

Intern rapport

Intern rapport nr. 1926

Skarnsundet bru

Feltforsøk overflatebehandling



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Januar 1997

Veglaboratoriet

Skarnsundet bru Feltforsøk overflatebehandling

Sammendrag

Denne rapporten oppsummerer initieringen, planleggingen og gjennomføringen av feltforsøkene med overflatebehandling på Skarnsundet bru.

10 leverandører har selv valgt sitt mest egnede produkt for å hindre kloridinntrengning. De spesifiserte en forbehandling som de selv sto for. Alle 10 leverandørene påførte sitt eget produkt på forsøksfeltene.

Før påføring ble betongen grundig undersøkt visuelt, og alle riss, grove porer og reparerte områder ble registrert. Det ble tatt ut kjerner for fasthet, vanntetthet, kapillærsug og kloridprofil. I tillegg ble det tatt ut borstøv for kloridprofil fra alle felt.

Et automatisk loggesystem for RF og temperatur er installert, og data sammen med værddata presenteres.

Det foretas årlig oppfølging, og disse resultatene finnes i egen rapport. Rapporten vil bli ajourført etter hver oppfølging. Det tas sikte på at prosjektet følges opp i 10 år.

Rapporten er ført i pennen i mars 1994, men er av kapasitetsgrunner først slutført i januar 1997. Teksten kan enkelte steder bære preg av dette.

✓ svar på det?

Emneord: *Feltforsøk, overflatebehandling, klorid, instrumentering*

Seksjon: *3530 Betongkontoret*

Saksbehandler: *Claus K. Larsen*

Dato: *Januar 1997*

/KØ

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Veglaboratoriet

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

INNHold

1	INNLEDNING	1
2	HENSIKT, MÅLSETNING OG FORVENTNINGER	2
	2.1 HENSIKT	2
	2.2 MÅLSETNING	2
	2.3 FORVENTNINGER	2
3	BAKGRUNN	3
	3.1 PROSJEKTETS FORUTSETNINGER	3
	3.2 BRUFAKTA	4
	3.3 PRØVE- OG REFERANSEFELTENE	5
	3.4 LOGGESYSTEM FOR RF OG TEMPERATUR	6
	3.5 FORUNDERSØKELSER	6
4	RESULTATER FRA FORUNDERSØKELSEN	7
	4.1 VISUELL REGISTRERING	7
	4.2 KLORIDINNHold	8
	4.2.1 Fra utboret støv	8
	4.2.2 Fra utborete betongkjerner	9
	4.3 TRYKKFASTHET	10
	4.4 KAPILLÆR SUGEHASTIGHET OG VANNTETTHET	11
	4.5 OVERFLATENES HOMOGENITET	12
	4.6 ELEKTRISK MOTSTAND I OVERFLATEN	12
5	OVERFLATEBEHANDLING - OPPNÅDDE RESULTATER OG VURDERINGER	13
6	OVERVÅKNING AV RF OG TEMPERATUR - SAMMENSTILT MED VÆRDATA	19
7	SLUTTKOMMENTARER	22

1 INNLEDNING

Statens vegvesen har i de siste 8-10 årene vært klar over hvilke skadepotensial kloridinntrengning i betongbruer kan skape, det er derfor gjort en økende innsats for å forstå og forebygge slike skader. Statens vegvesen har også satt i gang prosjekter for å øke kompetansen på reparasjon av skadet betong.

De enkelte vegkontorene rundt i landet, og spesielt de med mange og store betongbruer langs kysten, har selv bidratt med verdifull erfaring og kjennskap til miljøbelastninger og aktuelle symptomer på skader. I mange tilfeller har de startet nyttige forskningsprosjekt for å lære mer om problematikken rundt kloridinntrengning.

Forebyggende vedlikehold er et av feltene det ble satset sterkt på. Dette er en metode som har muligheten til å gi de nyeste bruene verdifullt "forsprang på kloridene," i form av øket motstand mot kloridinntrengning i overflatesjiktet av konstruksjonen.

I kjølevannet av den gradvis sterkere fokuseringen på kloridinntrengning som skadeårsak og forebyggende vedlikehold som skadereduserende tiltak, kom produsenter av ulike overflatebehandlinger på banen. Produsentene hadde gode løsninger og løfter om "gull og grønne skoger." Det ble raskt et meget stort spekter av ulike løsninger, produkter og komplette systemer.

Dette var årsaken til at Nord Trøndelag vegkontor sommeren 1992 tok initiativ til et forskningsprosjekt for å få bedre kunnskap om de mest aktuelle produktene. De inviterte 10 ulike produsenter og leverandører til å overflatebehandle hvert sitt prøvefelt på ett av tårnene på Skarnsundet bru, med sitt mest egnete produkt. Veglaboratoriet så det som en viktig oppgave å koordinere de forsøk som ble startet opp i samme tidsrom rundt om i landet. Dette gjorde at prosjektets praktiske oppstart ble lagt til våren/sommeren 1993.

Prosjektet inngår som en del av REPCON - NFR sin satsning på eksport av kompetanse på reparasjon av betongskader - der Elisabeth Schjølberg fra Veglaboratoriet er prosjektleder.

Del-prosjektleder:	Torvaldur Noason, Nord Trøndelag vegkontor
Prosjektmedarbeider:	Claus Kenneth Larsen, Veglaboratoriet
Prosjektplanlegging:	høsten 1992 og våren 1993
Oppstart ute på brua:	forsommeren 1993
Oppfølging:	hvert år
Prosjektet varighet:	10 år

2 HENSIKT, MÅLSETNING OG FORVENTNINGER

2.1 HENSIKT

Hovedhensikten med prosjektet er å få en helhetlig dokumentasjon av effekten av ulike overflatebehandlinger for å redusere kloridinntrengning.

Helheten dekkes av prosessen ved at produsent eller leverandør velger sitt antatt beste produkt, foreskriver den riktige forbehandlingen og påfører sitt produkt selv. Vegkontoret foretar deretter en årevis oppfølging, slik at behandlingens effekt og levetid dokumenteres i prosjektets periode. Ved prosjektets slutt foretas den endelige sammenstilling av leverandørenes uttalelser om effekt, levetid og totaløkonomi opp mot vegkontorets egne vurderinger og dokumentasjon.

For Veglaboratoriet er det viktig å sammenstille resultatene fra dette forsøket med andre tilsvarende prosjekt rundt i landet, slik at erfaringene kan samles og nyttiggjøres i anbefalinger og retningslinjer.

Det er vesentlig å få bedre kunnskap om de ulike hovedtypene av overflatebehandling, rengjøring og forbehandling, og hvilken betydning disse har på kloridbremsende effekt og levetid.

2.2 MÅLSETNING

- a. Planlegge, organisere og utføre feltvise forsøk med ulike overflatebehandlinger på Skarnsundet bru sommeren 1993.
- b. Gjennomføre grundige forundersøkelser, oppfølging hvert år og en omfattende dokumentasjon av behandlingene ved prosjektets slutt.
- c. Montere automatisk loggesystem for kontinuerlig måling av relativ fuktighet (RF) og temperatur i seks av feltene.
- d. Vurdere nytteverdien av et slikt loggesystem, sett i sammenheng med hva systemet faktisk måler og om det er mulig å benytte målingene til å dokumentere tekniske egenskaper ved overflatebehandlingene.
- e. Rapportering hvert år.

2.3 FORVENTNINGER

Konklusjonene bør gi nyttig informasjon om anbefalinger og retningslinjer for bruk av overflatebehandling til å redusere kloridinntrengning i betongbruer.

Resultatene fra oppfølgingen og sluttundersøkelsen bør skille de enkelte

produkter på tekniske egenskaper som kloridhindrende effekt, diffusjonsåpenhet for vanndamp, heft til underlaget og total levetid.

En totalvurdering av tekniske egenskaper, krav til forbehandling, praktisk gjennomføring av behandlingen og totaløkonomi, gir Vegvesenet et meget godt referansegrunnlag for valg av prosedyre for overflatebehandling.

Sluttdokumentasjonen bør gi Statens vegvesen et godt bilde på dyktighet og seriøsitet til den enkelte produsent og leverandør.

3 BAKGRUNN

3.1 PROSJEKTETS FORUTSETNINGER

10 produsenter og leverandører av overflatebehandling for å redusere kloridinntrengning i betong, fikk ved invitasjonen og informasjonsbrev av 26.april 1993, følgende rammer: (sitat)

- *anbefale et egnet produkt til en spesifisert konstruksjonsdel (nederste del av ett av tårnene)*
- *utfra ulike betingelser anbefale en rengjørings- og forbehandlingsprosedyre*
- *selv besørge at overflaten ble forbehandlet i henhold til anbefalt prosedyre*
- *påføre sitt eget produkt i henhold til produktbeskrivelsen*

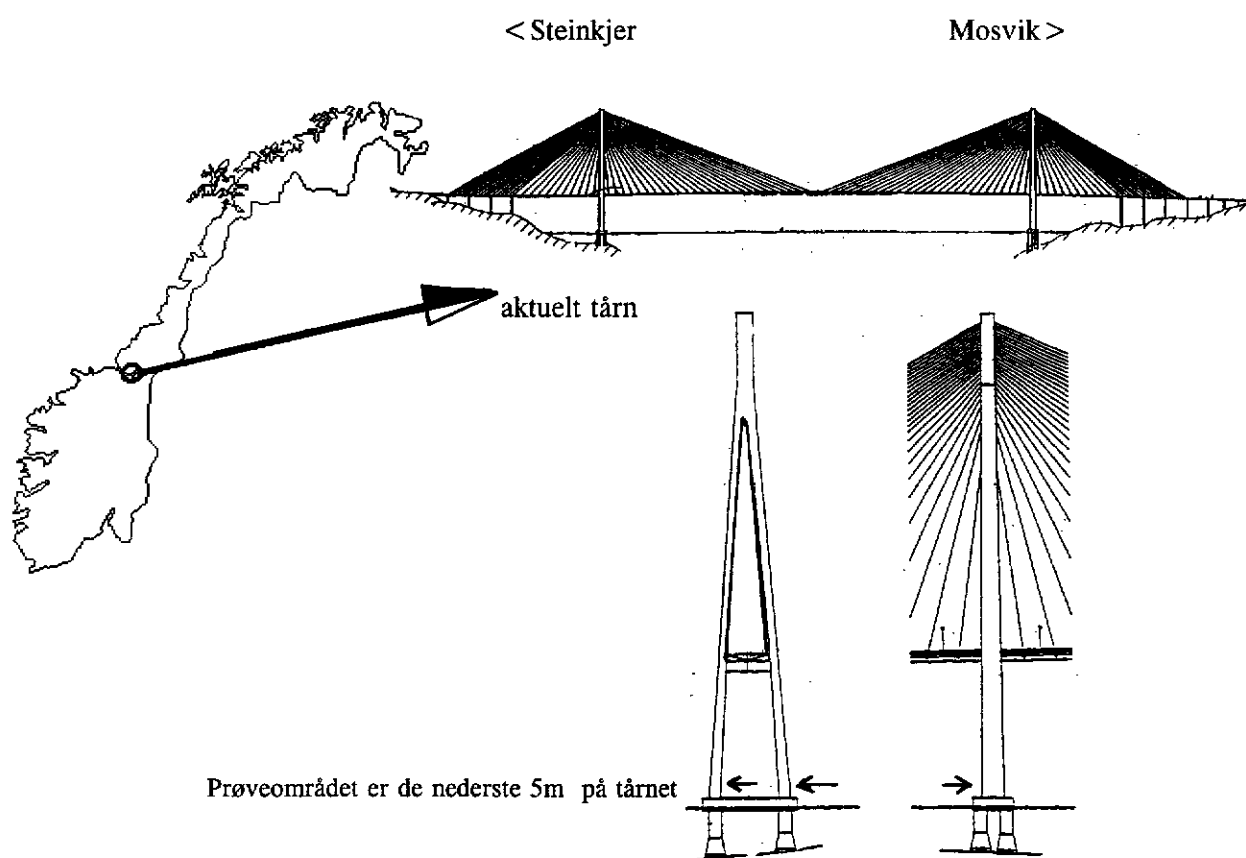
Dette skulle danne et grunnlag for å velge riktig produkt for overflatebehandling av resten av brua. Parametrene for valg ble satt til :

- *totalkostnad, inkludert rengjøring, forbehandling, materialbruk og eventuell etter- og rebehandling*
- *effekt, spesielt kloridbremsende effekt*
- *levetid, tiden fra behandling til eventuell gjentatt behandling (som er nødvendig for å opprettholde ønsket effekt) (sitat slutt)*

Etter ferdig behandling ble det sendt ut et brev datert 23.november 1993, der Veglaboratoriet ba om at hver deltager ga en kort rapport fra gjennomføringen av prosjektet. Et meget viktig moment som skulle tas med var: (sitat)
Vurdering av oppnådd resultat av behandlingen, eventuelt med forbehold, der en tar standpunkt til oppnådd levetid og behov for etterbehandling. I det siste punktet skal det være angitt tidspunkt, type etterbehandling og omfang.

3.2 BRUFAKTA

Navn: Skarnsundet bru
 Beliggenhet: Nord Trøndelag, RV 755 mellom Inderøy og Mosvik.
 Brutype: Skråkabelbru med to hovedtårn. Hovedspennet er 530 m.
 Byggeperiode: 1989-91
 Betongkvalitet: I tårnene C45 MA med v/c 0.40 og 5% silikastøv
 Orientering: Lengderetning omtrent NØ-SV.
 Typisk vindretning: SSØ-SV



Figur 1 Skarnsundet bru - plassering og aktuelt tårn

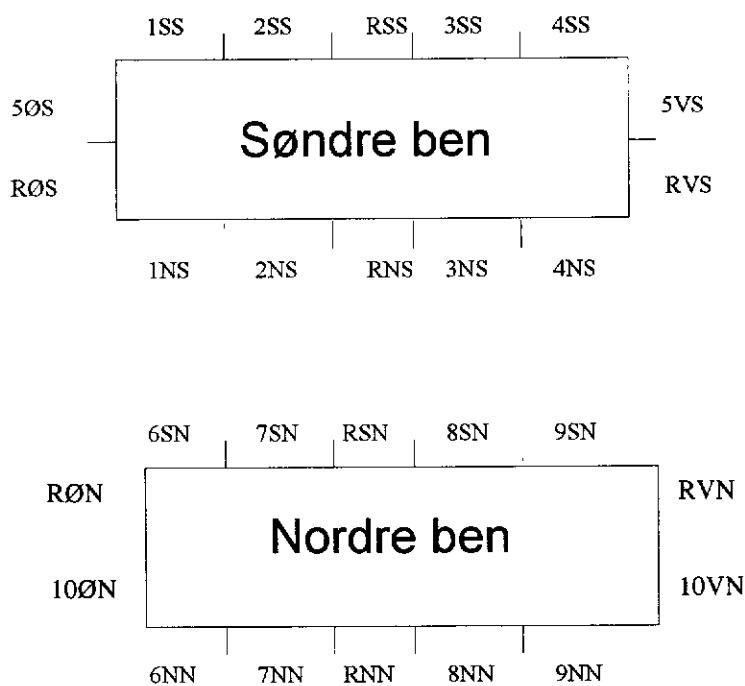
Tabell 1 Sjøvannets kloridkonsentrasjon

Årstid	[Cl ⁻] i %	Tilsvarende % NaCl
mai (1993)	0,95	1,57
november (1993)	1,73	2,85

3.3 PRØVE- OG REFERANSEFELTENE

Aktuell konstruksjonsdel er tårnet på Inderøy-siden. Tårnet har to bein, som begge ble behandlet på de nederste 5 m. Hvert bein har tverrsnitt ca 7 x 3.5 m, mens fundamentet er ca 12 x 29 m. Effektiv feltstørrelse er 1 x 5 m (b x h), og samme produkt er påført samme bein både på lo- og le-side.

Feltene ble under påføring adskilt med fastskutte trelekter, slik at en kunne dekke over nabofeltene med plast ved påføring. Dette sikret en entydig inndeling samt at kun ett og samme produkt påføres hvert felt. Det viste seg hensiktsmessig også å kunne dekke til feltene ved kraftig regnvær.



Figur 2 Inndeling av prøve- og referansefelt

- Forklaring til fig.2 :
1. tegn: tallet er entydig ut fra leverandør, R = referanse felt
 2. tegn: refererer til kompassretningen flaten vender mot
 3. tegn: refererer til tårnbenet: S=søndre, N=nordre

3.4 LOGGESYSTEM FOR RF OG TEMPERATUR

Motivasjonen for å montere et automatisk loggesystem for kontinuerlig måling av RF og temperatur, var todelt:

1. Undersøke om det er mulig å skille hovedtypene av overflatebehandling med hensyn på vannavvisende evne og diffusjonsåpenhet for vanndamp. En produkttype med gode egenskaper på begge kriterier vil teoretisk gi en redusert fuktighet i betongen over tid. Det er med andre ord viktig å registrere endringen av betongens fuktighet kontinuerlig.
2. Som et delprosjekt av REPCON skulle det utvikles kompetanse på området instrumentert overvåkning av betongkonstruksjoner. Utvikling av loggeutstyr for RF og temperatur var en del av dette.

Lignende utstyr ble under ett år tidligere (sommeren 1992) montert på Nerlandsøy bru i Møre og Romsdal, og det var viktig å danne et bredere erfaringsgrunnlag. I tillegg ble måleutstyret videre utviklet for å lette kalibreringsjobben og bli mer robust.

Utstyret ble montert i prøvefelt med

- a. tett maling/epoxy
- b. sementbasert slemmemasse (på lo- og le side)
- c. ikke-filmdannende hydrofobering/impregnering
- d. ubehandlet overflate (på lo- og le side)

3.5 FORUNDERSØKELSER

Før selve behandlingen av prøvefeltene tok til, ble betongen og overflatene dokumentert. De forundersøkelser som ble utført var:

- visuell registrering av overflatene med fotografering og skisser
- uttak av betongstøv for kloridinnhold
- uttak av borkjerner for kloridprofil
- uttak av borkjerner for fasthet og densitet
- uttak av borkjerner for kapillær sugehastighet
- uttak av borkjerner for vanntetthet
- bruk av prellhammer for å undersøke overflatenes homogenitet
- måling av overflatenes elektriske motstand (vekselstrøm)

4 RESULTATER FRA FORUNDERSØKELSEN

4.1 VISUELL REGISTRERING

Et kort sammendrag av den visuelle registreringen blir gitt i dette kapitlet. Skisser over de ulike feltene i tillegg til bilder av interessante "overflatefenomen" er gitt i bilaget side III.

Generelt kan det sies at ved sandblåsing kommer "alle" riss tydelig frem. De rissene en nesten ikke kan se på overflaten, selv med lupe, kommer klart frem ved sandblåsing

Det er generelt mange riss i overflaten. En del er typiske løfteriss etter glideforskalingen, mens andre typisk er svinriss. Mange av løfterissene er meget grove, opptil 3-4 mm brede.

Tabell 2 *Visuell registrering*

Sideflate	Felt	Sammendrag
Sør, søndre tårnbein	1SS, 2SS, RSS, 3SS, 4SS	Grove løfteriss i 1SS, i forbindelse med en horisontal sone, over hele sideflaten, med krakkelering og horisontale riss, i kt 2,4-2,8m over fundament. I kt 4,65 er det en støpeskjøt over hele sideflaten. Til venstre i 2SS er det et vertikalt riss opp til kt 2,3. Skråriss fra venstre side av 3SS opp til kt 1,8, inn i 4SS og fortsetter til kt 3,0 til venstre i 4SS.
Nord, søndre tårnbein	1NS, 2NS, RNS, 3NS, 4NS	Felt med reparasjonsmørtel i horisontal stripe i kt 3,5 og 4,5 over hele side-flaten. I 1NS og 2NS er det mye riss i kt 4,2-5. Mange horisontale riss tvers på feltene i flere høyder. Skråriss fra høyre side av 3NS opp til kt 1,7 på grensen til 4NS. Vertikalt riss i grensen mellom 2NS og RNS opp til kt 3,0.
Vest/Øst søndre tårnbein	5VS, RVS, 5ØS, RØS	Få løfteriss og andre riss (ikke sandblåst). Støpeskjøt i alle felt i kt 4,6, med reparasjonsmørtel i 5ØS. Reparasjonsmørtel flekkvis i kt 3,5 midt i RVS.
Sør, nordre tårnbein	6SN, 7SN, RSN, 8SN, 9SN	Mange små riss, krakkelering og områder med reparasjonsmørtel fra kt 4-4,5 og opp til 5 over hele sideflaten. Støpeskjøt i kt 2,3 og 3,4. Mange korte vertikallriss i flere høyder. Skråriss til høyre i 7SN opp til kt 2,5 mot 6SN. Vertikallriss i grensen 8SN/RSN opp til kt 2,5, i grensen 9SN/8SN opp til kt 1,5 og til venstre i 9SN opp til kt 3,8.
Nord, nordre tårnbein	6NN, 7NN, RNN, 8NN, 9NN	Opprissing og reparasjonsmørtel i området kt 2,8-3,6 og 4,6-5. Skråriss til høyre i 8NN opp til kt 1,45 i gr. og til kt 2,35 midt i 9NN. Vertikallriss til venstre i 7NN opp til kt 2,2. Tydelige løfteriss over hele side-flaten i alle høyder.

4.2 KLORIDINNHOLD

Det er generelt et lavt innhold av klorider - maksimalt 0,18% av betongvekt.

Betongstøv er boret ut ved hjelp av slagdrill, og samlet i tette plastposer. Utboringen ble foretatt av vegkontoret i Nord Trøndelag, og er gjort i 2 dybder 1-15 og 15-30 mm. Analysen er foretatt på laboratoriet ved vegkontoret i Nord Trøndelag. Det er benyttet Quantab-analyse med 5 g betongstøv og 50 ml 10% salpetersyre.

I tabellen under er verdi for kloridinnholdet angitt i % av betongvekt. Symbolet < angir målt verdi under deteksjonsgrensen på 0.033%. Symbolet - angir at det ikke er foretatt analyse.

Tabell 3 *Kloridinnhold i støv utboret 12. og 13. mai 1993. 1 og 4 meter over fundamenttopp.*

Felt	1 m		4 m		Felt	1 m		4 m	
	1-15	15-30	1-15	15-30		1-15	15-30	1-15	15-30
1SS	0.089	<	0.060	0.040	1NS	0.089	<	<	<
2SS	0.060	<	-	-	2NS	0.040	<	-	-
RSS	0.067	<	0.054	0.033	RNS	0.033	<	<	<
3SS	0.083	<	-	-	3NS	0.040	<	-	-
4SS	0.083	<	0.066	<	4NS	0.033	<	<	<
5VS	<	<	-	-	5ØS	0.130	<	-	-
RVS	<	<	<	<	RØS	0.180	<	<	<
6SN	0.060	<	0.072	<	6NN	0.040	<	<	<
7SN	0.072	<	-	-	7NN	0.033	<	-	-
RSN	0.060	<	0.083	<	RNN	0.040	<	<	<
8SN	0.083	<	-	-	8NN	0.040	<	-	-
9SN	0.060	<	0.060	<	9NN	0.040	<	<	<
10VN	0.054	<	-	-	10ØN	<	<	-	-
RVN	0.040	<	<	<	RØN	0.033	<	0.040	<

For å kontrollere om kloridinnholdet har øket i overflaten i tiden fra de første støvprøvene ble tatt ut og til overflatebehandlingen startet, ble det tatt ut noen nye prøver rett i forkant av påføringen.

Det kan ut fra de målte verdier konkluderes med at kloridinnholdet i overflaten ikke er øket.

Tabell 4 *Kloridinnhold fra utboret støv 15.juni 1993. 1,5 meter over fundamenttopp. Dagen før overflatebehandling.*

Felt	1-10 mm	Felt	1-10 mm
1SS	0.091	1NS	0.043 (*)
RSS	0.091	RNS	0.029
9SN	0.050	9NN	0.046
RSN	0.046	RNN	0.043

(*) Støvprøven er tatt ut 2,5 meter over fundamenttopp.

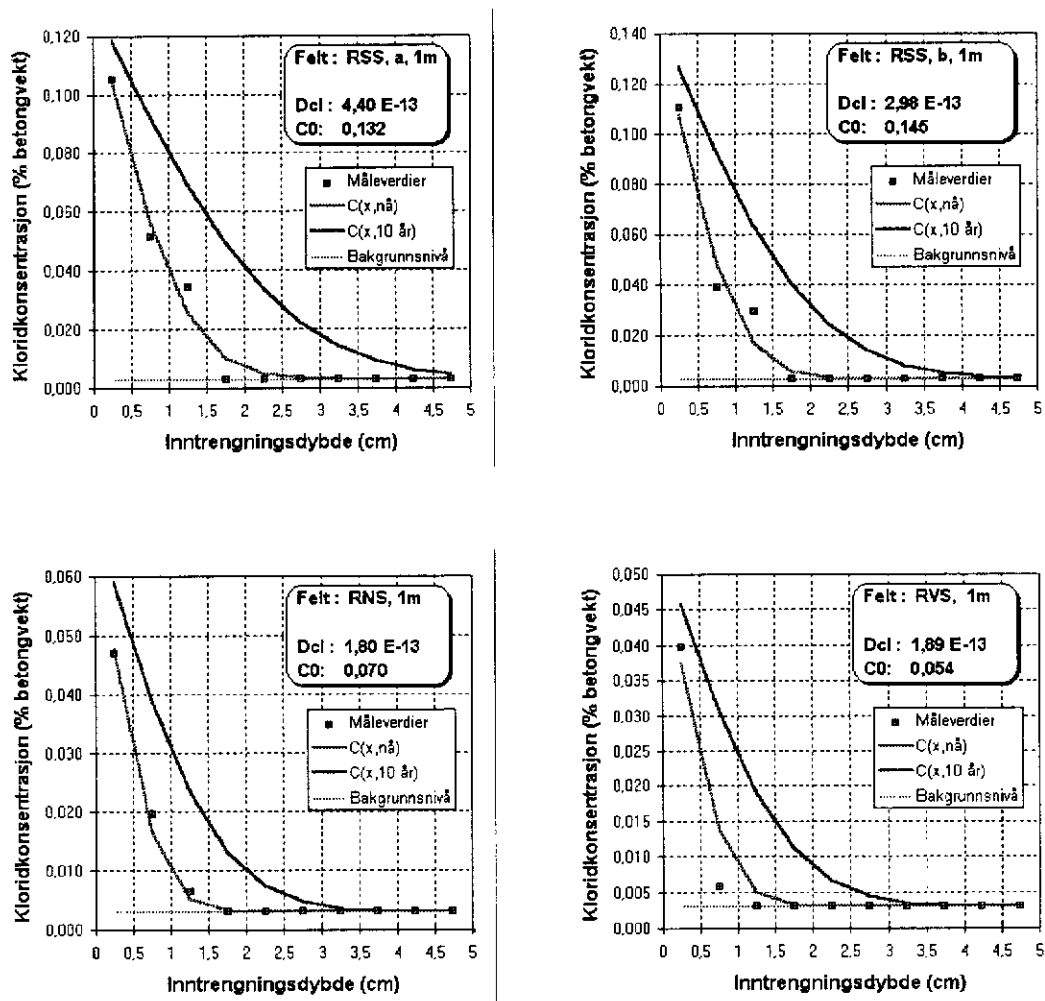
4.2.2 Fra utborete betongkjerner

Norut Teknologi AS har frest betongstøv og analysert kloridinnholdet i sjikt fra Ø55 mm kjerner boret ut av vegkontoret i Nord Trøndelag.

Claus K. Larsen har utarbeidet kloridprofiler og regnet ut diffusjonskoeffisienten D_{Cl} og overflatekonsentrasjonen C_0 , ved hjelp av Excel-regneark utviklet av S.Smeplass ved Institutt for konstruksjonsteknikk ved NTH. Regnearket benytter kurvetilpasning og minste kvadratsumsprinsipp.

Tabell 5 *Kloriddiffusjonskoeffisient og overflatekonsentrasjon fra utborete kjerner.*

Felt	D_{Cl} (10^{-13} m ² /s)	C_0 (% betongvekt)
RSS	4,40	0,132
RSS	2,98	0,145
RNS	1,80	0,070
RVS	1,89	0,054



Figur 3 *Kloridprofiler fra freste utborete kjerner, med diffusjonskoeffisient D_{Cl} og overflatekonsentrasjon C_0 .*

4.3 TRYKKFASTHET

Vegkontoret i Nord Trøndelag boret ut medio mai 1993, kjerner for prøving av trykkfasthet. Kjernene hadde diameter 55 mm og varierende lengde. Trykkprøvingen er foretatt ved Veglaboratoriet.

Omregnet syliderfasthet varierer mellom 35 og 54 MPa.

Tabell 6 Trykkfaset i MPa

Felt	1 meter	4 meter
	Omregnet sylindrefasthet	Omregnet sylindrefasthet
RSS	42,9	40,8
RNS	53,7	49,6
RVS	49,9	45,2
RØS	47,2	35,1

4.4 KAPILLÆR SUGEHASTIGHET OG VANNTETTHET

Verdiene for vanninntrengningen vitner om en betong med relativt dårlig motstand mot vanntrykk. Ett sett med prøver (snitt av tre kjerner) gir en gjennomsnittets inntrengning større enn 25 mm, som er grensen for vanntett betong. Maksimal inntrengning er opp til 67 mm for en av kjernene.

Resultatene fra kapillær sugeshastighet er "normale" for den betongkvaliteten som er benyttet. Verdiene kan karakteriseres ved middels til lav sugeshastighet og middels motstand mot kapillær vannmetning.

Prøvingen ble foretatt ved Veglaboratoriet på Ø100 mm kjerner boret ut av vegkontoret i Nord Trøndelag.

Skiver med tykkelse 20mm ble benyttet til kapillær sugeshastighet. Prøveprosedyren er som angitt i SINTEF rapport STF65 A88028. For prøving av vanntetthet var tykkelsen av prøvestykkene 70-80mm. Det ble benyttet vanntrykk som angitt i NS3420 L5 - 3, 5 og 7 MPa med ett døgn ved hvert trykknivå.

Tabell 7 Kapillær sugeshastighet og vanntetthet

Felt	Vanninntrengning i mm		Kapillær sugeshastighet	
	Middel (ant)	Maks	k (10^{-2} kg/m ² √s)	m (10^7 s/m ²)
RNS	16,2 (5)	42 mm	1,55	6,05
RSS	29,3 (3)	67 mm	-	-
RVS	-	-	1,42	8,28

4.5 OVERFLATENES HOMOGENITET

Betongoverflatenes homogenitet ble undersøkt ved bruk av prellhammer. 12 "skudd" ble fordelt på overflaten i 1 og 4 meters høyde over fundament. Dette ble gjort i alle referansefelt.

Det kan ut fra det prosentvise standardavviket, som for alle feltene er innenfor metodens egenspredning, konkluderes med at overflatene er homogene.

Tabell med tallverdier finnes i bilaget.

4.6 ELEKTRISK MOTSTAND I OVERFLATEN

Typiske verdier for elektrisk motstand mellom to punkt på betongoverflaten er i området 20-40 k Ω . Det er stor variasjon i verdiene, og det er ikke signifikante forskjeller mellom de ulike feltene. Felt 1SS, RNS, 5VS, RVS og RNN har imidlertid gjennomgående høyere verdier enn de andre feltene. Antar en at alle felt har tilnærmet samme fuktighet og temperatur, kan det bety at de nevnte felt har en tettere struktur. Antagelsen om jevn fuktighet er usikker, slik at ingen klare konklusjoner kan gis.

Måleverdiene gis i tabellform i bilaget.

Den elektriske motstanden er tenkt brukt til å karakterisere overflatens tetthet og ledende egenskaper. En høy elektrisk motstand kan indikere en tett eller tørr betongoverflate.

Endrer overflatemotstanden seg over tid kan det indikere at behandlingens egenskaper eller betongens fuktighet endrer seg.

Det må presiseres at betongens elektriske motstand øker med redusert fuktighet og redusert temperatur.

Betongoverflatenes elektriske motstand ble målt med vekselstrøm. To Cu/CuSO₄-elektroder, som vanligvis brukes til måling av korrosjonspotensial, ble brukt for å måle motstanden mellom to punkt på overflaten. "Punktene" ble dusjet med rent vann før målingen ble foretatt. Måleinstrumentet ble nullstilt med de to elektrodene kortsluttet, slik at den interne motstanden i systemet ble eliminert. Det er målt 0,5 og 1 meter over fundament, midt i hvert felt og med punktavstand 5 og 30 cm.

Alle målingene ble utført 15.06.93 - før flatene ble behandlet. Det var overskyet, lett regn av og til, 9-12 °C og 51-63% RF i luften. Betongen var overflatetørr.

ADRESSELISTE

Nicholai Buch AS, Fossegrenda 15, 7002 Trondheim v/P.A. Nesvold

Carboline, Postboks 540, 3412 Lierstranda v/S.O. Johnsen

Corromatic AS, Staupslia 18, 7600 Levanger v/B. Djupaune

Fjerby AS, Postboks 78 Kaldbakken, 0902 Oslo v/Emil W. Cappelen

Industrivern AS, Vingveien 3, 4045 Sola v/ I. Eldøy

Torvaldur Noason, Brønnavn. 16, 7710 Sparbu

Dag Nyvik, Postboks 100, 5210 Kalandseidet v/N. Njåstad

Rescon A/S, Valsetvegen 6, 2120 Sagstua v/ S. Kirkhus

Scancem Chemicals A/S, Postboks 1602 Vika, 0119 Oslo v/A. Rettvin

Sika Norge AS, Postboks 76, 1481 Hagan v/B. Stockmann

Øystein Vennesland, Institutt for konstruksjonsteknikk, 7034 Trondheim

Øvre Johnsen AS, Postboks 33, 7079 Flatåsen

Statens vegvesen Nord-Trøndelag, Vegkontoret, Byavn. 21, 7700 Steinkjer v/A. Rygh

Finn Fluge, Veglaboratoriet

Reidar Kompen, Veglaboratoriet

Claus K. Larsen, Veglaboratoriet

Gørild Malm Cornejo, Veglaboratoriet

Ian Markey, Veglaboratoriet

Elisabeth Schjølberg, Produksjonsavdelingen, Bruavdelingen

Anne Gro Tjugum Frogner, Veglaboratoriet

5 OVERFLATEBEHANDLING - OPPNÅDDE RESULTATER OG VURDERINGER

I dette kapitlet vil de enkelte leverandører med sitt produkt, egne kommentarer og vurderinger av behandlingen, etterbehandling og levetid bli presentert feltvis. Vegvesenets egne kommentarer har også sin plass her.

Det opplyses at ikke alle leverandører har svart på vårt krav om tilbakemelding på behov for etterbehandling og vurdering av levetid. Disse leverandører har selv "logget seg ut" av prosjektet, og vil ikke fra vår side være med i den totale vurderingen.

I bilaget vil det finnes datablader på produktene, fullstendig loggbok ført under overflatebehandlingen og gjengivelse av rapporten den enkelte leverandør har gitt oss.

Tabell 8 *Felt ISS og INS*

FELT: ISS/INS	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Tett maling / epoxy
FORBEHANDLING			DATO: 28-29.07.93
Sandblåsing. Høytrykksspyling med varmt vann (80°C) 6 dager før påføring.			
<u>PÅFØRINGS REDSKAP</u>			
Rull og kost			
<u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u>			
1. strøk er en type grunning. Leverandøren mener produktet med fordel kunne ha blitt sprøytet på med høytrykkssprøyte.			
2. strøk er maling/epoxy.			
<u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u>			
Leverandøren har ikke foretatt noen vurderinger av oppnådd resultat, behov for etterbehandling og antatt levetid.			
Rapport fra gjennomføringen av behandlingen er levert Veglaboratoriet.			

SUV vurderinger!

Tabell 9 *Felt 2SS og 2NS*

FELT: 2SS/2NS	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Slammemasse
<u>FORBEHANDLING</u> Sandblåsing. Høytrykksspyling med varmt vann (80°C) dagen før påføring.			DATO:16.06.93
<u>PÅFØRINGS REDSKAP</u> Kost			
<u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u> Massen ser ut til å bygge bra over riss og sprekker, men for større porer og luftblærer "punkterer" massen. Dette medførte at leverandøren gikk over flaten etterpå og etterfylte disse hullene. Overflaten blir meget jevn, både med tanke på overflatestruktur (tetter riss og mindre porer) og farge.			
<u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u> Resultatet ser meget vellykket ut til tross for dårlige værforhold. <u>Oppnådd levetid:</u> Vi mener at levetiden skal være lengre enn 20 år. <u>Behov for etterbehandling:</u> Reparasjon kan være nødvendig i sprekker som har større bevegelse enn massen er dimensjonert for.			

Tabell 10 *Felt 3SS og 3NS*

FELT: 3SS/3NS	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Hydrofobering
<u>FORBEHANDLING</u> Høytrykksspyling med varmt vann (80°C) dagen før påføring.			DATO:17.06.93
<u>PÅFØRINGS REDSKAP</u> Kost			
<u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u> Væsken ser ut til å trenge bra inn i overflaten, men suget er varierende over flaten. I et belte øverst i feltene er det tendenser til krakkelering, og her suger betongen tydelig sterkere. Det gjøres et forsøk fra leverandørens side på å "mette" denne delen av flaten, slik at flaten visuelt er jevnt "mettet".			
<u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u> Det er ikke gitt noen rapport fra gjennomføringen av behandlingen, og derfor er det ikke fra leverandørens side foretatt noen vurderinger av oppnådd resultat, behov for etterbehandling og antatt levetid.			

Tabell 11 *Felt 4SS og 4NS*

FELT: 4SS/4NS	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Hydrofobering
<u>FORBEHANDLING</u> Sandblåsing.			DATO: 21-22.07.93
<u>PÅFØRINGS REDSKAP</u> Lavtrykkssprøyte.			
<u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u> En halvtime etter påføringen av 1.strøk begynte det å blåse kraftig fra SV og det regnet. Regnet slår ikke direkte inn på flaten som er nybehandlet.			
<u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u> Det kan være en ulempe å fjerne den ytterste "betonghuden", idet denne huden kan være relativt tett til å begynne med. <u>Oppnådd levetid:</u> Vi regner med at levetiden er ca 10 år. <u>Behov for etterbehandling:</u> Ved eventuell etterbehandling anbefaler vi å rengjøre ved høytrykkspyling. Deretter gjentas impregneringen.			

Tabell 12 *Felt 5ØS og 5VS*

FELT: 5ØS/5VS	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Slammemasse
<u>FORBEHANDLING</u> Høytrykksspyling med varmt vann dagen før og 1 time før påføring. Kaster på vann med kost 5 minutter før påføring 1. strøk, og underveis i påføringen grunnet tørr overflate.			DATO: 16.06.93
<u>PÅFØRINGS REDSKAP</u> Kost.			
<u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u> Det begynner å regne to timer etter 1. strøk. Massen vaskes ut på mindre flater i nederste del av feltet - der det ble påført sist. Utvaskingen starter lokalt i større porer i betongoverflaten, og brer seg utover til knytteneve-store flater. De utvaskede massene fjernes (kostes bort) før 2. strøk. Dekker til feltet med plast etter 2.strøk.			
<u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u> Det er ikke gitt noen rapport fra gjennomføringen av behandlingen, og derfor er det ikke fra leverandørens side foretatt noen vurderinger av oppnådd resultat, behov for etterbehandling og antatt levetid.			

Tabell 13 *Felt 6SN og 6NN*

FELT: 6SN/6NN	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Slammemasse og maling / lasur
<u>FORBEHANDLING</u> Sandblåsing. Porefyller med Slammemassen. Koster på vann like før påføringen av Slammemassen.			DATO: 16.og 29.06.93
<u>PÅFØRINGS REDSKAP</u> 1. strøk er slammemasse/porefyller, og det brukes kost. 2. strøk er lasur, som rulles på.			
<u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u> Slammemasse: Massen er relativt "stiv" og grov, og fyller meget godt i porene. Leverandøren overser de øverste 50-60 cm av feltet, og må påføre her ca 45 minutter etter avslutning av 1. strøk. Det begynner å regne 1 time etter porefylling, og feltet dekkes med plast.			
<u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u> Beliggenheten av Skarnsundet bru gjør at slitasjen på overflatebehandlingen må betegnes å være stor. For lasuren beregnes gjenbehandlingstiden normalt å være ca 10 år. Ved gjenbehandling varmtvannspyles kun overflaten før etter-behandling på nytt med ett strøk lasur.			

Tabell 14 *Felt 7SN og 7NN*

FELT: 7SN/7NN	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Hydrofobering/lasur
<u>FORBEHANDLING</u> Høytrykkspyling med varmt vann ca to uker før påføringen.			DATO: 17.06.93
<u>PÅFØRINGS REDSKAP</u> Lavtrykkssprøyte, 5 bar.			
<u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u> Væsken er mer tyktflytende enn impregneringer på silan/siloxan-basis, og den danner en film som under herding er litt klebrig. Væsken trenger ujevnt inn, noe som sannsynlig skyldes ujevnt sug i betongen.			
<u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u> Det er ikke gitt noen rapport fra gjennomføringen av behandlingen, og derfor er det ikke fra leverandørens side foretatt noen vurderinger av oppnådd resultat, behov for etterbehandling og antatt levetid.			

Tabell 15 Felt 8SN og 8NN

FELT: 8SN/8NN	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Slammemasse
<p><u>FORBEHANDLING</u> Høytrykkspyling med varmt vann dagen før påføringen. Kostet vann på hele flaten like før påføring.</p> <p><u>PÅFØRINGS REDSKAP</u> Kost.</p> <p><u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u> Vann preller av på områder med <i>synlig</i> membranherder - her kan det skrapes av voks. Vann preller også av på områder uten synlig membranherder - her kan det heller ikke skrapes av voks. Kan dette være et resultat av at membranherderen kan ha blitt smeltet ved høytrykksspyling med varmt vann (opp mot 70-80°C) og trengt inn i betongen? Felt 8NN er "verre" i betydning mer membranherder og større flater hvor vannet preller av, enn felt 8SN.</p> <p>Massen har meget gode fyll-egenskaper. Det begynte å regne i løpet av påføringen av 2. strøk. Vannet rant nedover den ferske massen, men tilsynelatende ble ingenting vasket ut.</p> <p><u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u> Ved "normale" forhold vil slammemassen ha en levetid på 50 år +. Vi vil anslå en tilsvarende levetid i dette tilfellet, men ett forbehold må tas; den store mengden av herdemembran som fremdeles sitter på overflaten kan medføre svikt i vedheften mellom slammemassen og betongen.</p>			<p>DATO:16.06.93</p>

Tabell 16 *Felt 9SN og 9NN*

FELT: 9SN/9NN	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Slammemasse
<u>FORBEHANDLING</u> Sandblåsing. Kostet vann på hele flaten ca 1/2 time før påføring.			DATO:16.06.93
<u>PÅFØRINGS REDSKAP</u> Kost.			
<u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u> Det begynner å regne rett etter både 1. og 2. strøk. Dekker til feltet (9SN) med plast i begge tilfellene. Plasten ble presset mot den ferske massen pga. vind, slik at et tynt slamlag festet seg på innsiden av plasten. Litt regn renner på innsiden av plasten, men ingenting av massen vaskes ut. Massen er tyntflytende, har tendens til å renne og tetter ikke porer større enn 2-3 mm. De store porene blir dekket innvendig, men de fylles ikke.			
<u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u> Levetiden er basert på 8 år eller mer. Vi tar forbehold om heft på eventuell herdemembran. Det er normalt ikke nødvendig med etterbehandling før etter 8 år eller mer. Ved skader eller ved behov av ny behandling anbefales følgende: høytrykkspyling, forvanning og slemming i 2 strøk, ca 3 kg/m ² .			

Tabell 17 *Felt 10ØN og 10VN*

FELT:10 ØN/10VN	FIRMA:	PRODUKT:	PRODUKTTYPE: Maling
<u>FORBEHANDLING</u> Høytrykkspyling med varmt vann (80°C) før påføring. Det er viktig at overflaten ikke er tørr ved påføring.			DATO:27-28.07.93
<u>PÅFØRINGS REDSKAP</u> Rull.			
<u>GENERELLE OBSERVASJONER UNDER BEHANDLINGEN</u> Overflaten var meget fuktig ved start av påføringen. På den øverste delen av feltet perlet vannet seg. Det ble brukt kost for å "stappe" stoff inn i porene. Ca 10 minutter etter påføring av 2.strøk kommer det styrtregn, og deler av dette strøket vaskes bort og renner utover fundamentet. Nytt 2.strøk påføres dagen etter.			
<u>LEVERANDØRENS EGNE VURDERINGER</u> Vi anser resultatet av behandlingen som god, men vi må ta et lite forbehold om heftfastheten mellom første og andrestrøket. Levetiden med påført to strøk er inntil 20 år. Etterbehandling med høytrykkspyling og et strøk med uttynnet maling og deretter et strøk med uforynnet maling.			

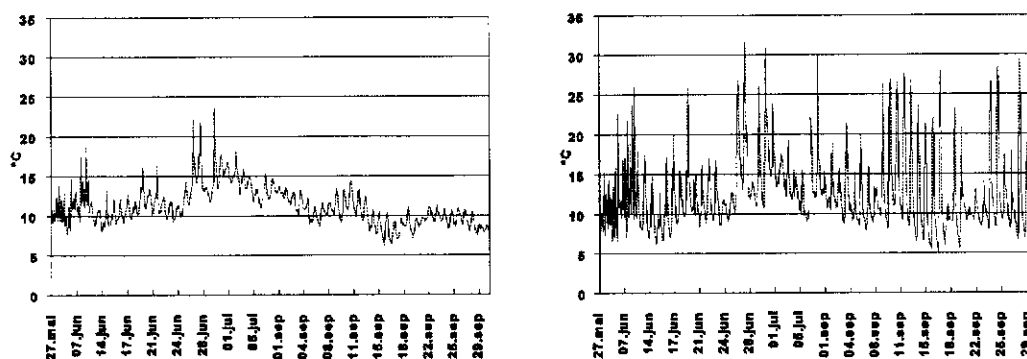
6 OVERVÅKNING AV RF OG TEMPERATUR - SAMMENSTILT MED VÆRDATA

Utstyret for kontinuerlig registrering av RF og temperatur i betongens yttersjikt, ca 10-15 mm fra overflaten, ble montert to uker før første behandling. De feltene som skulle sandblåses var ferdig sandblåst før montering - dette var et krav for at utstyret ikke skulle ødelegges.

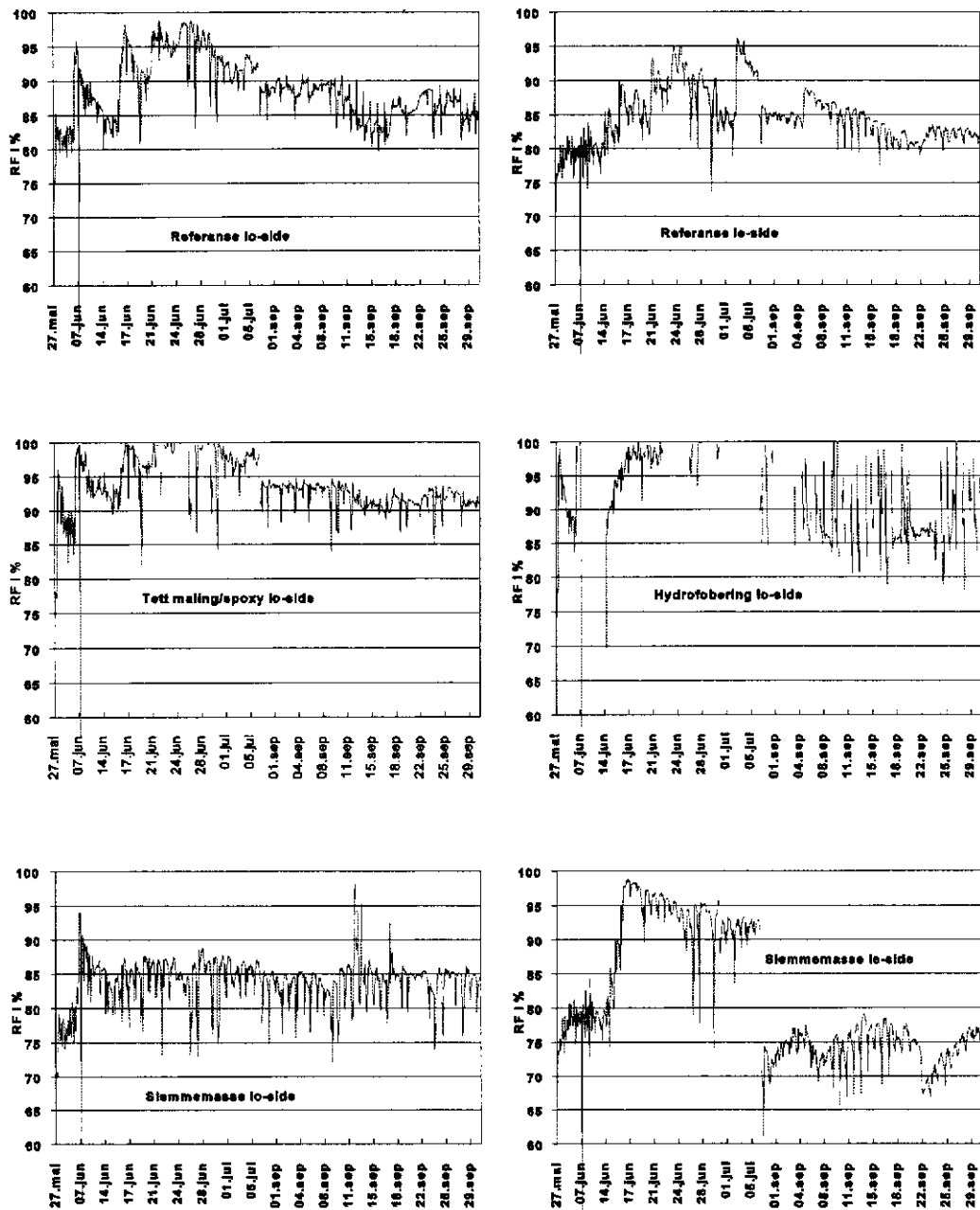
I den perioden de ulike produktene herder og utvikler seg avhengig av klimaforholdene, er av spesiell interesse. De ubehandlede referansefeltene opptrer som "miljø-observatører," slik at registrering av spesielt RF i disse feltene er viktig.

Grunnet ulike tekniske komplikasjoner, er det dessverre ikke kontinuitet for alle feltene i denne perioden.

Det er registrert data i intervallene 29.mai til 6.juli 1993 og fra 30.august 1993 til dags dato. Det er i denne rapporten valgt å presentere data frem til 30.september 1993.



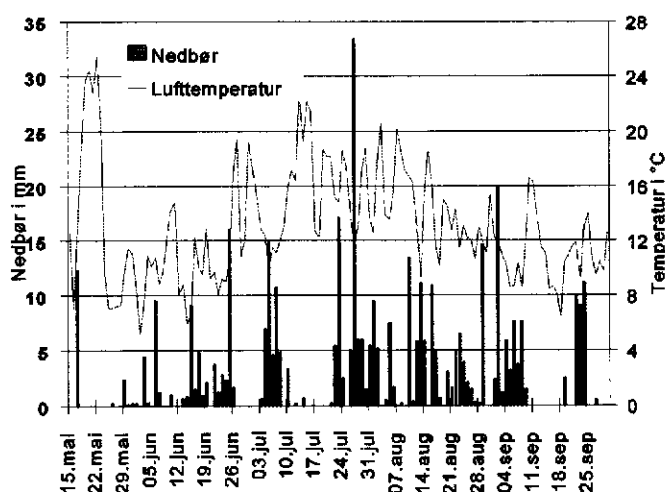
Figur 4 *Temperatur i referansefeltene på le-side. Betong til venstre og lufttemperatur til høyre.*



Figur 5 RF-målinger frem til 30. september 1993.

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) sender værdata fra to værstasjoner i Verdal kommune (Sul og Reppe), en ved Mære i Steinkjer kommune (kun nedbør) og en i Namdalseid kommune. Det blir registrert vindretning og -styrke, nedbørsmengde, lufttemperatur og skydekke.

For perioden under og to uker etter behandling av de ulike feltene er lufttemperatur og nedbørmengder av spesiell interesse. Disse data fra stasjonen ved Verdal-Reppe presenteres i figuren under. For å sammenligne logget RF og lufttemperatur med værdata, er data ut september 1993 også tatt med. Temperaturen i figuren er målt klokken 13 og nedbørmengden er for hele døgnet fra 07-07.



Figur 6 Værdata fra Reppe i Verdal kommune

Lufttemperaturen på lo-side (mot sørøst) av tårnet stemmer godt overens med lufttemperaturen ved værstasjonen i Verdal, men sprangene er store mellom dag og natt. Betongtemperaturen på le-side (mot nordvest) har naturlig et mer jevnt forløp enn lufttemperaturen, men verdiene er i samme "riktige" nivå. Før overflatebehandling av prøvefeldene var RF den første uken med kontinuerlig registrering (hver time), i området 75-90% (flestepå 75-80%).

Etter relativt mye regn den 6.juni stiger RF samme dag i alle felt på lo-side. I perioden frem til 25.juni, da det regner mye, øker RF i de to ubehandlede feltene. Dette viser at registreringen av RF kan fange opp store endringer i betongens fuktighet. I feltet som skal hydrofoberes ble det etter montering, oppdaget at et tynt riss i betongen gikk inn til hullet med målesonden. Dette skapte problemer med vann direkte på denne ene målesonden, og den ble derfor montert et annet sted på samme felt senere på året. Målingene fra dette feltet er derfor usikre i denne perioden, og er ikke tatt med i vurderingen her.

For både referansefeltene og prøvefeldene med slemmemasse, er RF generelt lavere på le-side enn lo-side. Forskjellen er mellom 5 og 10 prosentpoeng. RF er for feltet med slemmemasse generelt lavere, men med større variasjon, enn det ubehandlede feltet.

7 SLUTTKOMMENTARER

Denne rapporten oppsummerer grunnlaget for gjennomføringen av prosjektet, og gir bakgrunnsdata fra felt- og laboratorieundersøkelser gjort i forkant.

Alle prosjektets deltagere var i starten meget innstilt på å gjennomføre dette best mulig. Det er derfor skuffende at ikke alle produktleverandørene har vist interesse for oppfølgingen, ved at de ikke har gitt en forpliktende tilbakemelding på levetid og behov for gjenbehandling.

Vurderingen av de ulike behandlingene med hensyn på tekniske egenskaper som blant annet kloridinntrengning, RF og vedheft til underlaget, blir foretatt fortløpende. Rapportering av denne oppfølgingen skjer i egen rapport, som blir ajourført etter hver oppfølging.

Det er i skrivende stund gjennomført en oppfølging, ett år etter oppstart. Der ble kloridinntrengning, RF og vedheft registrert i tillegg til at det ble foretatt en visuell undersøkelse av hvert felt.

I prosjektet er det forutsatt en nøye oppfølging av kloridinntrengning, RF og temperatur. Dette vil skje hvert år. På slutten av prosjektperioden, etter 10 år, skal det foretas en større gjennomgang av alle felt, med grundige felt- og laboratorieanalyser.

Det automatiske loggesystemet for RF og temperatur hadde enkelte problemer i starten. En sonde måtte monteres på nytt grunnet et riss i betongen inn til sonden. Modem og telefonlinje var ikke alltid samarbeidsvillige, og det ble i starten skiftet ut to modemer og en telefonlinje. Selve dataloggeren brøt sammen etter noen uker, men dette ble raskt rettet opp av leverandøren, som har vært meget innstilt på god og rask service. Dataloggeren har siden fungert utmerket.

Prosjektet har så langt fungert etter planene, og allerede gitt nyttig informasjon og kunnskap om overflatebehandling generelt og måling av RF og temperatur spesielt.

TEGNFORKLARING TIL SKISSENE

⊙ Reparasjonsmørtel

✓ Løfteriss

~~##~~ Støpeskjøt / dårlig sone

∕ Riss

Op Uttak av borstør for kloridinnhold

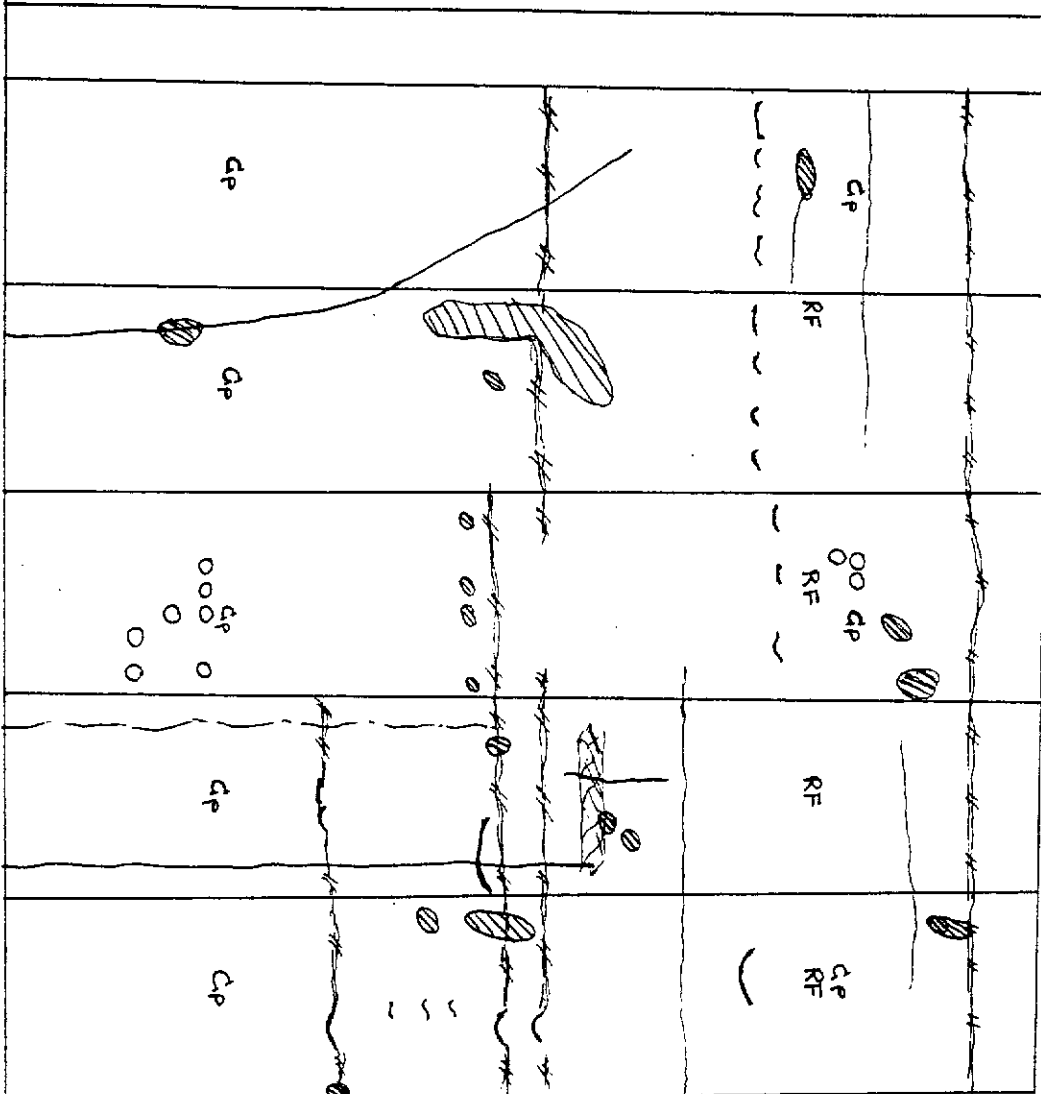
RF Måler for RF og temperatur

O Kjerne tatt ut for undersøkelse i lab.

~~XXX~~ Sone med kvakekledning og "ruffete" betong.

FELT 1SS TIL 4SS

Produkttype	Hydrofobering	Hydrofobering	Ubehandlet	Stemmehasse	Tett maling
Forbehandling	Sandblåsing	Høytrykspyling		Sandblåsing	Sandblåsing
Feltnavn	4SS	3SS	1RSS	2SS	1SS



Produkttype
Forbehandling
Feltnavn

Tett maling
Sandblåsing
INS

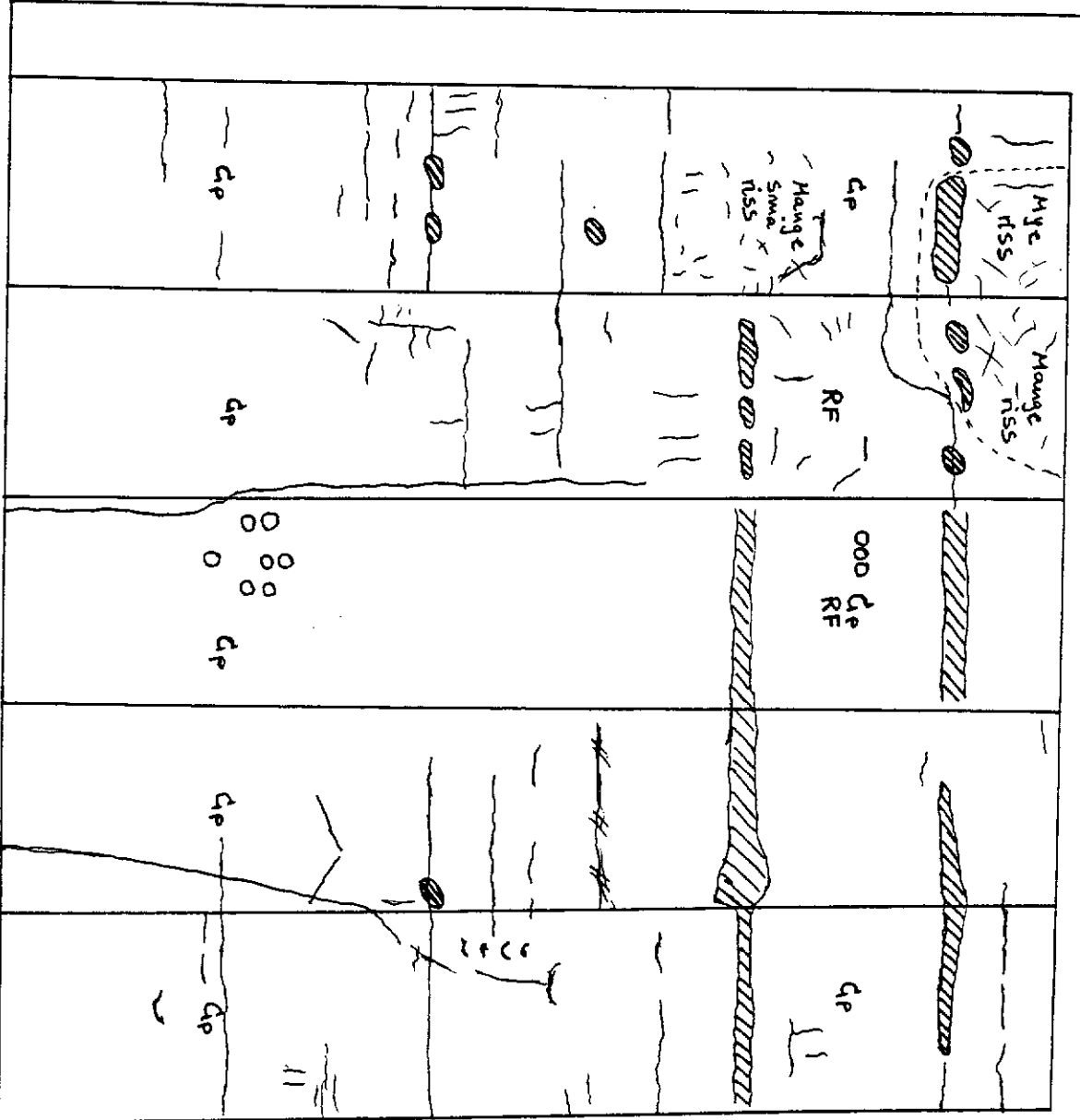
Stemmehmasse
Sandblåsing
2NS

Ubehandlet
RNS

Hydrofobering
Høytr. spyling
3NS

Hydrofobering
Sandblåsing
4NS

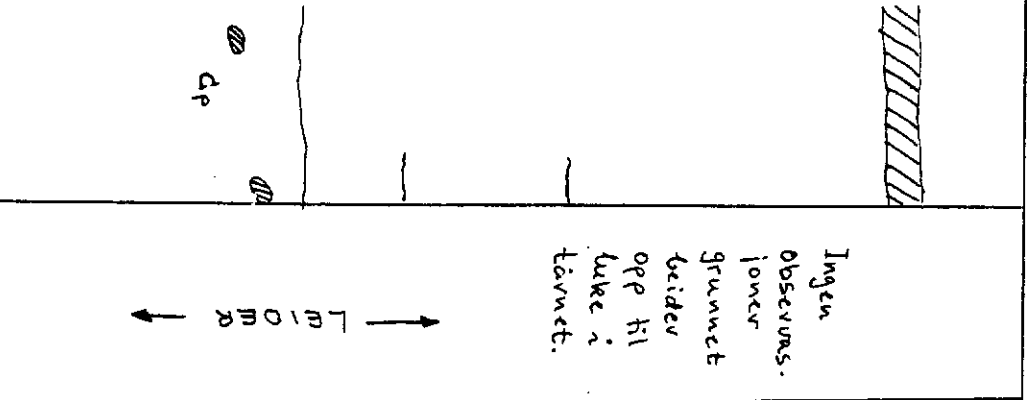
FELT 1NS TIL 4NS



FELT RVS TIL SVS

Produkttype Forbehandling Feltnavn	Ubehandlet RVS Slemmemasse Høytr. spyling SVS

FELT RØS TIL 5ØS

Produkttype Forbehandling Felt navn	Stemmehasse Høytt. spyling 5ØS	Ubehandlet RØS
		

FELT 6SN TIL 9SN

Produkttype	Stemmennasse	Stemmennasse	Ubehandlet	Hydrofobering	Stemmennasse maling/lasur
Forbehandling	Sandblåsing	Høytr. spyling		Høytr. spyling	Sandblåsing
Feltnavn	9SN	8SN	RSN	7SN	6SN
	<p>Mange riss</p>	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>Mange små riss</p>
	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>Mange riss</p>
	<p>Mange vertikale riss</p>	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>Mange riss</p>
	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>dp</p>	<p>dp</p>

FELT 6NN TIL 9NN

Produkttype	Stemmehemasse maling/lasur	Hydrofobering	Ubehandlet	Stemmehemasse	Stemmehemasse
Forbehandling	Sandblåsing	Høytr. spyling		Høytr. spyling	Sandblåsing
Feltnavn	6NN	7NN	RNN	8NN	9NN

Tabell i *Prellhammer-målinger*

Felt	1 meter		4 meter	
	Middel	Standardavvik % av middel	Middel	Standardavvik % av middel
RSS	425,8	5,17	435,0	3,49
RNS	443,3	7,76	445,0	3,96
RVS	451,7	1,66	436,7	3,14
RØS	446,7	7,84	485,0	1,73
RSN	471,7	5,26	466,7	8,74
RNN	401,7	6,75	390,0	9,87
RVN	431,7	3,71	423,3	6,28
RØN	436,7	6,09	410,0	8,59
Alle felt og begge høyder - 96 "skudd"			437,6	7,84

Tabell ii *Elektrisk motstand mellom to punkt på overflaten.
Verdier gitt i k Ω og nivå for tre målinger*

Felt	0,5 meter		1 meter	
	5 cm	30 cm	5 cm	30 cm
1SS	60-80	55-100	45-60	50-60
2SS	30-35	20-25	30-35	30-35
RSS	30-35	30-40	30-40	25-35
3SS	35-45	28-55	40	30-40
4SS	25-30	20-35	20-25	25-45
4NS	15-20	5-10	20	15-25
3NS	20-30	20-30	25-30	25-30
RNS	50-90	35-55	40-55	55-65
2NS	25-30	25-30	30-40	35
1NS	25-35	20-25	20-25	20-40
5VS	50-65	55-75	40-50	30-60
RVS	50-70	45-55	60-70	50-85
5ØS	30-40	35-60	50-60	35-40
6SN	10-15	10-25	10-15	10-25
7SN	30-40	35-40	35-50	40-50
RSN	30-35	25-30	15-25	25-30
8SN	25-40	25-35	45-55	30-35
9SN	25-30	20-25	35-40	30-35
9NN	15-20	20-25	20-35	25-30
8NN	20	15-20	30	25-35
RNN	40-60	55-65	65-75	50-55
7NN	25-30	35-45	60-65	45-50
6NN	45-50	40-50	30-40	30-35