Fördelning av cementpasta	Jämn	Jämn
Cementpastans homogenitet	Generellt god, lägre kapillärporositet i betongens yttre 0-3 mm	Generellt god, lägre kapillärporositet i betongens yttre 0-1/2 mm
Cementpastans vct-ekvivalent	0,45 ±0,05	0,45 ±0,05
Kraftigt kemiskt angrepp	Betongens yta ser ut att vara vittrad. Det nedbrutna yttre skiktets tjocklek ser ut att vara <1 mm.	Betongens yta ser ut att vara vittrad. Det nedbrutna yttre skiktets tjocklek ser ut att vara <1 mm.
Måttligt kemiskt angrepp	Betongens bindemedel är svagt krackelerat på djup 0-3,0 mm i provet.	Betongens bindemedel är svagt krackelerat på djup 0-2,0 mm i provet.
Svagt kemiskt angrepp	Utfällning av sekundärt bildad ettringit i bindemedel på djup 0-4/7 mm	Utfällning av sekundärt bildad ettringit i bindemedel på djup 0-2/4 mm
Urlakning av cementpasta	Nedbrytning av portlandit ($Ca(OH)_2$) och urlakning på djup 0-7/10 mm	Nedbrytning av portlandit ($Ca(OH)_2$) och urlakning på djup 0-10/11 mm
Mikrosprickfrekvens	Djup i betongen 0-3 mm: moderat hög Djup i betongen 3-45 mm: låg	Djup i betongen 0-45 mm: låg
Maximal sprickbredd observerad i tunnslip	<0,02 mm	0,02 mm
Alkalisilikareaktion (ASR)	Inte observerad	Inte observerad
Karbonatiseringsdjup	0,5/2,0 mm (till djup 7 mm i små områden med krackelerat bindemedel)	0,5/1,5 mm
Grovt uppskattad lufthalt	1-2 %	1-2 %
Fördelning av luft i betongen	Ganska jämn, liten mängd luftansamlingar i betongens yttre skikt	Jämn
Luftporers fyllnadsgrad	Låg, liten mängd utfällningar i luftporer	Låg, liten mängd utfällningar i luftporer

Tabell 2. Utvärdering av tunnslip tillverkat av betong från borrkärna ”C1.6”. Värden med snedstreck emellan visar variation observerad inom området i tunnslipet, bredd 25 mm. Exempel på strukturer observerade i tunnslip presenteras i Bilder 13-15, Bilaga 1.

Provbeteckning	**C1.6**
Fördelning av cementpasta	Jämn
Cementpastans homogenitet	Generellt god, lägre kapillärporositet i betongens yttre 0-1 mm
Cementpastans vct-ekvivalent	0,45 ±0,05
Kraftigt kemiskt angrepp	Inte observerat
Måttligt kemiskt angrepp	Inte observerat, ingen krackelering hos bindemedel i betongens yttre skikt
Svagt kemiskt angrepp	Inte observerat, sekundärt bildad ettringit inte säkert identifierad
Urlakning av cementpasta	Nedbrytning av portlandit ($Ca(OH)_2$) och urlakning på djup 0-1/3 mm
Mikrosprickfrekvens	Djup i betongen 0-45 mm: låg
Maximal sprickbredd observerad i tunnslip	<0,02 mm
Alkalisilikareaktion (ASR)	Inte observerad
Karbonatiseringsdjup	1,0/2,0 mm
Grovt uppskattad lufthalt	1-2 %
Fördelning av luft i betongen	Jämn
Luftporers fyllnadsgrad	Låg, liten mängd utfällningar i luftporer

4 Diskussion och slutsatser

En sammanfattning av observationer gjorda i tunnslip tillverkade av prover ”C1.2”, ”C1.3” och ”C1.6” finns i Tabeller 1 och 2. Exempel på strukturer observerade i tunnslip presenteras i Bilder 7-15, Bilaga 1.

Betongens vittrade ytor i prover ”C1.2” och ”C1.3” indikerar kraftigt kemiskt angrepp hos betongens yttre skikt. Vad vi kan se i proverna är det kraftiga angreppet inte djupare än 1 mm.

Lufthalt i betongen från prover ”C1.2”, ”C1.3” och ”C1.6” uppskattas grovt till 1-2 %. Betongen innehåller enligt vår bedömning endast naturlig luft.

4.1 Prov ”C1.2”

I betongens yttre 0-3 mm finns områden med nätverk av mikrosprickor som har längd upp till 1 mm och bredd <0,02 mm. Exempel på områden med sådan mikrokrackelering av bindemedel presenteras i Bilder 8 och 11, Bilaga 1. Trolig orsak till sprickorna är enligt vår bedömning ett måttligt kemiskt angrepp på betongens bindemedel. Vi bedömer att angreppet har hittills inte orsakat sprickbildning som påverkar betongens beständighet i en betydande grad. På större djup i betongen observerades endast ett fåtal korta mikrosprickor med sprickbredd <0,02 mm.

Bildning av sekundär ettringit i betongens bindemedel indikerar svagt kemiskt angrepp/svagt sulfatangrepp. Sekundärt bildad ettringit observerades till maximalt djup 7 mm i betongen, i ett 6 mm brett område med relativt många mikrosprickor på grund av krackelering. I övrigt är djup hos observerad utfällning av sekundär ettringit ca 0-4 mm inom analyserat område i betongen.

Nedbrytning av portlandit ($Ca(OH)_2$) och sannolik urlakning av kalk från bindemedlet har skett till djup 7/10 mm (variation inom analyserat område med bredd 25 mm).

4.2 Prov ”C1.3”

I betongens yttre 0-2 mm finns områden med nätverk av mikrosprickor (mikrokrackelering). Sprickornas bredd är <0,02 mm. Mängden krackeleringssprickor ser ut att vara mindre än i prov ”C1.2” och därför är vår bedömning att krackeleringen är svagare i prov ”C1.3”. Trolig orsak till sprickorna är enligt vår bedömning ett måttligt kemiskt angrepp på betongens bindemedel. Vi bedömer att angreppet har hittills inte orsakat sprickbildning som påverkar betongens beständighet i en betydande grad.

Bildning av sekundär ettringit i betongens bindemedel indikerar svagt kemiskt angrepp/svagt sulfatangrepp. Sekundärt bildad ettringit observerades till maximalt djup 4 mm i betongen.

På djup 4-5 mm och ca 30 mm i betongen från prov ”C1.3” finns mikrosprickor som är orienterade mer eller mindre parallellt med betongens yta. Exempel på sådana sprickor presenteras i Bild 12, Bilaga 1. Observerad sprickbredd är upp till 0,02 mm. Vi bedömer att dessa sprickor inte har någon negativ effekt på betongens beständighet. Vi är inte säkra på vad har orsakat dessa sprickor. Enligt vår bedömning rör det sig inte om sprickor på grund av kemiskt angrepp på betongen. Baserat på mikrosprickornas utseende och orientering bedömer vi att möjlig orsak till sprickorna är svagt frostangrepp på betongen.

Nedbrytning av portlandit ($Ca(OH)_2$) och sannolik urlakning av kalk från bindemedlet har skett till djup 10/11 mm (variation inom analyserat område med bredd 25 mm).

4.3 Prov ”C1.6”

Vi kan inte se att mikrokrackelering av bindemedel har skett i betongens yttre skikt.

Vi har inte kunnat säkert identifiera sekundärt bildad ettringit i prov ”C1.6”. Detta innebär att vi inte kan konstatera svagt kemiskt angrepp på betongens yttre del i detta prov. Det bör dock observeras att bindemedel uppvisar lägre kapillärporositet i betongens yttre 0-1 mm. Det indikerar utfällning av ämnen i bindemedlets porer. I sammanhanget kan påpekas att karbonatisering kan också ha liknande porstorlekminskande/”förtätande” effekt på cementpasta.

Nedbrytning av portlandit ($Ca(OH)_2$) och sannolik urlakning av kalk från bindemedlet har skett till djup 1/3 mm (variation inom analyserat område med bredd 25 mm).

RISE Research Institutes of Sweden AB
Infrastruktur och betongbyggande

Utfört av

Mariusz Kalinowski

Vidimerat av

Magnus Döse

Bilaga

Bilaga 1

Bildbilaga



Bild 1. Borrkärna märkt ”C1.2”, annan sida. Betongens yta finns till vänster i bilden.



Bild 2. Borrkärna märkt ”C1.2”, annan sida. Betongens yta finns till vänster i bilden.



Bild 3. Borrkärna märkt ”C1.3”, annan sida. Betongens yta finns till vänster i bilden.



Bild 4. Borrkärna märkt ”C1.3”, annan sida. Betongens yta finns till vänster i bilden.

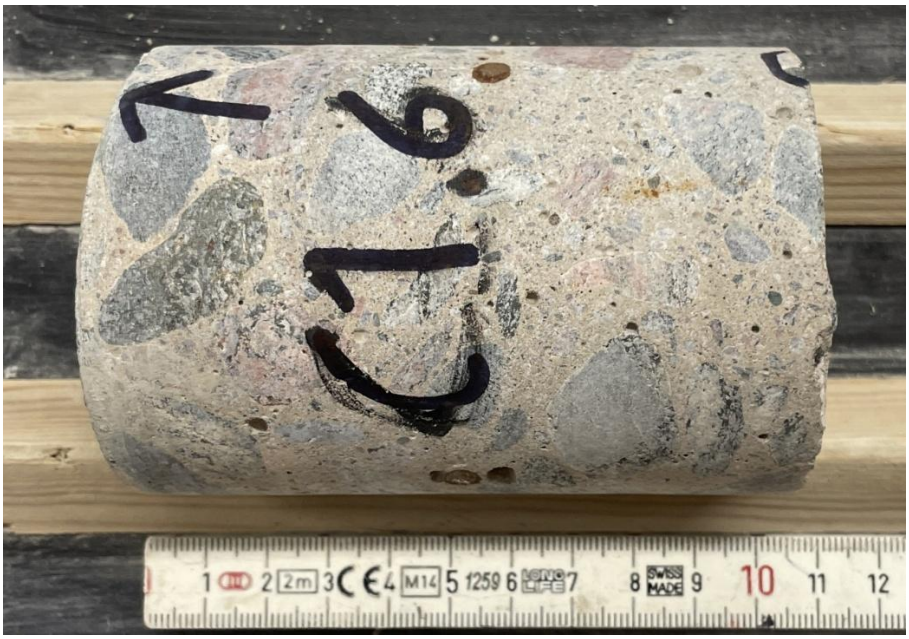


Bild 5. Borrkärna märkt ”C1.6”. Betongens yta finns till vänster i bilden.

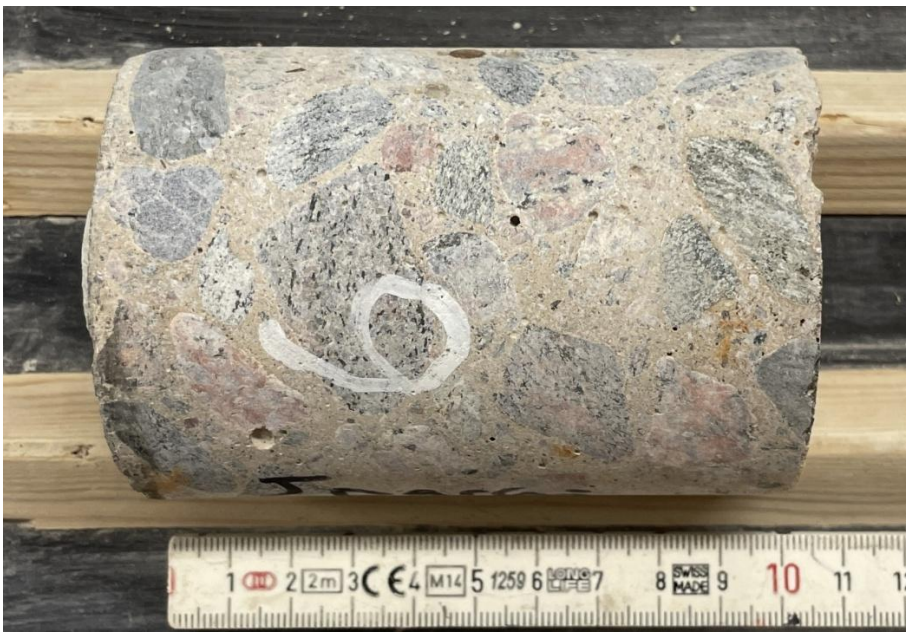


Bild 6. Borrkärna märkt ”C1.6”, annan sida. Betongens yta finns till vänster i bilden.

Bilaga 1

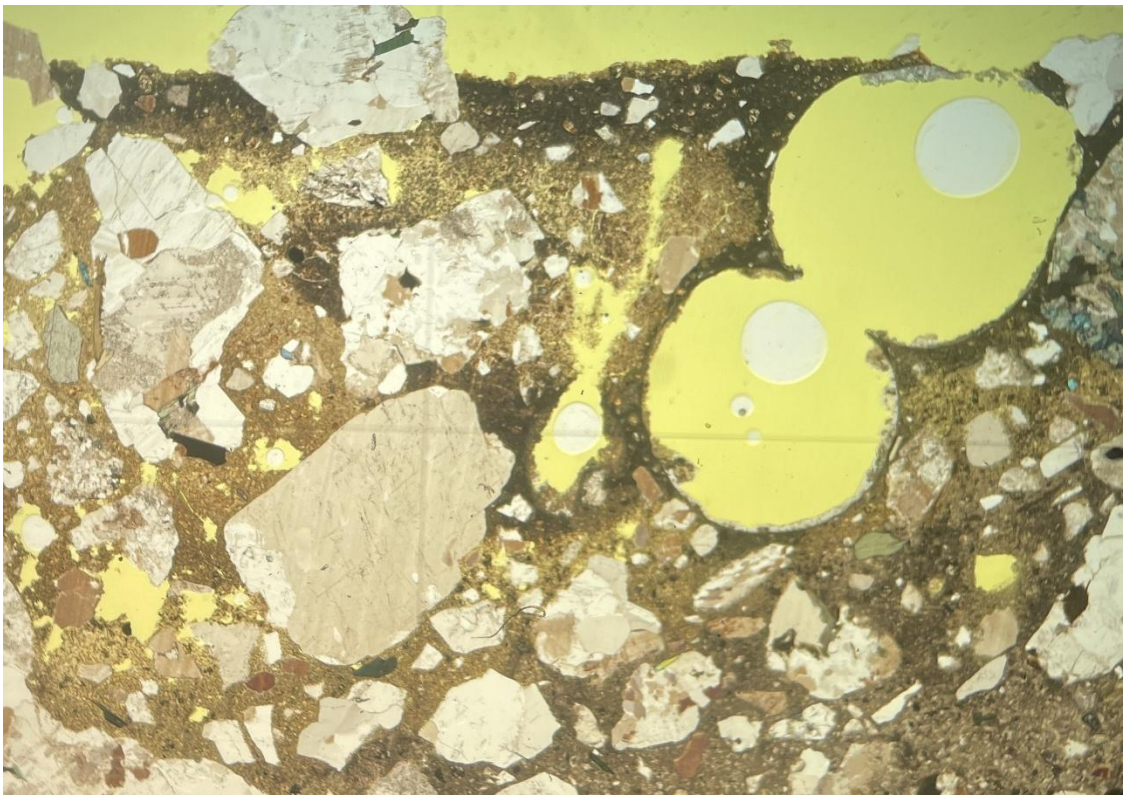


Bild 7. Prov ”C1.2”, djup i betongen: 0-5 mm. Bilden är tagen i tunnslip, polariserat ljus. Området i bilden är ca 7 mm brett.

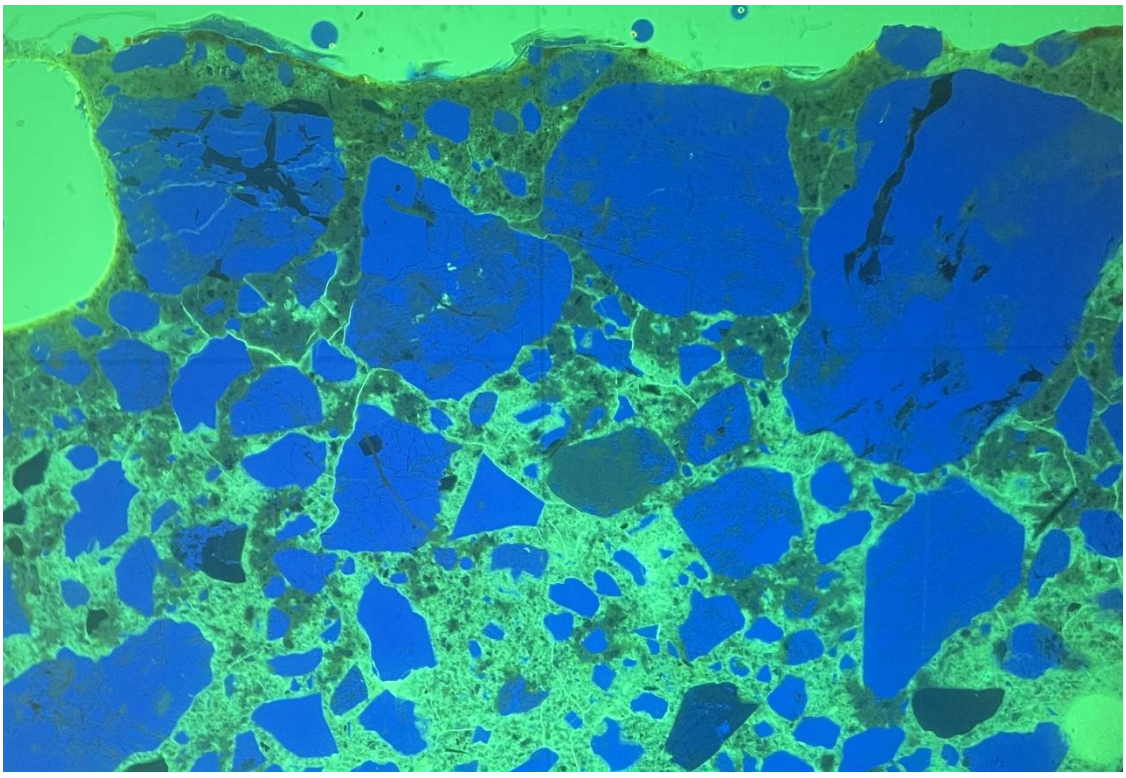


Bild 8. Prov ”C1.2”, djup i betongen: 0-5 mm. Bilden är tagen i tunnslip, UV ljus. Området i bilden är ca 7 mm brett.

Bilaga 1

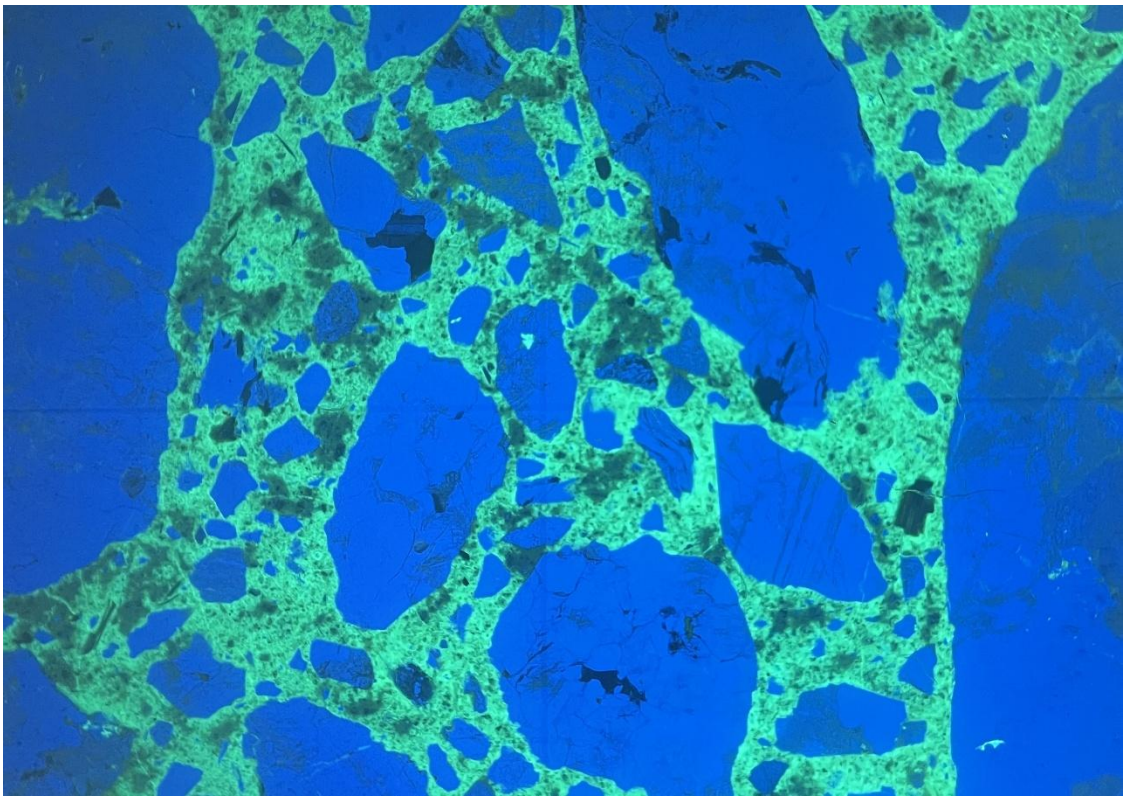


Bild 9. Prov ”C1.2”, djup i betongen: ca 20 mm. Bilden är tagen i tunnslip, UV ljus. Området i bilden är ca 7 mm brett.

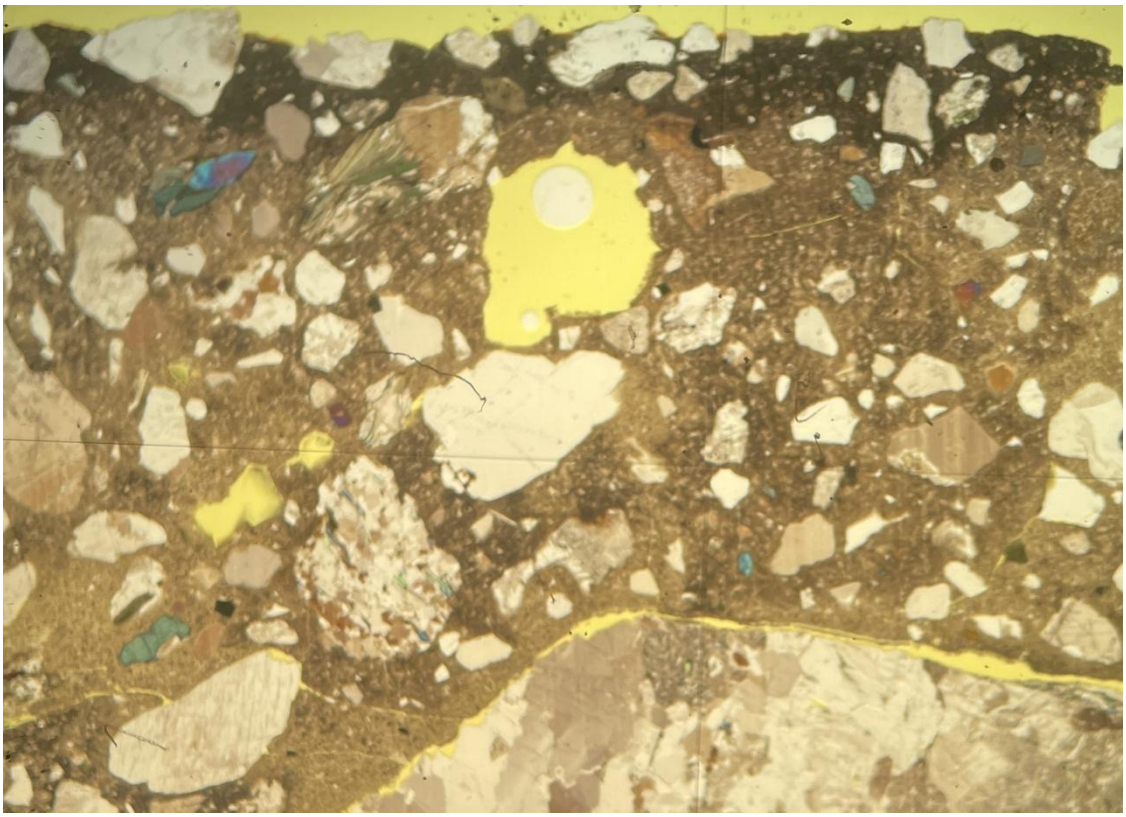


Bild 10. Prov ”C1.3”, djup i betongen: 0-5 mm. Bilden är tagen i tunnslip, polariserat ljus. Området i bilden är ca 7 mm brett.

Bilaga 1

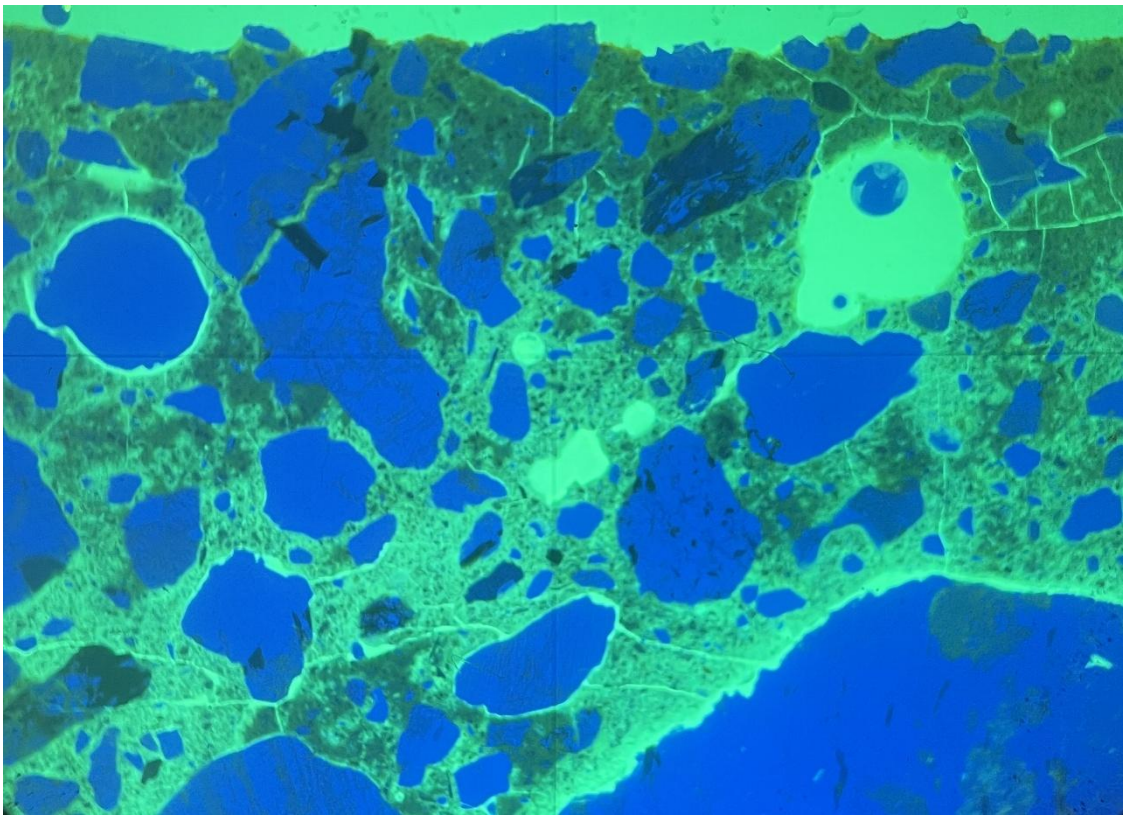


Bild 11. Prov ”C1.3”, djup i betongen: 0-5 mm. Bilden är tagen i tunnslip, UV ljus. Området i bilden är ca 7 mm brett.

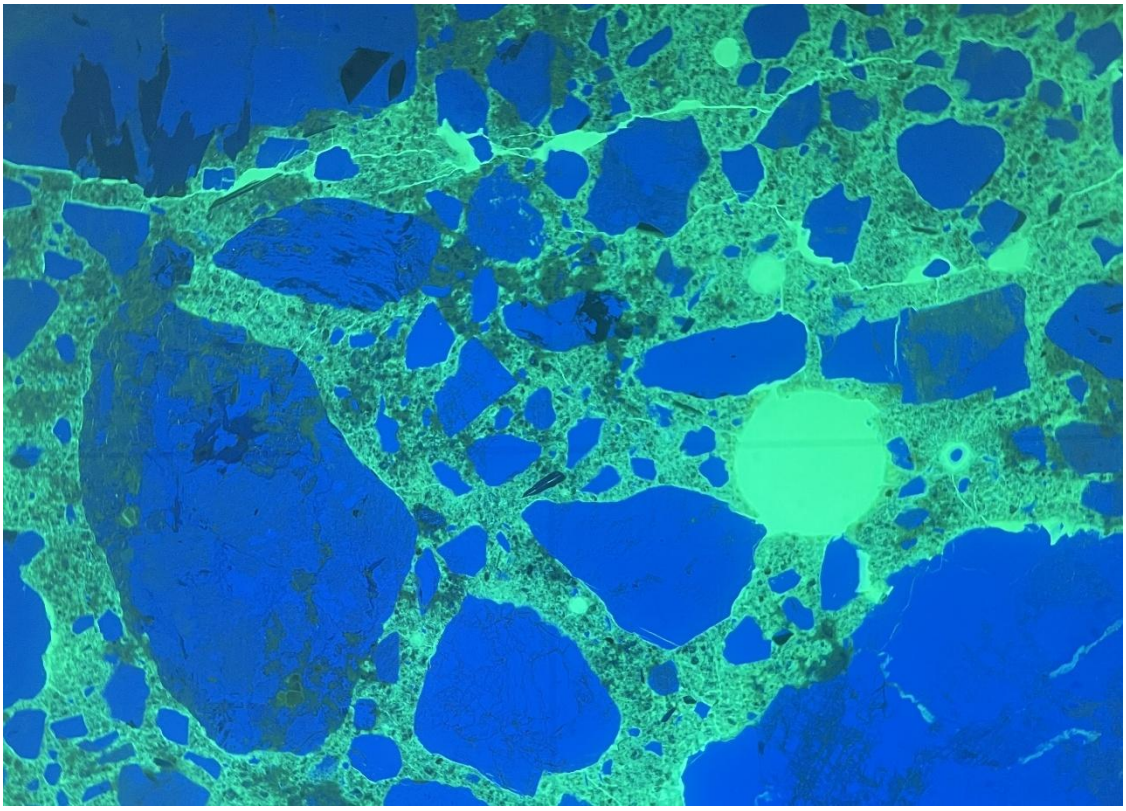


Bild 12. Prov ”C1.3”, djup i betongen: ca 30 mm. Bilden är tagen i tunnslip, UV ljus. Området i bilden är ca 7 mm brett.

Bilaga 1

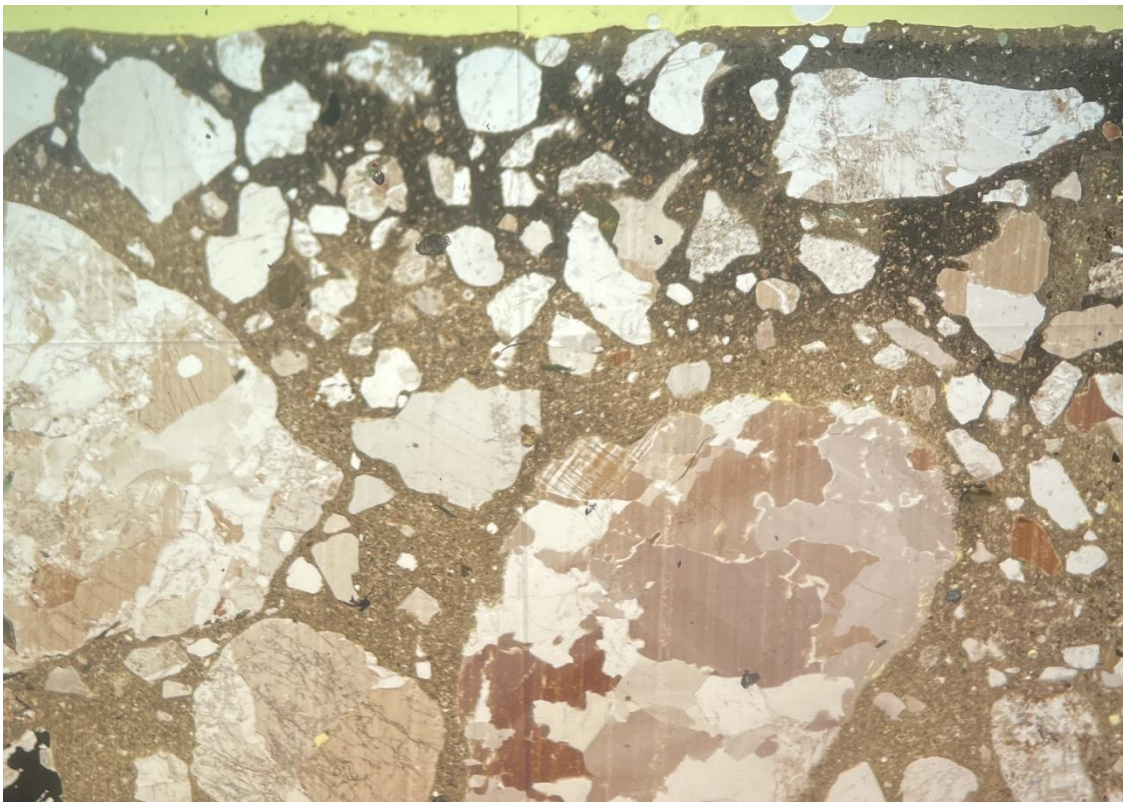


Bild 13. Prov ”C1.6”, djup i betongen: 0-5 mm. Bilden är tagen i tunnslip, polariserat ljus. Området i bilden är ca 7 mm brett.

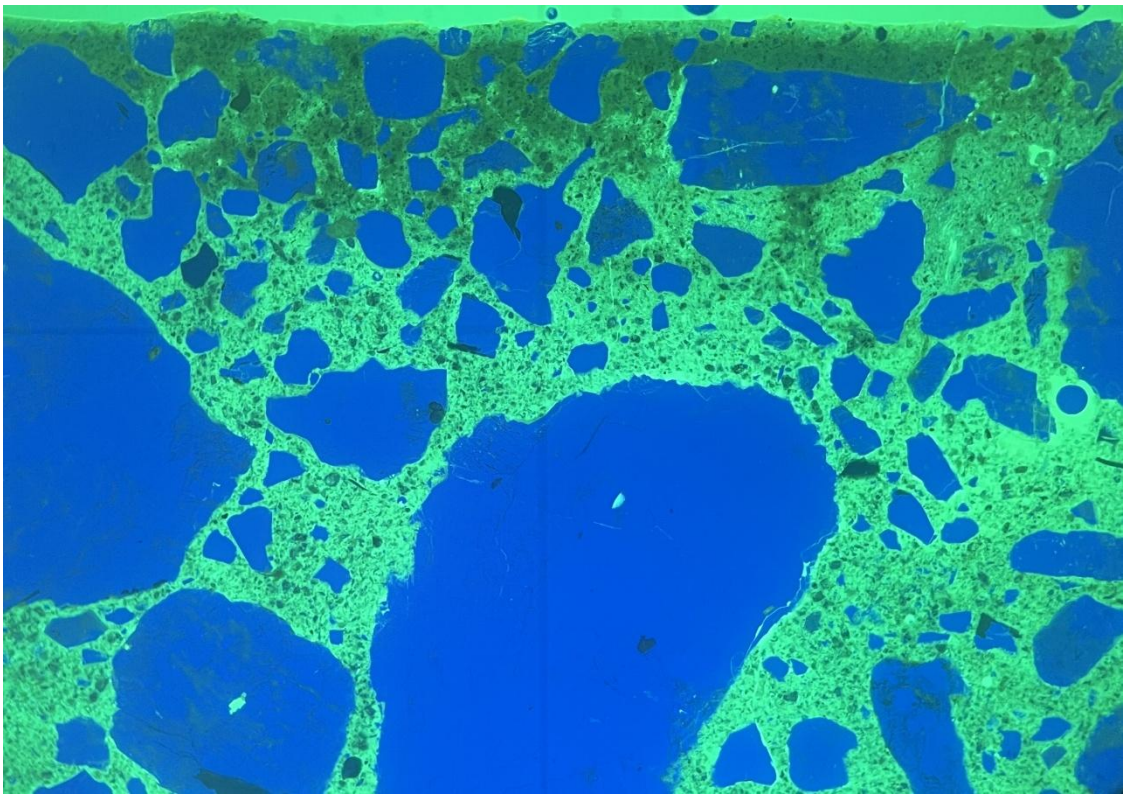


Bild 14. Prov ”C1.6”, djup i betongen: 0-5 mm. Bilden är tagen i tunnslip, UV ljus. Området i bilden är ca 7 mm brett.

Bilaga 1

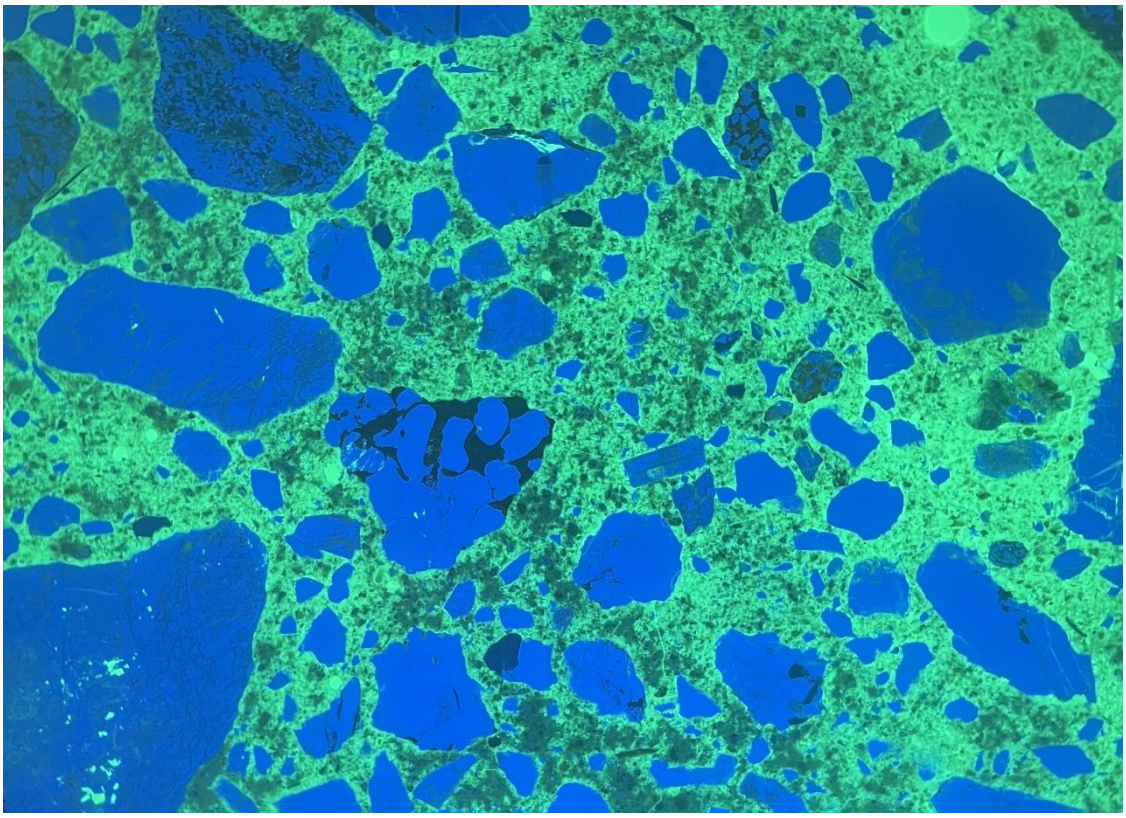


Bild 15. Prov ”C1.6”, djup i betongen: ca 20 mm. Bilden är tagen i tunnslip, UV ljus. Området i bilden är ca 7 mm brett.

Verifikat

Dokument-ID 09222115557578484707

Dokument

1366360
Huvuddokument
13 sidor
Startades 2026-05-19 14:23:45 CEST (+0200) av Mariusz Kalinowski (MK)
Färdigställt 2026-05-19 14:28:12 CEST (+0200)

Signerare

Mariusz Kalinowski (MK)
RISE Research Institutes of Sweden AB
Org. nr 556464-6874
mariusz.kalinowski@ri.se
+46 10 516 68 13



Signerade 2026-05-19 14:24:25 CEST (+0200)

Magnus Döse (MD)
RISE
magnus.dose@ri.se
+46 73 023 79 36



Signerade 2026-05-19 14:28:12 CEST (+0200)

Detta verifikat är utfärdat av Scrive. Se de dolda bilagorna för mer information/bevis om detta dokument. Använd en PDF-läsare som t ex Adobe Reader som kan visa dolda bilagor för att se bilagorna. Observera att om dokumentet skrivs ut kan inte integriteten i papperskopian bevisas enligt nedan och att en vanlig papperutskrift saknar innehållet i de dolda bilagorna. Den digitala signaturen (elektroniska förseglingen) säkerställer att integriteten av detta dokument, inklusive de dolda bilagorna, kan bevisas matematiskt och oberoende av Scrive. För er bekvämlighet tillhandahåller Scrive även en tjänst för att kontrollera dokumentets integritet automatiskt på: https://scrive.com/verify