



Statens vegvesen

# Salt befuktet med varmt vann Forstudie sesongen 2003/2004

RAPPORT

Teknologiavdelingen

nr: 2370



Vegdirektoratet  
Teknologiavdelingen  
Desember 2004

# Intern rapport nr. 2370

## Salt befuktet med varmt vann Forstudie sesongen 2003/2004

### Sammendrag

Gjennom utviklingen av strøtstyr for Fastsand, ligger det nå til rette for å prøve ut en helt ny metode ved å tilsette varmt vann til salt. Sesongen 2003/2004 var det stasjonert en Fastsandenhet på Lyngdal vegstasjon som er benyttet til forsøkene med salt befuktet med varmt vann. I tillegg til å være et vesentlig bidrag til å øke kunnskapene om alternative metoder, er dette også interessant fordi det vil kunne øke anvendelsen av Fastsandenhetene.

Målsettingen med dette forsøket har vært å se om metoden med befuktning av salt med varmt vann kan være et alternativ til den tradisjonelle måten å befukte salt ved å tilsette saltløsning. Resultatene fra forsøkene som er utført i uke 2, 5 og 9 i 2004 viser klare tendenser til at det er en forskjell i favor av den nye metoden med befuktning med varmt vann både i forhold til en raskere virkning og jevnt høyere friksjonsnivå sammenlignet med tradisjonell salting med tilsetning av saltløsning som befuktingsvæske. Det er først etter 2,5 timer at de 2 metodene nærmer seg hverandre. Resultatene må også sees i lys av at den totale saltmengden reduseres ved å erstatte saltløsning med vann. Hvis disse resultatene holder seg i videre forsøk, vil det si at en kan oppnå den samme effekten i forhold til friksjonsutvikling med en mindre saltmengde med den nye metoden sammenlignet med tradisjonell salting.

Ut fra tester som ble gjennomført med preventiv salting, var det ikke mulig å se noen markant forskjell mellom de 2 metodene i forhold til mengden restsalt etter preventive tiltak. Dvs at det lå igjen like mye salt på vegbanen med den nye metoden som med tradisjonell befuktning med saltløsning. Dette tyder klart på at den nye metoden også egner seg til preventive tiltak.

Testene som er gjort bekrefter at befuktning av salt med varmt vann er et alternativ som det er interessant å gå videre med, og en har foreløpig ikke avdekket uheldige sider med metoden. Det er likevel viktig å gjøre flere tester for å få mer erfaring med metoden og for å gi svar på de problemstillingene som er reist bl a i forhold til hvor mye den kjemiske prosessen påskyndes, riktig væskemengde, hvor mye kan saltmengden reduseres og konsekvenser for trafikk- og temperaturrenser for salting.

Emneord: *Veg, vinterdrift, salting, varmt vann*

Kontor:

Saksbehandler: *Roar Støtterud*

Dato: *Desember 2004*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Teknologiavdelingen

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo

Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44





**SINTEF Teknologi og samfunn**  
Veg og samferdsel

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: Klæbuveien 153  
Telefon: 73 59 46 60  
Telefaks: 73 59 46 56

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Salt befuktet med varmt vann. Forstudie sesongen 2003/204**

FORFATTER(E)

Trond Dreiem, Torgeir Vaa

OPPDRAGSGIVER(E)

Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim, Vegdirektoratet

RAPPORTNR. STF22 A04351	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Roar Støtterud	
GRADER, DENNE SIDE	ISBN 82-14-03606-2	PROSJEKTNR. 223302	ANTALL SIDER OG BILAG 46
ELEKTRONISK ARKIVKODE i22j151\rapport\2003_2004\intern rapport_2370.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Torgeir Vaa <i>Torgeir Vaa</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Terje Giæver <i>Terje Giæver</i>	
ARKIVKODE 223302	DATO Desember 2004	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Lillian Fjerdings, Forskningsjef <i>Lillian Fjerdings</i>	

## SAMMENDRAG

Gjennom utviklingen av strøtstyr for Fastsand, ligger det nå til rette for å prøve ut en helt ny metode ved å tilsette varmt vann til salt. Sesongen 2003/2004 var det stasjonert en Fastsandenhet på Lyngdal vegstasjon som er benyttet til forsøkene med salt befuktet med varmt vann. I tillegg til å være et vesentlig bidrag til å øke kunnskapene om alternative metoder, er dette også interessant fordi det vil kunne øke anvendelsen av Fastsandenhetene.

Målsettingen med dette forsøket har vært å se om metoden med befuktning av salt med varmt vann kan være et alternativ til den tradisjonelle måten å befukte salt ved å tilsette saltløsning. Resultatene fra forsøkene som er utført i uke 2, 5 og 9 i 2004 viser klare tendenser til at det er en forskjell i favør av den nye metoden med befuktning med varmt vann både i forhold til en raskere virkning og jevnt høyere friksjonsnivå sammenlignet med tradisjonell salting med tilsetning av saltløsning som befukningsvæske. Det er først etter 2,5 timer at de 2 metodene nærmer seg hverandre. Resultatene må også sees i lys av at den totale saltmengden reduseres ved å erstatte saltløsning med vann. Hvis disse resultatene holder seg i videre forsøk, vil det si at en kan oppnå den samme effekten i forhold til friksjonsutvikling med en mindre saltmengde med den nye metoden sammenlignet med tradisjonell salting.

Ut fra tester som ble gjennomført med preventiv salting, var det ikke mulig å se noen markant forskjell mellom de 2 metodene i forhold til mengden restsalt etter preventive tiltak. Dvs at det lå igjen like mye salt på vegbanen med den nye metoden som med tradisjonell befuktning med saltløsning. Dette tyder klart på at den nye metoden også egner seg til preventive tiltak.

Testene som er gjort bekrefter at befuktning av salt med varmt vann er et alternativ som det er interessant å gå videre med, og en har foreløpig ikke avdekket uheldige sider med metoden. Det er likevel viktig å gjøre flere tester for å få mer erfaring med metoden og for å gi svar på de problemstillingene som er reist bl a i forhold til hvor mye den kjemiske prosessen påskyndes, riktig væskemengden, hvor mye kan saltmengden reduseres og konsekvenser for trafikk- og temperaturgrenser for salting.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Samferdsel	Transport
GRUPPE 2	Veg	Road
EGENVALGTE	Vinterdrift	Winter Maintenance
	Salting	Salting
	Varmt vann	Hot Water



# Innhold

Summary.....	ii
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Målsetting .....	1
2. Forsøksopplegg.....	2
2.1 Undersøkte metoder.....	2
2.2 Arbeidshypoteser .....	4
2.3 Forsøksområde og trafikkgrunnlag.....	5
2.4 Rutiner for dokumentasjon av effekter.....	8
2.4.1 Friksjon– og spormåling.....	8
2.4.2 Saltkonsentrasjon.....	8
2.4.3 Fuktighet.....	9
2.4.4 Klima .....	10
2.4.5 Foto.....	10
3. Testforberedelser og faktorer som virker inn på målingene.....	11
3.1 Testforberedelser .....	11
3.1.1 Strekninger .....	11
3.1.2 Kalibrering.....	11
3.1.3 Restsalt .....	11
3.1.4 Restfuktighet.....	12
3.2 Faktorer som virker inn på målingene.....	12
3.2.1 Klima .....	12
3.2.2 Lokale forhold .....	12
4. Oversikt over forsøksstrekninger .....	14
4.1 Strekninger uke 2.....	14
4.1.1 Dato:6/1-04.....	14
4.1.2 Dato:7/1-04.....	15
4.2 Strekninger uke 5, dato:28/1-04 .....	17
4.3 Strekninger uke 9.....	19
4.3.1 Dato:24/2-04.....	19
4.3.2 Dato:25/2-04.....	21
4.3.3 Dato:26/2-04.....	22
5. Resultater.....	23
5.1 Foto av vegtilstand .....	23
5.2 Analyse av utvikling i friksjon og restsalt.....	28
5.2.1 Resultater fra uke 2 / 2004.....	28
5.2.2 Resultater fra uke 5 / 2004.....	30
5.2.3 Resultater fra uke 9 / 2004.....	33
5.3 Sammendrag av måleresultatene .....	40
5.3.1 Temperaturforhold.....	40
5.3.2 Virkning på friksjonsutviklingen.....	40
5.3.3 Preventiv salting på E39 .....	44
5.4 Beregning av frysepunkt.....	45
5.5 Feilkilder.....	45
6. Oppsummering .....	46

## Summary

The development of spreader equipment for the new sanding method Fastsand (warm wetted sand) has made it possible to try a completely new salting method by adding hot water to dry salt. The winter season 2003/2004 there was located a truck for the Fastsand technique at Lyngdal road station in Norway. This truck has been used for trials with salt prewetted with hot water. In addition to be a substantial contribution to increase the knowledge on alternative methods, this has also been interesting from the point of view to extend the utilisation of the new trucks.

The goal with the trials has been to look into the possibility of using the method based on prewetting salt with hot water as an alternative to the traditional way of prewetting salt with brine. The results from a preliminary study made in week 2, 5 and 9 in 2004 showed clear tendencies to a difference in favour of the new method with hot water both regarding a faster melting impact and an over all higher friction level compared to traditional salting by adding brine as a humidification liquid. It is not until 2.5 hours that the two methods are brought near each other regarding friction development. When evaluating the results it must also be taken into account that the total amount of salt is reduced by substituting brine with water as long as the dosage is kept constant. If the results are confirmed by further trials, this will imply that it is possible to achieve the same effect regarding friction development with less salt with the new method compared to traditional salting.

From tests carried out with anti-icing actions, it was not possible to see any marked difference between the two methods measured in terms of residual salt on the pavement. I.e. it was found the same amount of residual salt with the new method as with the traditional salting method using brine as liquid additive. This indicates clearly that the new method is suitable not only for de-icing but also for anti-icing actions.

The preliminary study carried through confirms that prewetting salt with hot water is an interesting alternative, and so far there has not been revealed any negative aspects with the method. It is still however important to continue the testing program to gain more experience with the method in order to give answer to the questions raised amongst other things to what extent the chemical process is accelerated, the correct amount of liquid, how much can the total amount of salt be reduced and possible consequences for the traffic and temperature limits for using salt as a chemical in the winter operations.

## **1. Innledning**

### **1.1 Bakgrunn**

Fastsand har revolusjonert sandstrøingsteknikken både når det gjelder utstyr og i forhold til effekten av tiltak. Nøkkelen til den store friksjonsforbedringen ligger i tilsetningen av kokende vann til grusmaterialene. En standard Fastsandenhet bygd opp etter gjeldende kravspesifikasjon er dessuten et fleksibelt utstyr som kan benyttes både til sand og salt med og uten tilsetning av befuktning. Dette åpner for utvikling og uttesting av nye strøteknikker.

Ved salting er saltløsning i dag det mest vanlige befuktningsmiddel, men det pågår også uttesting av befuktning ved bruk av magnesiumkloridløsning for å se hvordan dette virker inn både i forhold til saltforbruk og temperaturgrensene for salting.

Gjennom utviklingen av strøtutstyr for Fastsand, ligger det nå til rette for å prøve ut en helt ny metode ved å tilsette varmt vann til saltet. Sesongen 2003/2004 var det stasjonert en Fastsandenhet på Lyngdal vegstasjon som en benyttet til forsøkene med salt befuktet med varmt vann. I tillegg til å være et vesentlig bidrag til å øke kunnskapene om alternative metoder, er dette også interessant fordi det vil kunne øke anvendelsen av Fastsandenhetene gjennom å utnytte fleksibiliteten som ligger i utstyret. Dvs at det kan strøs enten med sand eller salt med og uten befuktning avhengig av som er den beste metoden til enhver tid.

### **1.2 Målsetting**

Målsettingen med prosjektet har vært å undersøke om befuktning av salt med varmt vann kan være en alternativ saltingsmetode. Metoden med å tilsette varmt vann til salt vil trolig påskynde den kjemiske prosessen, og er så vidt en kjenner til ikke dokumentert tidligere. Hovedhensikten med å bruke varmt vann som befuktningsmiddel er å se om dette vil redusere de totale saltmengdene. Andre problemstillinger er om salt tilsatt varmt vann gir en raskere effekt på veggen og hvordan dette i så fall virker inn i forhold til trafikkgrensene som er satt for bruk av salt.

Det var ikke forventet at den første prøvevinteren skulle gi fullstendig svar på de ulike hypotesene som er reist, og prosjektet ble lagt opp som en forstudie for å se om det var grunnlag for å gå videre med konseptet.



## 2. Forsøksopplegg

### 2.1 Undersøkte metoder

Utgangspunktet for testene var at en ønsket å starte med utprøving av befuktet salt med tilsetning av varmt vann som befuktingsvæske som alternativ til å benytte saltløsning uten ekstra energitilførsel. For å kunne dokumentere effekter av alternative metoder er det nødvendig å ha en referanse. Det var da naturlig å benytte standard befuktingsmetode som referanse, dvs befukning med saltløsning.

Spreaderne som ble bruk under testene var av typen Stratos Lava II med tilsetning av varmt vann og Epoke Sirius med tilsetning av saltløsning, se henholdsvis Figur 2.1 og Figur 2.2. Begge enhetene kjørte med standard befuktingsmengde, dvs 70 vekt-% tørrstoff og 30 vekt-% væske.



**Figur 2.1:** Bilde av *Stratos Lava II* (varmt vann)

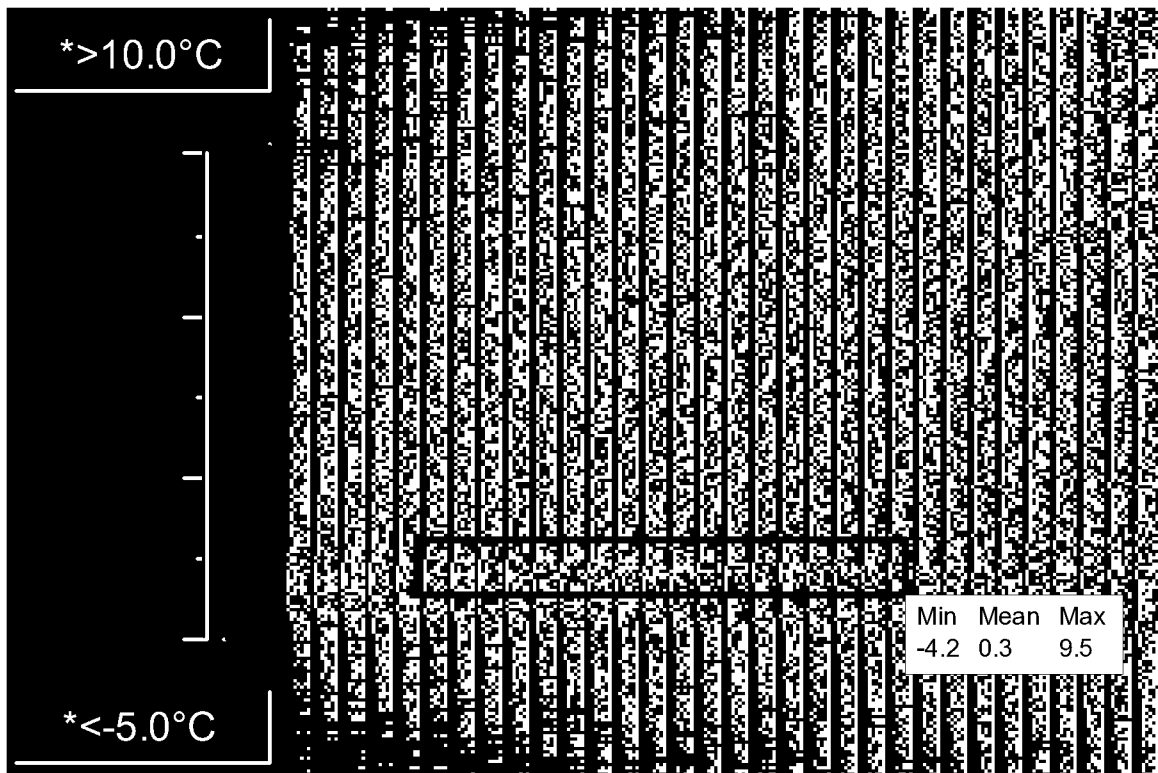


**Figur 2.2:** Bilde av *Epoke Sirius* (saltløsning)

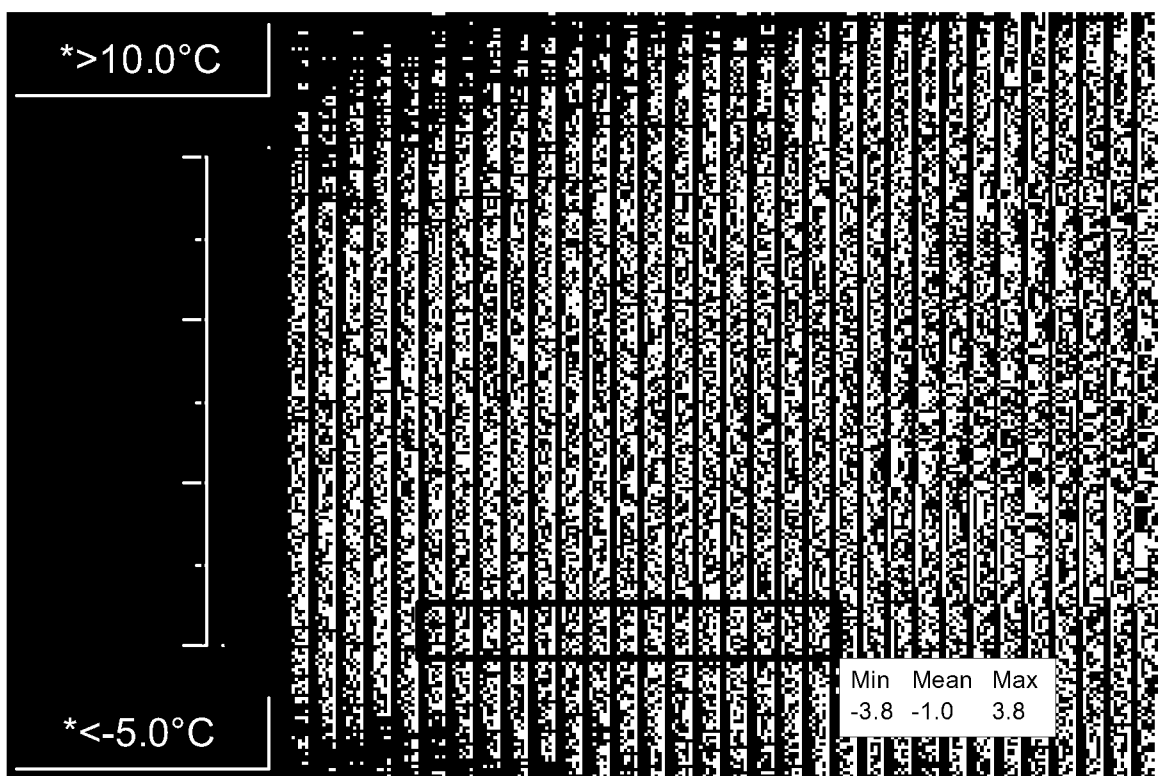
For å ha god kontroll på den totale fuktigheten ble det benyttet NaCl steinsalt til testene. Dette er et salt som har under 0,5 % fuktighet. Vanlig sjøsalt kan ha en fuktighet på 2-3 %. Det er viktig å presisere at valget av steinsalt var ut fra forsøksmessige hensyn. Effekten av metoden med tilsetning av varmt vann vil ikke være avhengig av at det brukes steinsalt.

Det kan likevel tenkes at det kan være en forskjell mellom de 2 saltypene pga forskjellene i korngradering. Som det framgår av Figur 2.5 er sjøsaltet normalt grovere enn steinsalt, noe som kan tenkes å ha betydning for virkningen av tilsette varmt vann. Dette er imidlertid forhold som det foreløpig ikke er sett nærmere på.

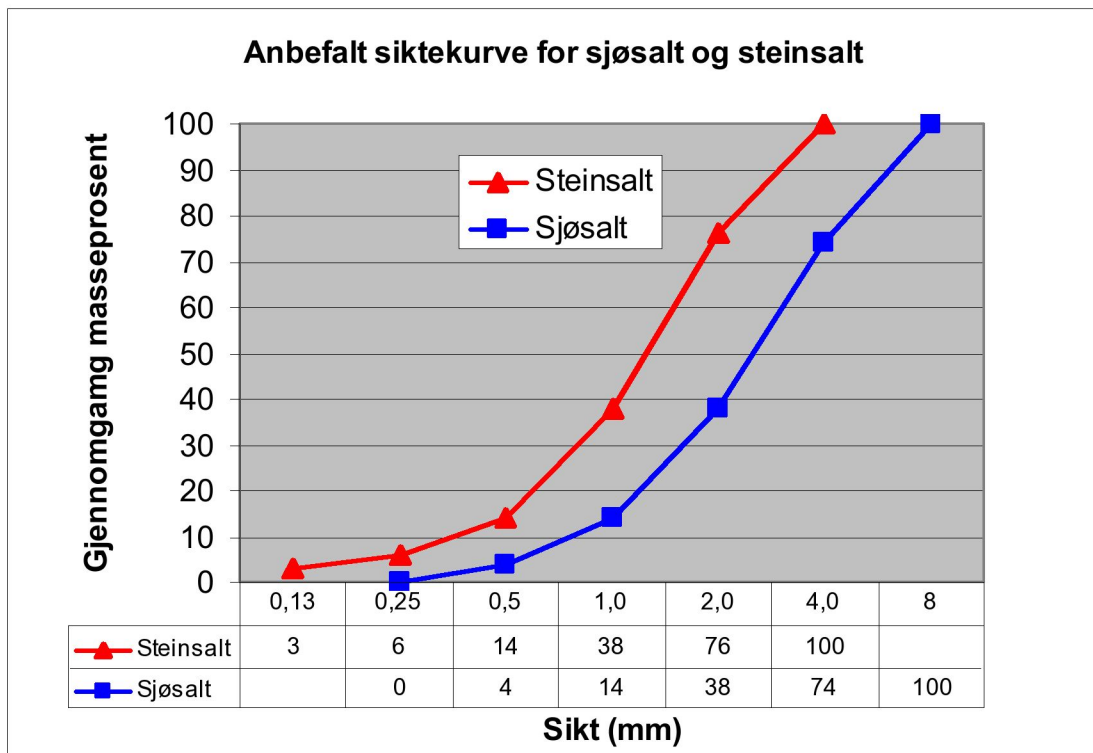
For å illustrere forskjellen på de 2 metodene, er det i Figur 2.3 og Figur 2.4 gjengitt varmekamerabilder for hver av bilene. Selv med så små vannmengder som en opererer med, er det tydelig at tilsetningen av varmt vann gir et tilskudd av energi i forhold til å benytte saltløsning. Det er derfor også grunn til å forvente at de 2 metodene vil gi forskjellig resultat.



Figur 2.3: *Stratos Lava II, befukning av tørt salt med varmt vann*



Figur 2.4: *Epoke Sirius, befukning av tørt salt med saltløsning*



**Figur 2.5:** *Siktekurver for steinsalt og sjøsalt*

## 2.2 Arbeidshypoteser

Figur 2.6 viser eksempel på en saltet isoverflate der saltet har begynt å virke.

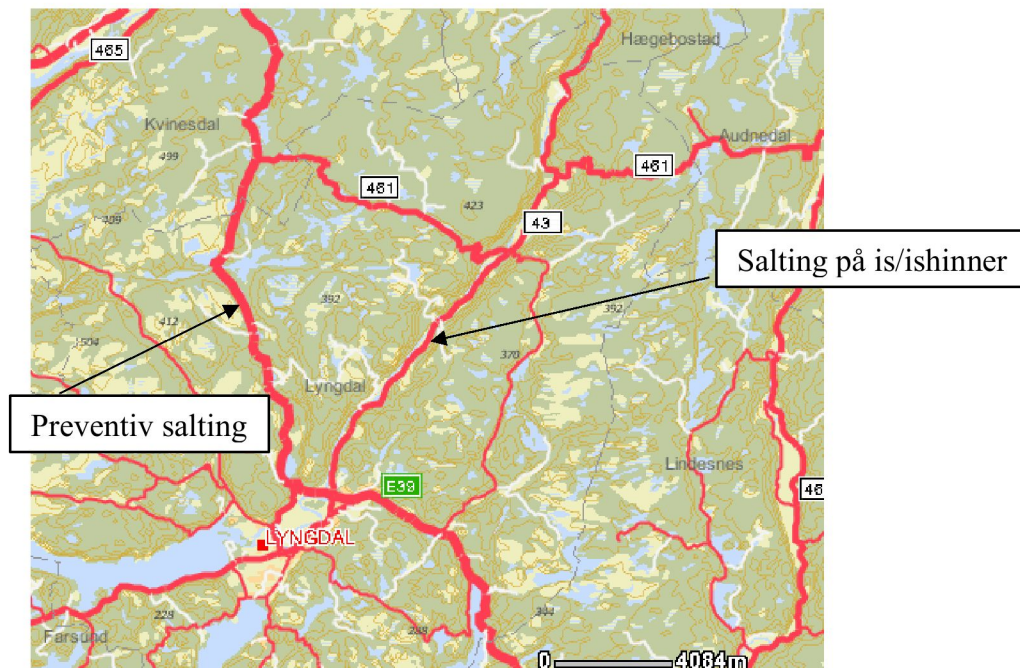


**Figur 2.6:** *Eksempel på virkning av salt*

Saltet vil bryte ned iskrystallene uavhengig av valg av metode, men hypotesen er altså at denne prosessen vil kunne skje raskere ved tilføring av varmeenergi.

### 2.3 Forsøksområde og trafikkgrunnlag

Figur 2.7 viser en oversikt over forsøksområdet med utgangspunkt i Lyngdal vegstasjon.



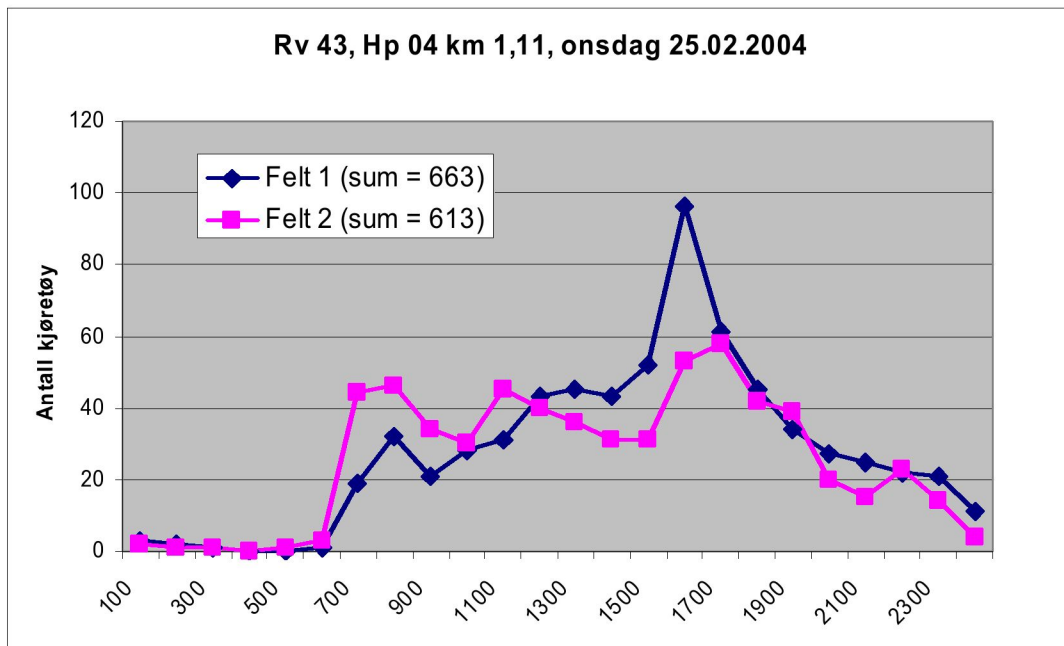
**Figur 2.7:** Kart over forsøksområde, Kilde: Visveg

Hovedforsøkene ble utført på is/ishinner på Rv 43 Hp 4 km 0 til km 23,5 ved forsøk i uke 2, 5 og 9 i 2004. Det ble i tillegg utført forsøk ved preventiv salting på E 39 i uke 9.

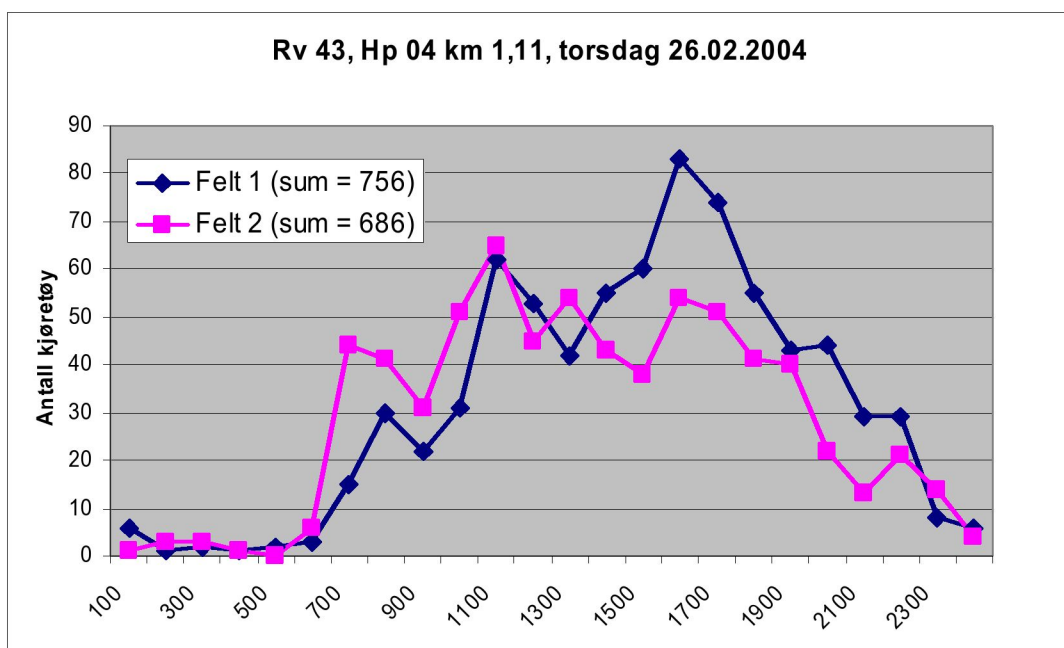
ÅDT på den delen av Rv 43 som ble benyttet i forsøkene varierer fra ca 1200 til ca 700:

- 1189 ved Hp 4 km 1,110 (Skrumoen)
- 939 ved Hp 4 km 9,470 (Vemestad)
- 587 ved Hp 4 km 16,730 (Birkeland)
- 696 ved Hp 4 km 23,720 (Snartemo)

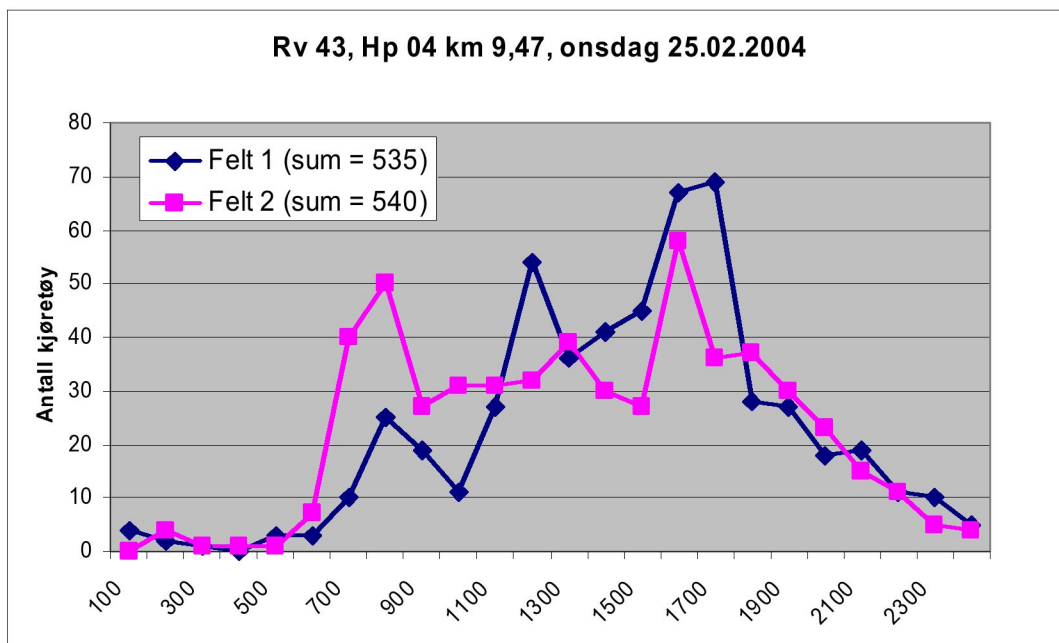
Døgnvariasjonen ved Skrumoen og Vemestad framgår av figurene Figur 2.8 - Figur 2.11.



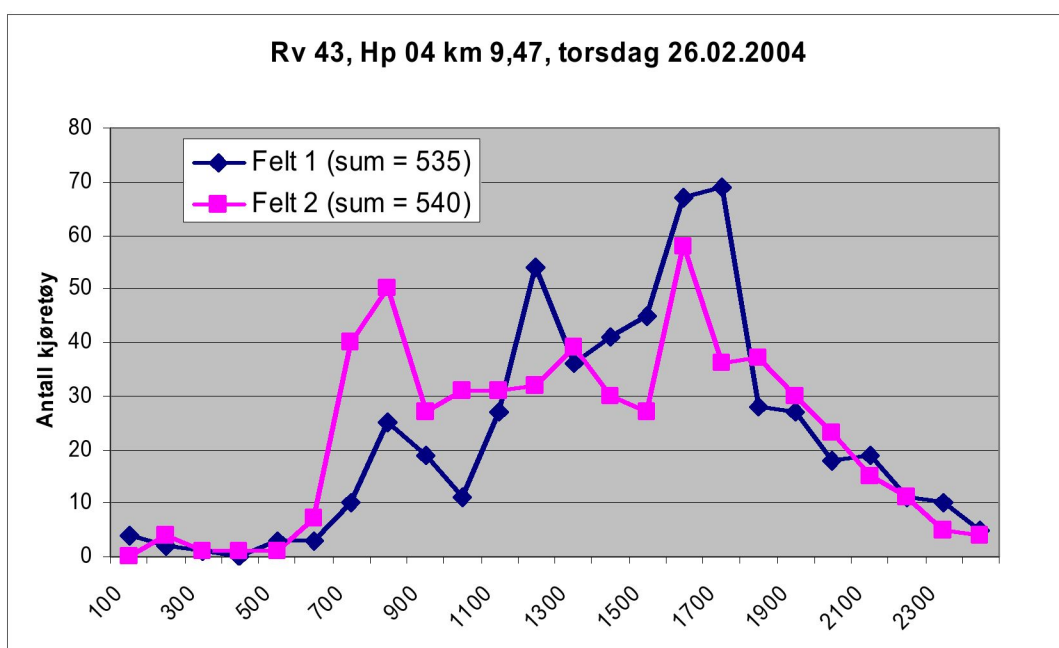
**Figur 2.8:** Trafikkvariasjon over døgnet, Rv 43, Hp 4 km 1,11. Onsdag 25.2.2004



**Figur 2.9:** Trafikkvariasjon over døgnet, Rv 43, Hp 4 km 1,11. Torsdag 26.2.2004



**Figur 2.10:** Trafikkvariasjon over døgnet, Rv 43, Hp 4 km 9,47. Onsdag 25.2.2004



**Figur 2.11:** Trafikkvariasjon over døgnet, Rv 43, Hp 4 km 9,47. Torsdag 26.2.2004

Som det framgår av døgnvariasjonskurvene var trafikken på hverdager i februar 2004 summert i begge retninger 1300-1500 ved starten av strekningen, og 1000-1100 omtrent midt på prøvestrekningen. Dvs at dette er en strekning som ligger i underkant av den trafikkbelastningen en normalt anbefaler med tanke på salting. Strekningen anses likevel som egnet for denne typen forsøk selv om trafikkmengden legger noen begrensninger på hvilke forhold en kan ha under testene. Begrensningen gjelder i første rekke tykk is hvor trafikkgrunnlaget gjør at en da ikke bør benytte hele strekningen under slike forhold. Variasjonene i trafikkmengden kan også betraktes som en fordel siden dette også gir en mulighet for å studere trafikken innvirkning på resultatene.

På E 39 vest for Lyngdal sentrum var ÅDT i 2001 ca 3000 ved Gluggevann (Hp 12, km 3,013). Dvs at en med utgangspunkt i Lyngdal har tilgang på forsøksstrekninger med ulike trafikkmengder. Det er også andre strekninger i området som kan benyttes til kontrollerte forsøk.

## 2.4 Rutiner for dokumentasjon av effekter

### 2.4.1 Friksjon- og spormåling



**Figur 2.12:** *Bilde av ROAR Mk I til venstre og ALFRED til høyre*

For å kunne måle effekten av tiltakene under forsøkene ble det benyttet friksjonsmåleutstyr av typen ROAR Mark I og spormåler av typen AFRED, se Figur 2.12. Bil utstyrt med spormåler ble også brukt til gjennomgående fotografering av forsøksstrekningene.

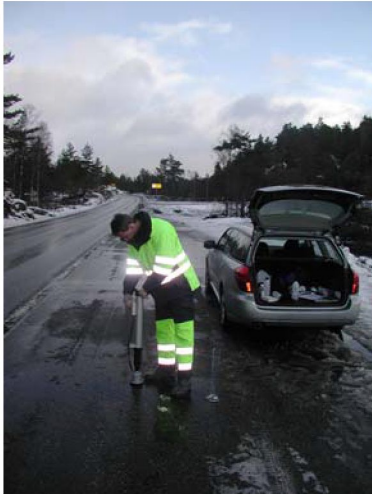
### 2.4.2 Saltkonsentrasjon

Til måling av saltkonsentrasjonen ble det benyttet refraktometer, se Figur 2.13, og Sobo 20, se Figur 2.14.



**Figur 2.13:** *Refraktometer*

Refraktometer er et instrument til å måle brytningsindeks av løsninger. Det sendes lys gjennom noen dråper av løsningen som blir hentet fra vegoverflaten. Lyset passerer inn i en kikkert med en måleskala, og vi kan da lese av saltinnholdet på fuktigheten i veien.



**Figur 2.14:** *Bilde av SOBO 20 i bruk*

Sobo 20 er et instrument som er basert på måling av den elektroniske motstand i en løsning. Væskeskammeret i instrumentet inneholder en løsning bestående av destillert vann og aceton. Denne løsningen blir tilført vegoverflaten ved å trykke munnstykket som er fjærbelastet ned mot vegoverflaten. To elektroder i apparatet måler da den elektroniske motstand som oppstår i løsningen fra apparatet og fuktigheten på veien. Denne motstanden vil variere alt etter hvor mye saltløsning det er på veien, og en kan lese av på apparatets display hvor stor saltmengde ( $\text{g/m}^2$ ) som er tilstede på målestedet.

### 2.4.3 Fuktighet

Til oppsamling av fuktigheten på vegoverflaten ble det benyttet en fiberduk av typen Wettex, se Figur 2.15.



**Figur 2.15:** *Oppsamling av fuktighet med Wettex klut*



Wettex består av cellulose og bomullsfiber som gir et svampaktig preg med en svært høy sugesevne.

Hensikten med å samle opp fuktigheten med Wettex kluter var primært å for å kunne bestemme vannmengden med tanke på beregning av frysepunktet i væsken på vegen. Den samlede fuktighet ble målt ved å ta utgangspunkt i klutens vekt etter bruk trukket fra tørr egenvekt, samt hensyn til klutens areal for å beregne fuktigheten i g/m<sup>2</sup>. Den benyttede metoden for væskeoppsamling vil også egne seg for å få et objektivt mål på opptørkingstiden i forbindelse med salttiltak.

#### **2.4.4 Klima**

Det ble registrert temperatur både på vegbane og i luft, samt luftfuktighet på samtlige målepunkt.

#### **2.4.5 Foto**

For dokumentasjon av tiltakets effekt ble det også tatt bilder av vegoverflaten før og etter at tiltaket ble gjennomført. Man var her interessert i å kunne se forskjellen på de to ulike saltingsmetodene. Det ble derfor valgt ut to observasjonssteder som kunne representere hver enkelt metode. Det ble tatt bilder på observasjonsstedene 10 minutter før tiltak, og deretter hvert 5. minutt i 1 time etter tiltak.

### 3. Testforberedelser og faktorer som virker inn på målingene

#### 3.1 Testforberedelser

##### 3.1.1 Strekninger

Det ble utført befarings av aktuelle teststrekninger før hvert enkelt forsøk. Aktuelle områder som var ønsket brukt til forsøk ble notert og inndelt i delstrekninger som ble tildelt den enkelte spredde/metode. Det ble også ved et par anledninger utført tiltak og preparering av strekninger i form av brøyting og høvling. Inndelingen av de aktuelle strekninger med delstrekninger finnes det full oversikt over i ukeoversikten i kapittel 4.

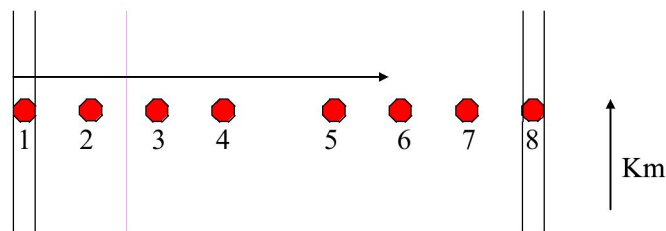
##### 3.1.2 Kalibrering

Før man satte i gang selve forsøkene var det viktig at spredene gav ut riktig mengde salt. Det ble derfor utført kalibrering av spredere på Vegstasjonen i Lyngdal. Utstyr og justeringsprosedyre viste seg for unøyaktig ved kalibreringen, og kan ha ført med seg en usikkerhetsfaktor som er ønskelig å utelukke ved videre tester. Det anbefales derfor å se nærmere på rutinene for kalibrering for eventuelt å komme fram til en mer nøyaktig prosedyre for kalibrering av spredene ved en videreføring av prosjektet.

Måler for saltkonsentrasjon (SOBO) ble også kalibrert i henhold til bruksanvisning fra leverandøren.

##### 3.1.3 Restsalt

Målingene av restsalt ble utført i 8 punkter på vegbanen, se Figur 3.1, med 1 til 2 målinger per delstrekning.



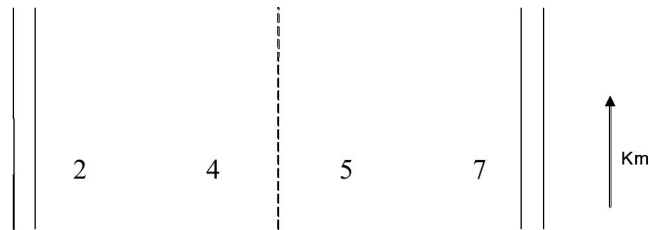
**Figur 3.1:** Oversikt over målepunkt for restsaltmålinger

Det vil her være å anbefale minimum 2 målinger per delstrekning for å få en mest mulig reel snittverdi på restsaltkonsentrasjonen på en delstrekning. Det anbefales også å ta utgangspunkt i målinger med SOBO, dette siden det vil kunne være vanskelig å måle med refraktometer på strekninger med tykt snø- /isdekke dekke og liten væskemengde på veggen. Også når det er liten væskemengde til stede er refraktometeret lite egnet.

Også Sobo 20 har begrensninger i forhold til å foreta målinger før snø-/isdekket er gått i oppløsning. Restsaltmålinger bør derfor i utgangspunktet foretas på bar veg.

### 3.1.4 Restfuktighet

For registrering av fuktighet på vegbanen ble Wettex kluter plassert etter et prinsipp som vist i Figur 3.2, dvs i hvert hjulspor på vegbanen.



**Figur 3.2:** Oversikt over målepunkt for restfuktighet

Plasseringen som er vist i Figur 3.2 ble valgt for å fange opp arealene med størst oppsamling av fuktighet. Hvorvidt dette også fanger opp de områdene hvor det først oppstår fare for gjenfrysing, må en se i forhold til måleresultatene. Det kan derfor være aktuelt å se nærmere på hvor fuktigheten bør samles opp selv om hovedsaken for en sammenligning mellom metodene vil være at en foretar oppsamlingen likt på de ulike delstrekningene.

## 3.2 Faktorer som virker inn på målingene

### 3.2.1 Klima

Under forsøkene hendte det seg fort at vi fikk en endring i de klimatiske forholdene, dette ved at man fikk nedbør i form av snø eller regn, noe som fort gav utslag i måleresultatene, eller påvirket de tiltak som var igangsatt. Det ble ved et par anledninger bestemt å utsette eller avlyse forsøk på grunn av klimatiske forhold som oppstod.

### 3.2.2 Lokale forhold

Man kunne se markante utslag på områder som ble utsatt for sollys og områder som ble liggende i skyggen, dette var spesielt gjeldende der man hadde tynt isdekke på vegen.



**Figur 3.3:** *Bilde fra E 39 Lyngdal som illustrerer skyggepartier*

Det viste seg også at man kunne oppleve variasjoner innenfor de enkelte forsøksstrekningene. Dette med bakgrunn i at man fikk temperaturforskjeller underveis på forsøksstrekningen, noe som hadde sammenheng med den høydeforskjell som var på strekningen. Utslaget gjorde seg enda mer gjeldende når man hadde en varierende ÅDT på strekningen. Dette resulterte ofte i en tykkere snø-/is såle jo lenger ut i forsøksstrekkingen man kom.

## 4. Oversikt over forsøksstrekninger

### 4.1 Strekninger uke 2

#### 4.1.1 Dato:6/1-04

**Tabell 4.1:** *Strekningsinndeling på strekning 2, 6.1.2004 (uke 2)*

Km	17,5- 19	19- 20,5	20,5- 22	22- 23,5
Bil	Stratos	Epoke	Stratos	Epoke

Klokkeslett for start av tiltak:15:35

*(Bilder tatt før tiltak)*



**Figur 4.1:** *Bilde fra km 17,990 Stratos*



**Figur 4.2:** *Bilde fra km 19,770 Epoke*



**Figur 4.3:** *Bilde fra km 20,310 Stratos*



**Figur 4.4:** *Bilde fra km 22,770 Epoke*

- Metode: Salt med varmt vann (30 %, Stratos), saltløsning (30 % fuktighet, Epoke)
- Dosering/bredde: 7 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Stratos), 7,5 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Epoke)
- Hastighet: 30-40 km/t
- Vanntemperatur på Stratos: km 17,5 til 19; 95°C, km 20,5 til 22; 66°C til 83°C.

#### 4.1.2 Dato:7/1-04

**Tabell 4.2:** *Strekningsinndeling strekning 1, 7.1.2004 (uke 2)*

Km	0- 1,5	1,5- 3,0	3,0- 4,5	4,5- 6,0	6,0- 7,5	7,5- 9,0	9,0- 10,5	10,5- 12	12- 13,5
Bil	Stratos	Epoke	Stratos	Epoke	Stratos	Epoke	Stratos	Epoke	Stratos

*(Bilder tatt før tiltak)*



**Figur 4.5:** *Bilde fra km 4,250 Stratos*



**Figur 4.6:** *Bilde fra km 5,090 Epoke*



**Figur 4.7:** *Bilde fra km 9,730 Stratos*



**Figur 4.8:** *Bilde fra km 11,230 Epoke*

- Metode: Salt med varmt vann (30 %, Stratos), saltløsning (30 % fuktighet, Epoke)
- Dosering/bredde: 7 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Stratos), 7,5 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Epoke)
- Hastighet: 30-40 km/t

**Tabell 4.3:** *Strekningssinnndeling strekning 2, 7.1.2004 (uke 2)*

Km	7,5- 9	9- 10,5	10,5- 12	12- 13,5
Bil	Epoke	Stratos	Epoke	Stratos

*(Bilder tatt før tiltak)*

**Figur 4.9:** *Bilde fra km 8,250 Epoke***Figur 4.10:** *Bilde fra km 9,730 Stratos***Figur 4.11:** *Bilde fra km 11,270 Epoke***Figur 4.12:** *Bilde fra km 12,750 Stratos*

- Metode: Salt med varmt vann (30 %, Stratos), saltløsning (30 % fuktighet, Epoke)
- Dosering/bredde: 7 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Stratos), 7,5 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Epoke)
- Hastighet: 30-40 km/t

## 4.2 Streknings uke 5, dato:28/1-04

**Tabell 4.4:** Strekningsinndeling strekning 1, 28.1.2004 (uke 5)

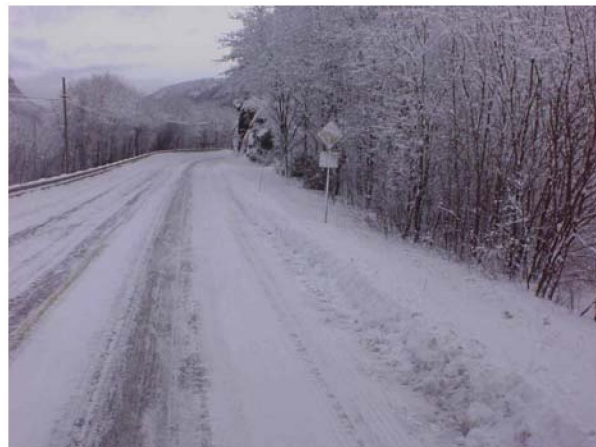
Km	1- 2,5	2,5- 4	4- 5,5	5,5- 7
Bil	Epoke	Stratos	Epoke	Stratos

Klokkeslett for start av tiltak:11:20

(Bilder tatt før tiltak)



**Figur 4.13:** Bilde fra km 1,690 Epoke



**Figur 4.14:** Bilde fra km 3,290 Stratos



**Figur 4.15:** Bilde fra km 4,710 Epoke



**Figur 4.16:** Bilde fra km 6,230 Stratos

- Metode: Salt med varmt vann (30 %, Stratos), saltløsning (30 % fuktighet, Epoke)
- Dosering/bredde: 17 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Stratos), 17,5 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Epoke)
- Hastighet: 30-40 km/t
- Vanntemperatur på Stratos: km 1 til 7; 95°C, km 7 til 1; 97°C.



**Tabell 4.5:** *Strekningsinndeling strekning 2, 28.1.2004 (uke 5)*

Km	8,5-10	10-11,5	11,5-13	13-14,5
Bil	Epoke	Stratos	Epoke	Stratos

Klokkeslett for start av tiltak: 14:10

*(Bilder tatt før tiltak)*

**Figur 4.17:** *Bilde fra km 9,170 Epoke***Figur 4.18:** *Bilde fra km 10,750 Stratos***Figur 4.19:** *Bilde fra km 12,250 Epoke***Figur 4.20:** *Bilde fra km 13,670 Stratos*

- Metode: Salt med varmt vann (30 %, Stratos), saltløsning (30 % fuktighet, Epoke)
- Dosering/bredde: 17 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Stratos), 17,5 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Epoke)
- Hastighet: 30-40 km/t

### 4.3 Streknings uke 9

#### 4.3.1 Dato:24/2-04

**Tabell 4.6:** *Strekningsinndeling strekning 1, 24.2.2004 (uke 9)*

Km	1,5 -3	3 -4,5	4,5 -6	6- 7,5
Bil	Stratos	Epoke	Stratos	Epoke

Klokkeslett for start av tiltak:10:03

*(Bilder tatt før tiltak)*



**Figur 4.21:** *Bilde fra km 2,250 Stratos*



**Figur 4.22:** *Bilde fra km 3,670 Epoke*



**Figur 4.23:** *Bilde fra km 5,090 Stratos*



**Figur 4.24:** *Bilde fra km 6,750 Epoke*

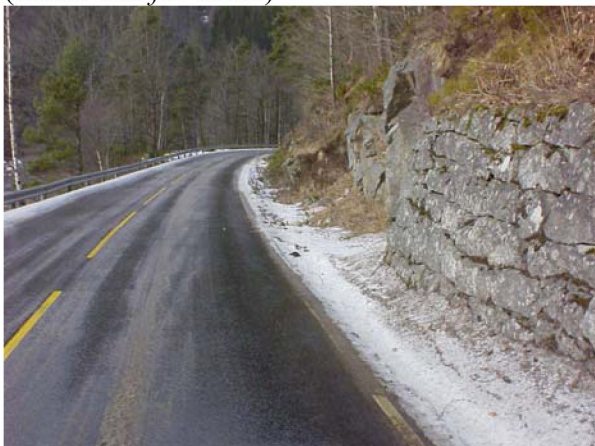
- Metode: Salt med varmt vann (30 %, Stratos), saltløsning (30 % fuktighet, Epoke)
- Dosering/bredde: 10 gram/m<sup>2</sup>, 6 meter (Stratos), 10 gram/m<sup>2</sup>, 6 meter (Epoke)
- Hastighet: 30-40 km/t

**Tabell 4.7:** Strekningsinndeling strekning 3, 24.2.2004 (uke 9)

Km	17,5 -19	19 -20,5	20,5 -22	22- 23,5
Bil	Stratos	Epoke	Stratos	Epoke

Klokkeslett for start av tiltak: 14:07

(Bilder tatt før tiltak)

**Figur 4.25:** Bilde fra km 18,190 Stratos**Figur 4.26:** Bilde fra km 19,750 Epoke**Figur 4.27:** Bilde fra km 21,190 Stratos**Figur 4.28:** Bilde fra km 22,790 Epoke

- Metode: Salt med varmt vann (30 %, Stratos), saltløsning (30 % fuktighet, Epoke)
- Dosering/bredde: 15 gram/m<sup>2</sup>, 6 meter (Stratos), 15 gram/m<sup>2</sup>, 6 meter (Epoke)
- Vanntemp. stratos: 94/93 °C
- Hastighet: 30-40 km/t

### 4.3.2 Dato:25/2-04

**Tabell 4.8:** *Strekningssinnndeling strekning 2, 25.2.2004 (uke 9)*

Km	8- 9,5	9,5- 11	11- 12,5	12,5- 14,2
Strøer	Stratos	Epoke	Stratos	Epoke

Klokkeslett for start av tiltak:9:25

*(Bilder tatt før tiltak)*



**Figur 4.29:** *Bilde fra km 8,690 Stratos*



**Figur 4.30:** *Bilde fra km 10,250 Epoke*



**Figur 4.31:** *Bilde fra km 11,750 Stratos*



**Figur 4.32:** *Bilde fra km 13,170 Epoke*

- Metode: Salt med varmt vann (30 %, Stratos), saltløsning (30 % fuktighet, Epoke)
- Dosering/bredde: 10 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Stratos), 10 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Epoke)
- Vanntemp. stratos:92/94 °C
- Hastighet: 30-40 km/t

### 4.3.3 Dato:26/2-04

**Tabell 4.9:** *Strekningssinnndeling strekning 3.1, 26.2.2004 (uke 9)*

Km	17,5- 19	19- 20,5	20,5- 22	22- 23,5
Strøer	Stratos	Epoke	Stratos	Epoke

Klokkeslett for start av tiltak:9:15

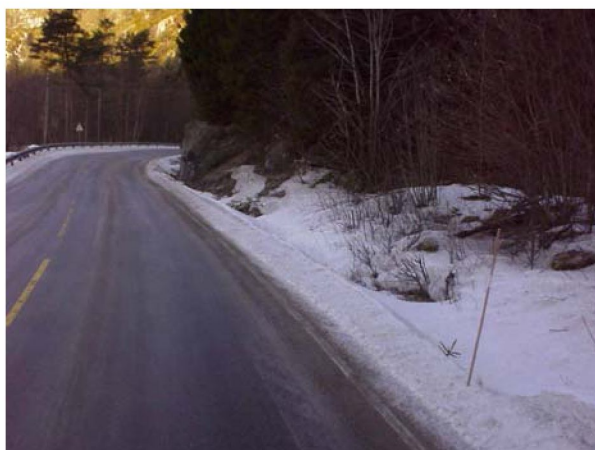
*(Bilder tatt før tiltak)*



**Figur 4.33:** *Bilde fra km 18,210 Stratos*



**Figur 4.34:** *Bilde fra km 19,750 Epoke*



**Figur 4.35:** *Bilde fra km 21,190 Stratos*



**Figur 4.36:** *Bilde fra km 22,790 Epoke*

- Metode: Salt med varmt vann (30 %, Stratos), saltløsning (30 % fuktighet, Epoke)
- Dosering/bredde: 10 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Stratos), 10 gram/m<sup>2</sup>, 3 meter (Epoke)
- Vanntemp. stratos:93 °C
- Hastighet: 30-40 km/t

## 5. Resultater

### 5.1 Foto av vegtilstand

Som tidligere nevnt ble det i tillegg til å benytte VidKon systemet i spormålebilen tatt bilder av vegoverflaten på utvalgte steder med håndholdte digitale kameraer før og etter tiltak. Hensikten var å få en fotodokumentasjon på tiltaksvirkningen med ulike metoder. På alle forsøksstrekningene i uke 5 og 9 ble valgt ut to punkt som representerte de to ulike saltingsmetodene som forsøket baserte seg på.

Det er i denne rapporten hentet et utdrag fra bildeseriene som ble tatt på Rv 43 ved Lyngdal i forbindelse med forsøkene på strekning 1 24.2.2004, jfr avsnitt 4.3.1. Bildene er tatt ved km 6,790 for Epoke, og ved km 5,250 for Stratos. Tiltaket ble utført på tynn ishinne.



**Figur 5.1:** Før tiltak Epoke



**Figur 5.2:** Før tiltak Stratos



**Figur 5.3:** 5 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.4:** 5 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.5:** 10 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.6:** 10 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.7:** 15 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.8:** 15 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.9:** 20 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.10:** 20 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.11:** 25 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.12:** 25 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.13:** 30 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.14:** 30 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.15:** 35 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.16:** 35 min. etter tiltak Stratos





**Figur 5.17:** 40 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.18:** 40 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.19:** 45 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.20:** 45 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.21:** 50 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.22:** 50 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.23:** 55 min. etter tiltak Epoke



**Figur 5.24:** 55 min. etter tiltak Stratos



**Figur 5.25:** 1 t. etter tiltak Epoke



**Figur 5.26:** 1 t. etter tiltak Stratos

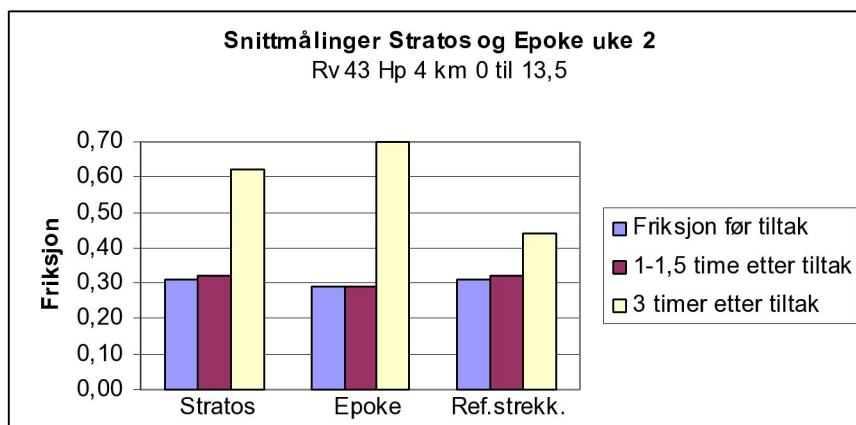
Bildene som er gjengitt er tatt med forskjellig utsnitt som gjør at det er vanskelig å foreta en direkte sammenligning. En kan imidlertid allerede etter 15 minutter se en endring i overflaten på delfeltet der det ble benyttet varmt vann som befuktingsvæske. Hvorvidt det tok lenger tid på delfeltet som ble strødd tradisjonelt med befuktning med saltløsning er det vanskelig å se direkte av bildene.

I andre bildeserier var overflatetilstanden for ulik til å foreta en sammenligning, og en ser i ettertid at det kunne vært gjennomført en grundigere gjennomgang av punktene som ble valgt ut til fotodokumentasjon for å få mest mulig identiske forhold på de to ulike punktene som skulle dokumenteres i et og samme tiltak. Forhold som bør vektlegges, og bør være mest mulig identiske på de to ulike fotopunktene ved videre forsøk er:

- Tykkelse på is/snøsåle
- Skyggeforhold
- Temperatur

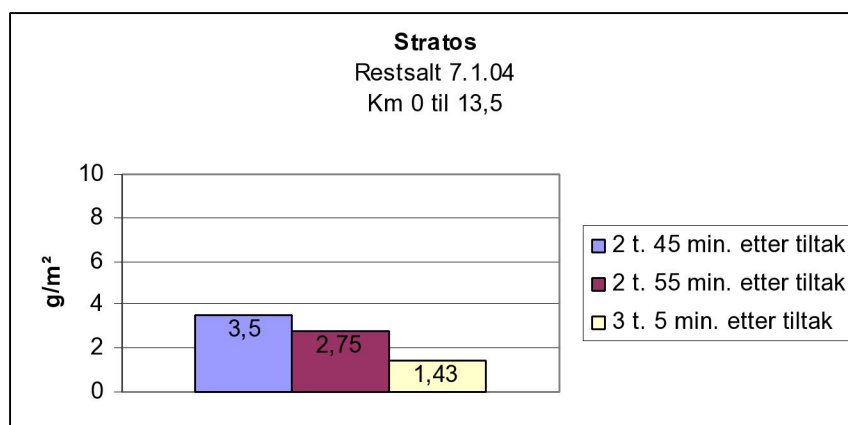
## 5.2 Analyse av utvikling i friksjon og restsalt

### 5.2.1 Resultater fra uke 2 / 2004

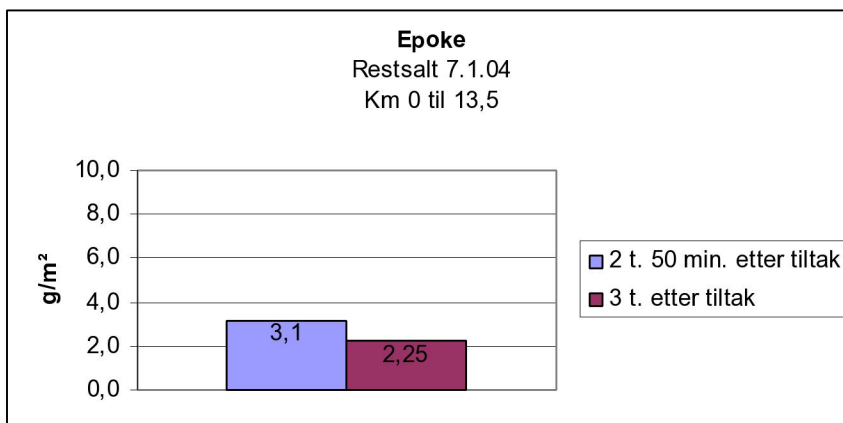


**Figur 5.27:** Gjennomsnittlig friksjon på hele strekning 1 i uke 2

Forholdene på denne strekningen var ideelle i form av tynt isdekke og en temperatur rundt 0 °C. Men vi ser dessverre her ingen større effekt av tiltaket før etter tre timer, og dette gjelder begge saltingsmetodene, se Figur 5.27. Dette kan ha bakgrunn i den relativt lave saltmengden som ble brukt, henholdsvis 7 og 7,5 g/m<sup>2</sup>. En forandring i de klimatiske forholdene er sannsynligvis grunnen til at vi får en økning i friksjonsverdiene på samtlige strekninger. Den lave effekten av tiltak med Stratos kan også ha bakgrunn i lav temperatur på vannet fra sprederen som lå på 30 °C under anbefalt arbeidstemperatur.



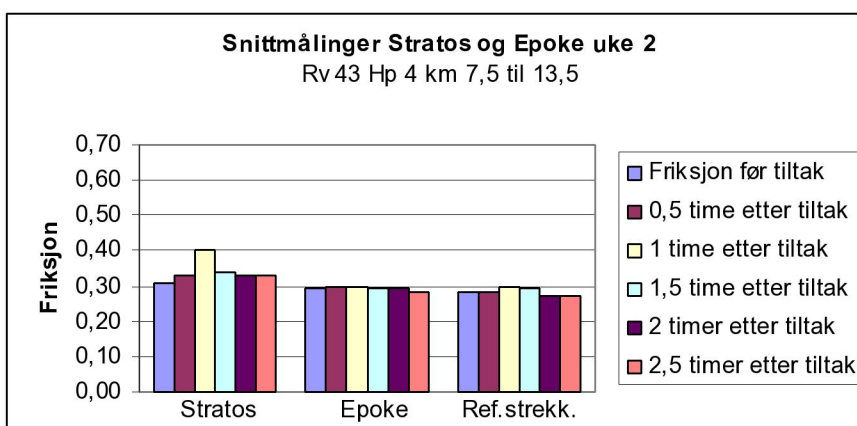
**Figur 5.28:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekninger saltet med Stratos i uke 2



**Figur 5.29:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekninger saltet med Epoke i uke 2

Fra restsaltmålinger utført i etterkant av tiltakene, se Figur 5.28 og Figur 5.29, ser man at begge spredene har tilsvarende like mengder restsalt på forsøksstrekningene. Noe som tyder på at begge målerne ga samsvarende mengder salt på vegbanen under forsøket. En kan også legge merke til at det ble målt mer restsalt der det ble saltet med Stratos enn der det ble saltet med Epoke.

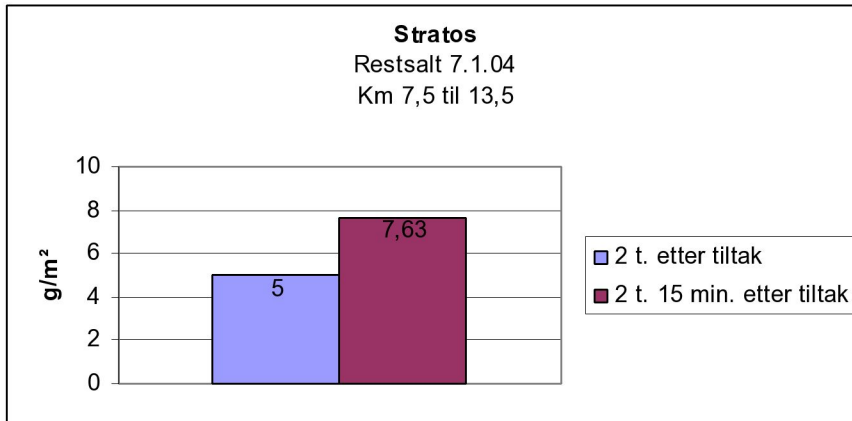
I Figur 5.30 er gjengitt friksjonsverdiene fra strekning 2 i uke 2.



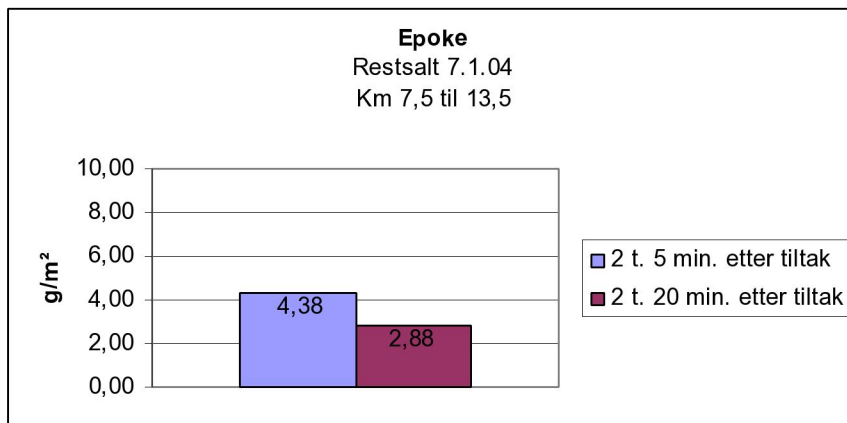
**Figur 5.30:** Gjennomsnittlig friksjon på hele strekning 2 i uke 2

Det var tilsvarende forhold på strekning 2 som ved strekning 1, men det var jevne forhold under 0 °C i starten av forsøket på strekning 2. Av Figur 5.30 ser en at metoden med salt og varmt vann ga en bedre effekt enn tradisjonell salting i starten. Den lave saltmengden (7 og 7,5 g/m<sup>2</sup>) samt synkende temperaturer etter 1,5 time etter tiltak er nok grunnen til at effekten var kortvarig.

Gjennomsnittlig restsalt for de 2 metodene på strekning 2 er gjengitt i figurene Figur 5.31 og Figur 5.32.



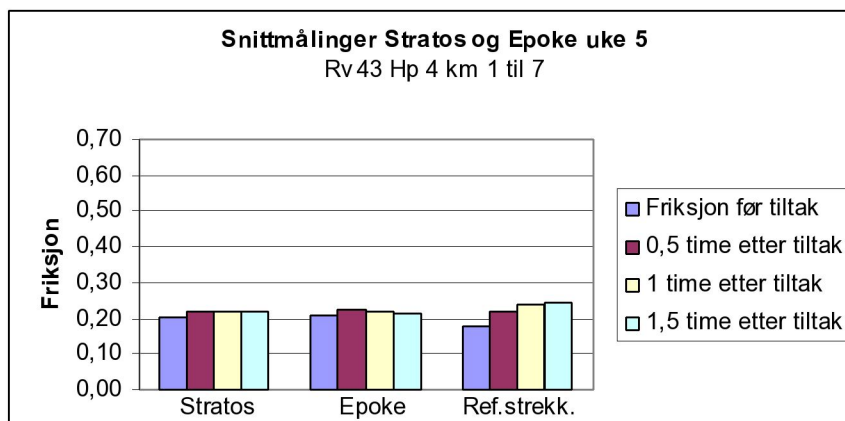
**Figur 5.31:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 2, Stratos i uke 2



**Figur 5.32:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 2, Epoke i uke 2

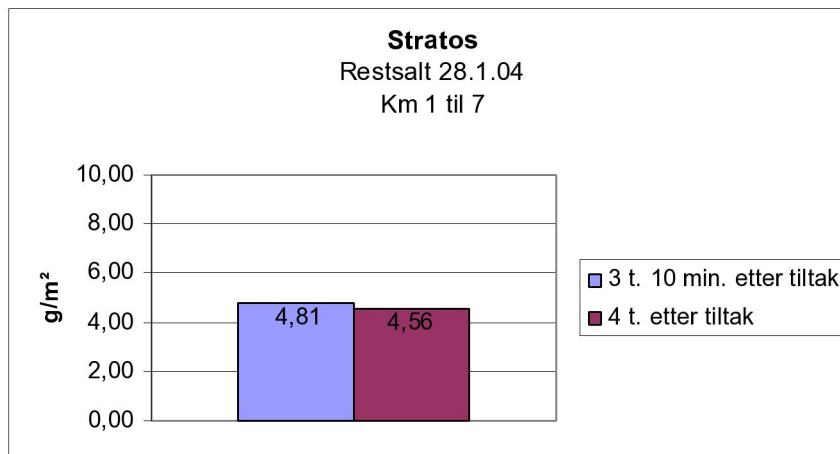
Også på strekning 2 ble det målt størst mengder restsalt der det ble saltet med den nye metoden. Økningen for feltet som ble strødd med Stratos fra 2 timer til 2 timer og ett kvarter har en ikke noen umiddelbar forklaring på.

## 5.2.2 Resultater fra uke 5 / 2004

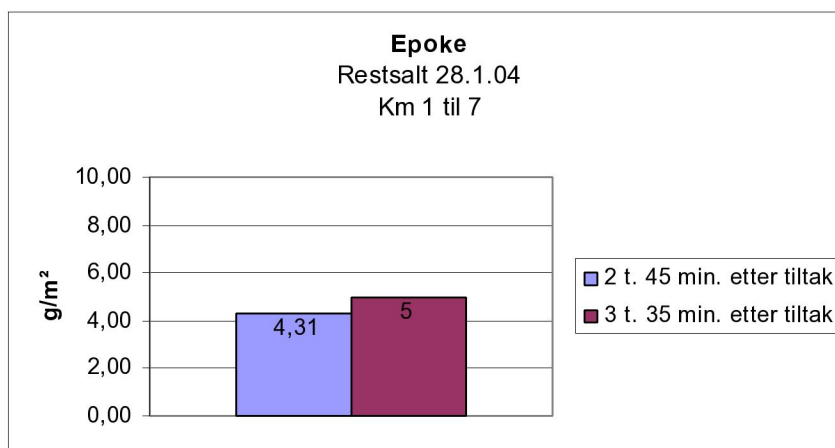


**Figur 5.33:** Gjennomsnittlig friksjon på hele strekning 1 i uke 5

Forholdene under testene i uke 5 viste seg ikke ideelle, det var en tykk snø-/issåle på vegbanen med temperaturer liggende jevnt på  $-2$  til  $-3$  °C. Det tykke isdekket resulterte i liten effekt av saltingen målt i forhold til friksjonsendringer, selv om saltmengden ble satt til henholdsvis 17 og 17,5 g/m<sup>2</sup>, se Figur 5.33.



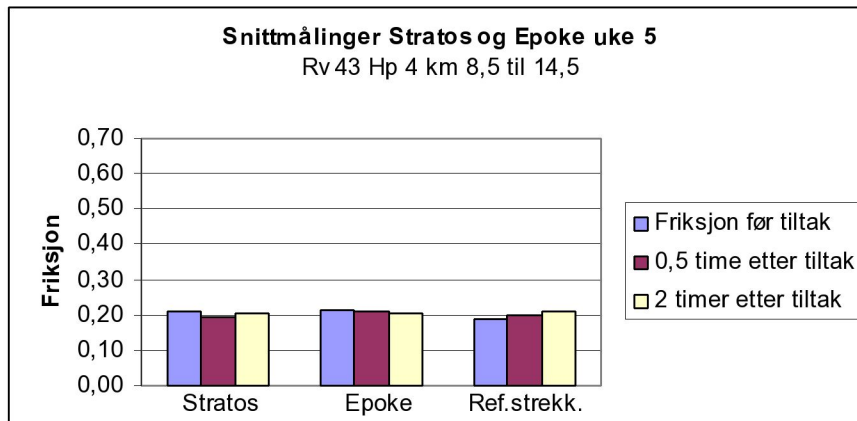
**Figur 5.34:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 1, Stratos i uke 5



**Figur 5.35:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 1, Epoke i uke 5

Restsaltmålingene på strekning 1 i uke 5 er gjengitt i Figur 5.34 og Figur 5.35. Som en ser ble det målt stabile saltmengder over lang tid. Siden issålen var for tykk til å bli påvirket i vesentlig grad, var det heller ikke grunn til å forvente noen særlig forskjell mellom de 2 metodene.

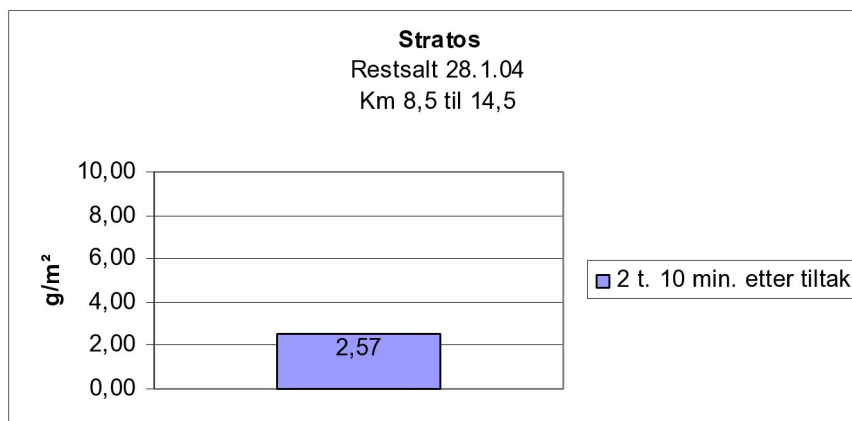
I Figur 5.36 er gjengitt friksjonsverdiene fra strekning 2 i uke 5.



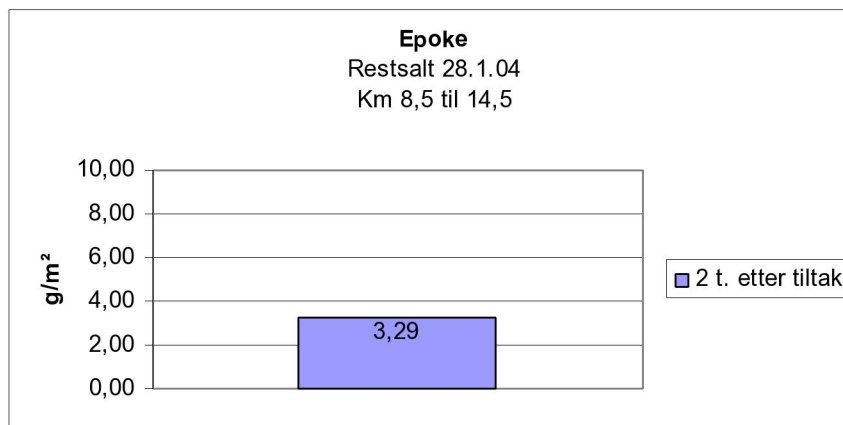
**Figur 5.36:** Gjennomsnittlig friksjon på hele strekning 2 i uke 5

På strekning 2 i uke 5 var det tilsvarende klimatiske betingelser og føreforhold som under forsøket på strekning 1 i uke 5, og med samme resultat, se Figur 5.36. Snø-/issålen var for tykk til å få ønsket effekt av tiltaket i form av friksjonsforbedring.

Restsaltmålingene på strekning 2 i uke 5 er gjengitt i Figur 5.37 og Figur 5.38.



**Figur 5.37:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 2, Stratos i uke 5

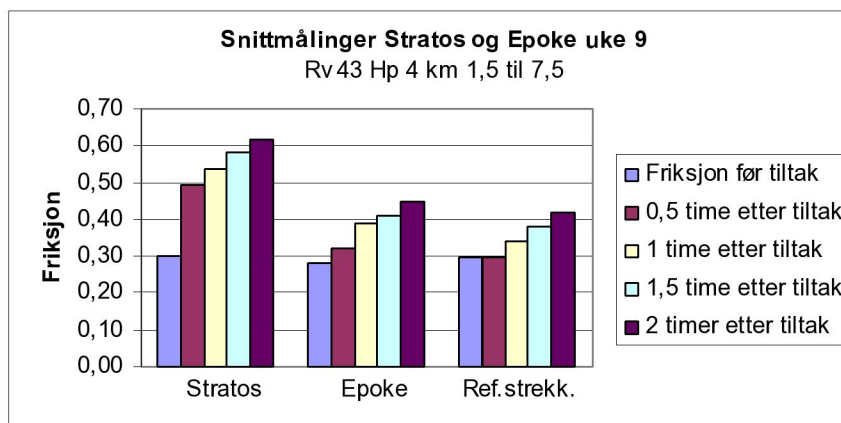


**Figur 5.38:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 2, Epoke i uke 5

Man ser ut fra Figur 5.37 og Figur 5.38 at det ble målt liten mengde restsalt selv etter å ha benyttet saltmengder på 17 og 17,5 g/m<sup>2</sup>. Dette på bakgrunn av at sålen av snø blir en for stor resipient.

### 5.2.3 Resultater fra uke 9 / 2004

I Figur 5.39 er gjengitt friksjonsverdiene fra strekning 1 i uke 9.

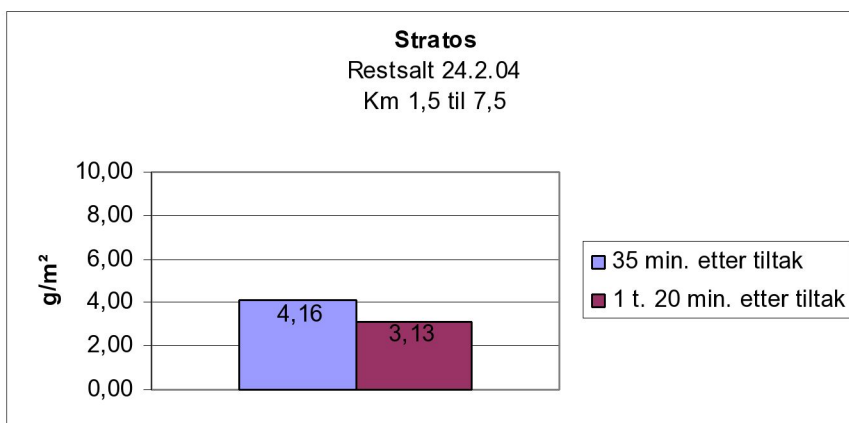


**Figur 5.39:** Gjennomsnittlig friksjon på hele strekning 1 i uke 9

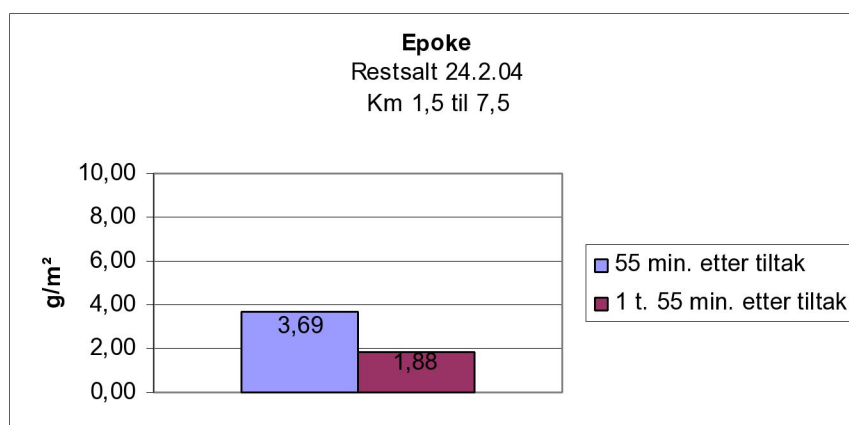
Forholdene under forsøket i uke 9 viste seg å være gode, man hadde en tynn ishinne på vegen samt jevne temperaturer rundt 3 °C. Det ble her benyttet en økt saltmengde (10 g/m<sup>2</sup>) i forhold til forsøkene under tilsvarende forhold i uke 2 (7 og 7,5 g/m<sup>2</sup>). Dette førte til en meget rask effekt av tiltaket særlig der det ble benyttet befukning med varmt vann og salt, se Figur 5.39.



Restsaltmålingene på strekning 1 i uke 9 er gjengitt i Figur 5.40 og Figur 5.41.

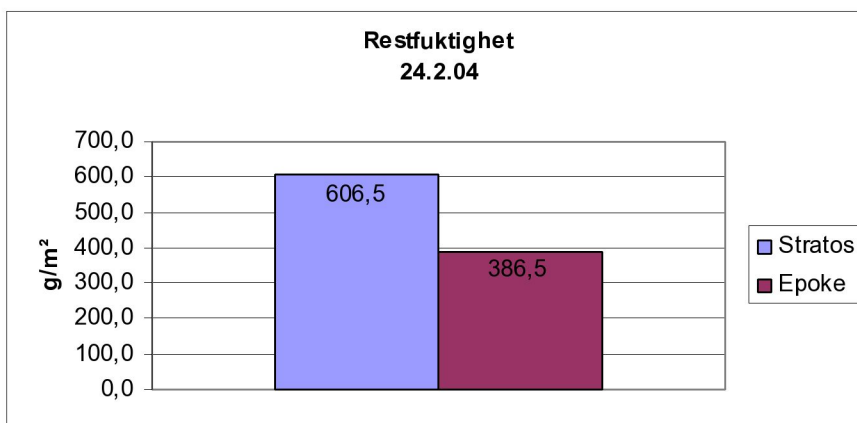


**Figur 5.40:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 1 saltet, Stratos i uke 9



**Figur 5.41:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 1, Epoke i uke 9

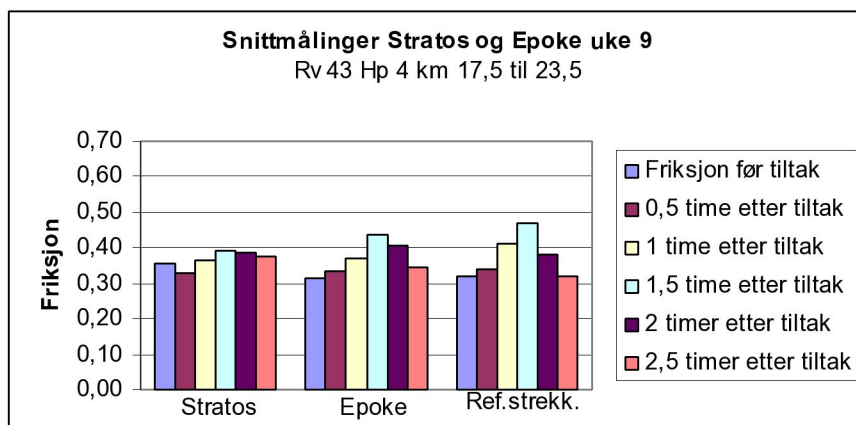
Figur 5.40 og Figur 5.41 viser jevne saltkonsentrasjoner, med noe høyere verdier hos Stratos. Det var for øvrig større fuktopptak på Stratosfeltet enn på Epokefeltet på strekning 1 i uke 9, se Figur 5.42.



**Figur 5.42:** Gjennomsnittlig restfuktighet på strekning 1 i uke 9

Forskjellen på de 2 metodene i Figur 5.42 kan ha lokale årsaker i litt ulike forhold i utgangspunktet, men kan også skyldes at det var en større issmelting der det ble utført tiltak med befukting med varmt vann.

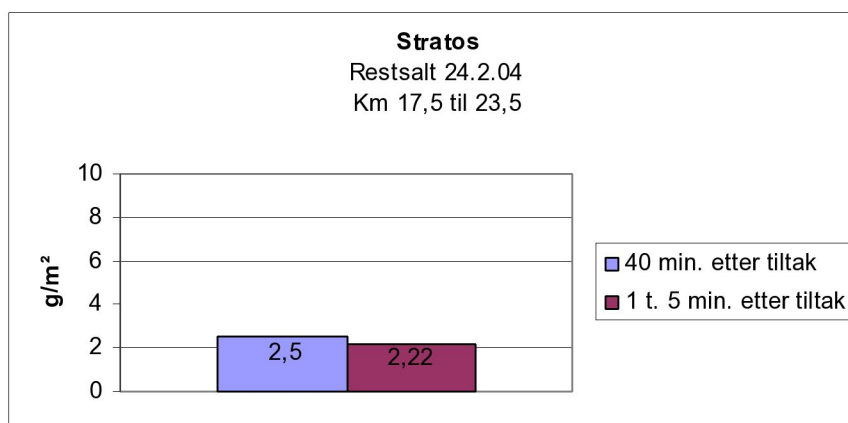
I Figur 5.43 er gjengitt friksjonsverdiene fra strekning 3 i uke 9.



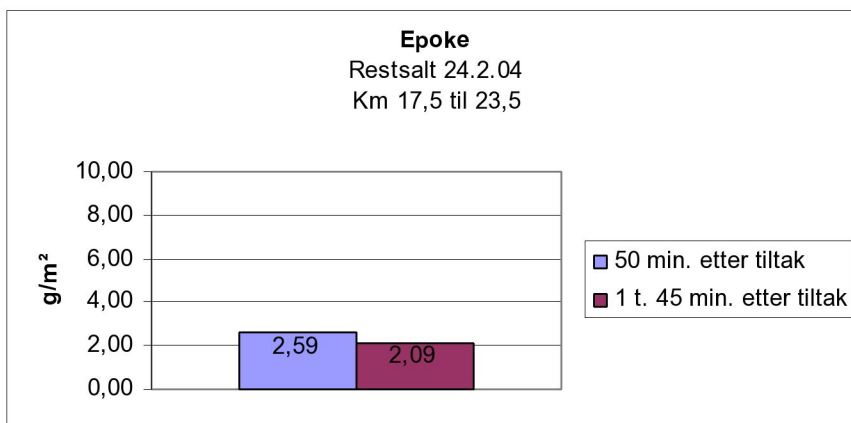
**Figur 5.43:** Gjennomsnittlig friksjon på hele strekning 3 i uke 9

Under forsøket på strekning 3 var det dårlige testforhold med mye sørpe og ujevnt underlag, alt fra bar asfalt til is, samt nedbør i form av våt snø. Det ble her kjørt med en saltkonsentrasjon på 15 g/m<sup>2</sup>. Figur 5.43 viser at referansestrekningen hadde en bedre friksjonsutvikling enn teststrekningene, noe som viser at testforholdene ikke var ideelle.

Figur 5.44 og Figur 5.45 viser jevne saltkonsentrasjoner, med omtrent like verdier for de 2 metodene.



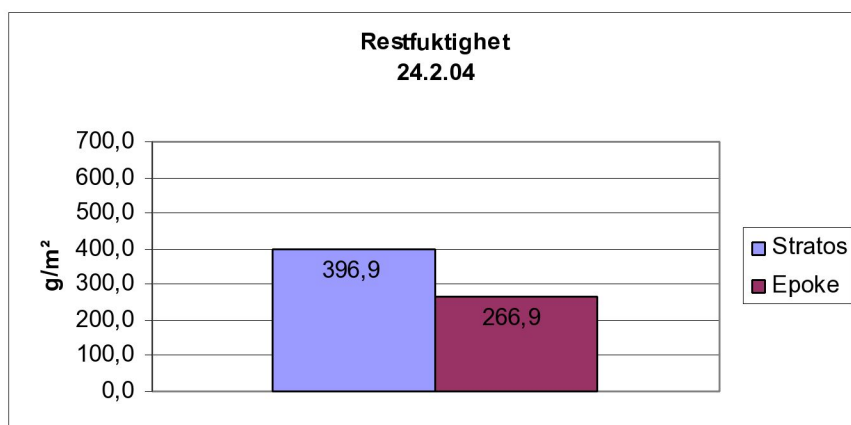
**Figur 5.44:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 3, Stratos i uke 9



**Figur 5.45:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 3, Epoke i uke 9

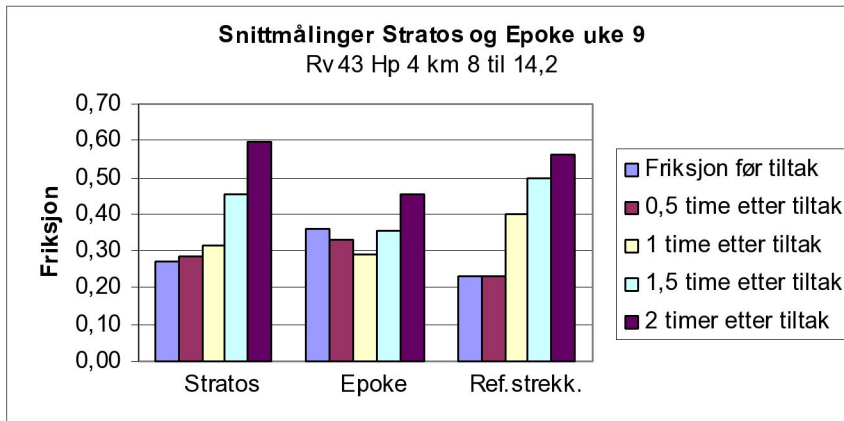
Ut fra Figur 5.44 og Figur 5.45 kan en se at det er relativt lave konsentrasjoner av salt igjen på vegen, dette grunnet nedbørmengdene under forsøket som fortynnet konsentrasjonen.

Det var for øvrig større fuktopptak på Stratosfeltet enn på Epokefeltet også på strekning 3 i uke 9, se Figur 5.46.



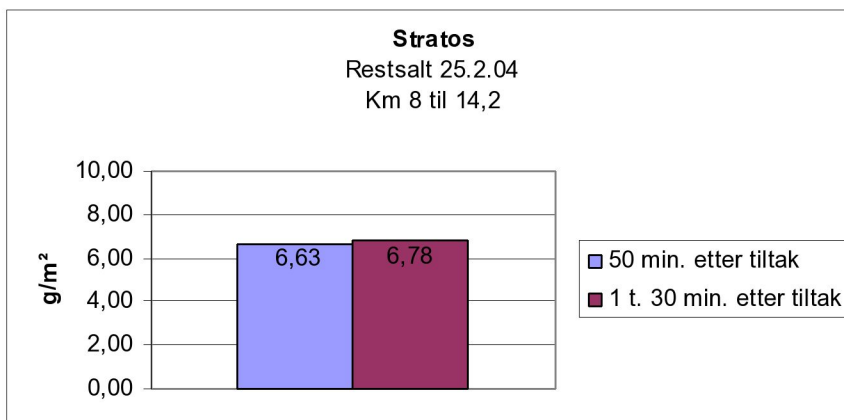
**Figur 5.46:** Gjennomsnittlig restfuktighet på strekning 3 i uke 9

Ujevne dekkeforhold ga relativt lave restfuktigheter på overflater med isdekke, samt liten smelting på grunn av fortynnet saltskonsentrasjon.

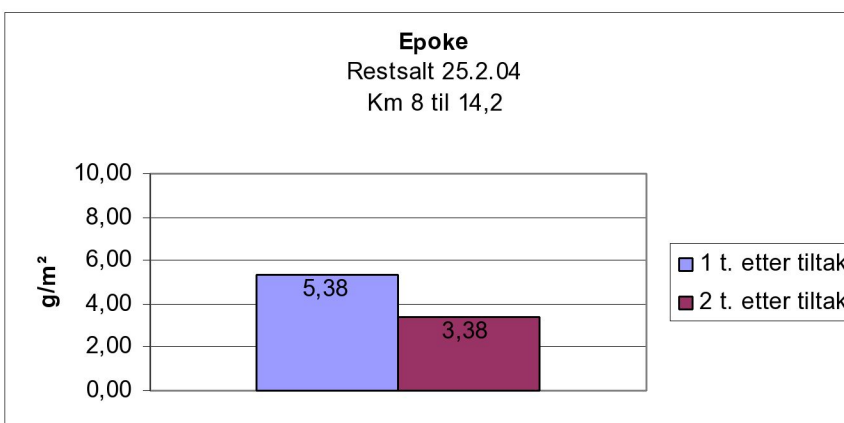


**Figur 5.47:** Gjennomsnittlig friksjon på hele strekning 2 i uke 9

Også under forsøket på strekning 2 i uke 9 var det meget ujevne forhold, det hadde lagt seg et lite snødekke etter nedbøren dagen før, samt synkende temperaturer. Forsøket startet med minusgrader og gikk over i plussgrader. Noe som resulterte i de samme ujevne forhold som rådet under forsøkene dagen før. En fikk likevel raskest og størst friksjonsforbedring der det ble benyttet befukning med varmt vann sammenlignet med befukning med saltløsning, se Figur 5.47.

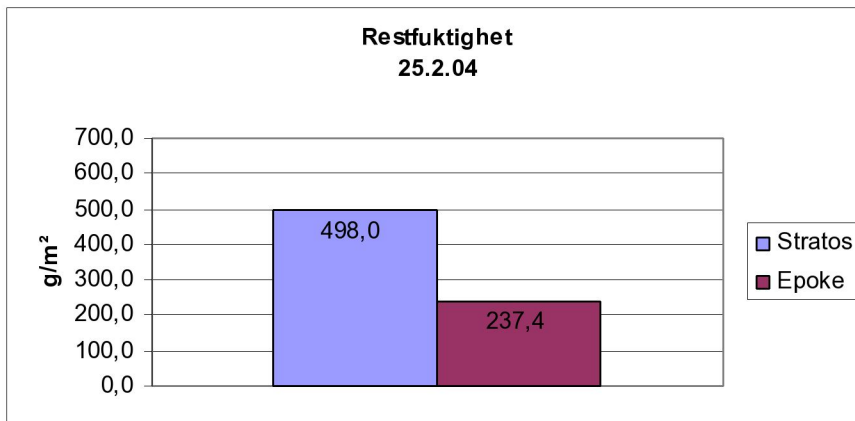


**Figur 5.48:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 2, Stratos i uke 9



**Figur 5.49:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 2, Epoke i uke 9

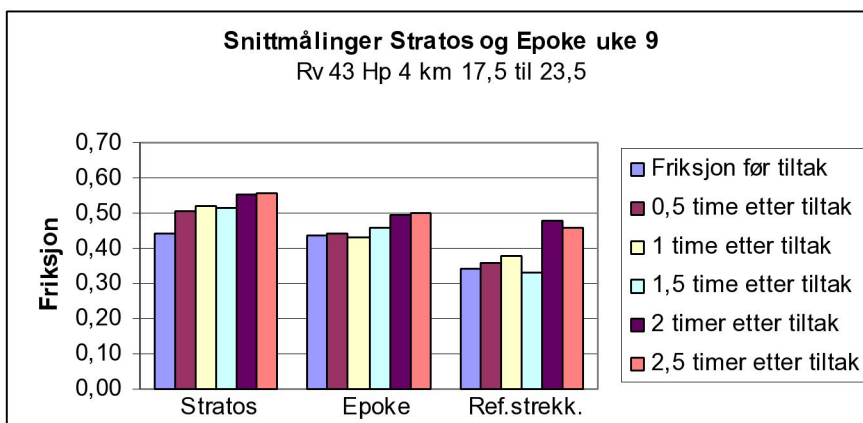
Det ble påvist litt høyere verdier på saltkonsentrasjoner denne dagen mot dagen før, dette på grunn av mindre fortykning når det ikke var nedbør, se Figur 5.48 og Figur 5.49. Det var også størst restsaltmengder der det ble strødd med den nye metoden.



**Figur 5.50:** Gjennomsnittlig restfuktighet på strekning 2 i uke 9

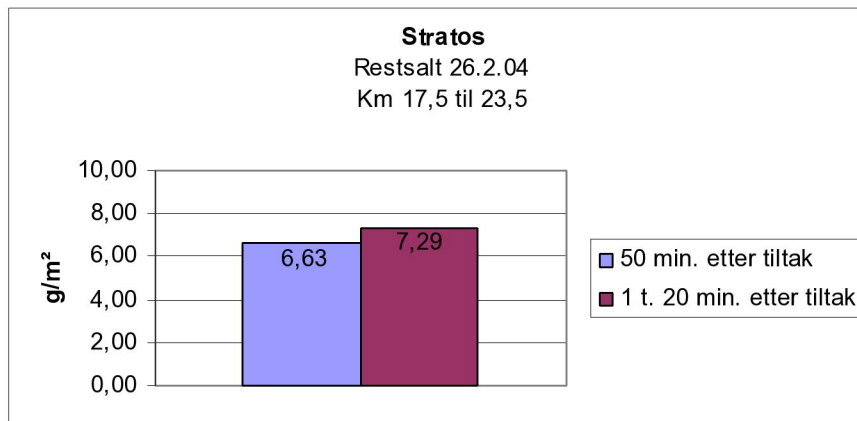
Fuktopptaket på strekning 2 viste samme tendens som dagen før med lave restfuktighetsverdier. Av Figur 5.50 kan en se en liten økning grunnet lite fortykning og dermed økt smelting.

Figur 5.51 viser gjennomsnittlig friksjon fra forsøk på strekning 3 utført 26.2.

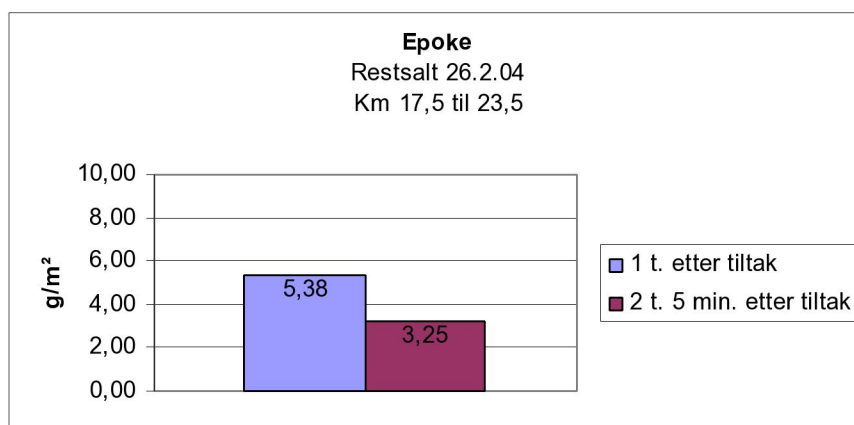


**Figur 5.51:** Gjennomsnittlig friksjon på hele strekning 3 strødd 26.2 (uke 9)

Dekket på strekning 3 var nå redusert betraktelig i forhold til de to tidligere forsøkene samme uka, men var enda ujevnt med tykkere issåle spesielt i skyggeområdene. Det ble også her en økning i temperatur fra minus til pluss grader, samt stor påvirkning av sol der dekket var på sitt tynneste. Dette resulterte i store variasjoner i føreforholdene. Som en ser av Figur 5.51 ble det registrert hurtigst og størst friksjonsforbedring der den nye metoden ble benyttet.

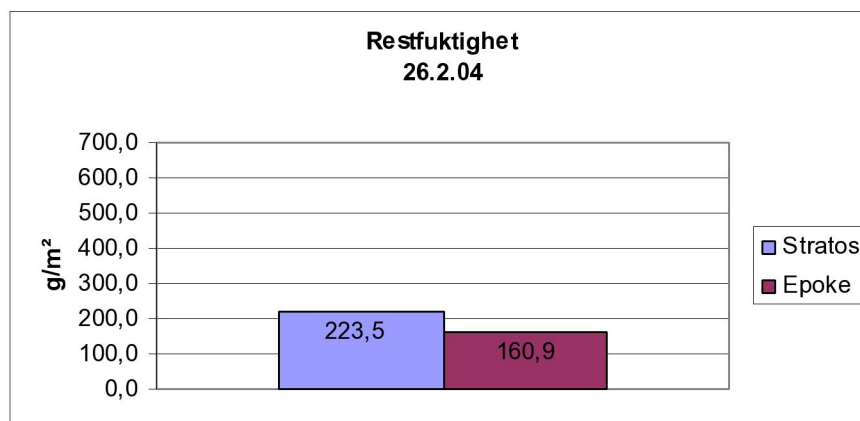


**Figur 5.52:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 3, Stratos 26.2



**Figur 5.53:** Gjennomsnittlig restsaltkonsentrasjon på strekning 3, Epoke 26.2

Figur 5.52 viser økning av konsentrasjon, mens Figur 5.53 viser synkende konsentrasjon. Dette kan delvis forklares ved ulikheter i føreforholdene, men igjen ser en at det ble målt høyest saltmengde der det ble strødd med den nye metoden.



**Figur 5.54:** Gjennomsnittlig restfuktighet på strekning 3, saltet 26.2

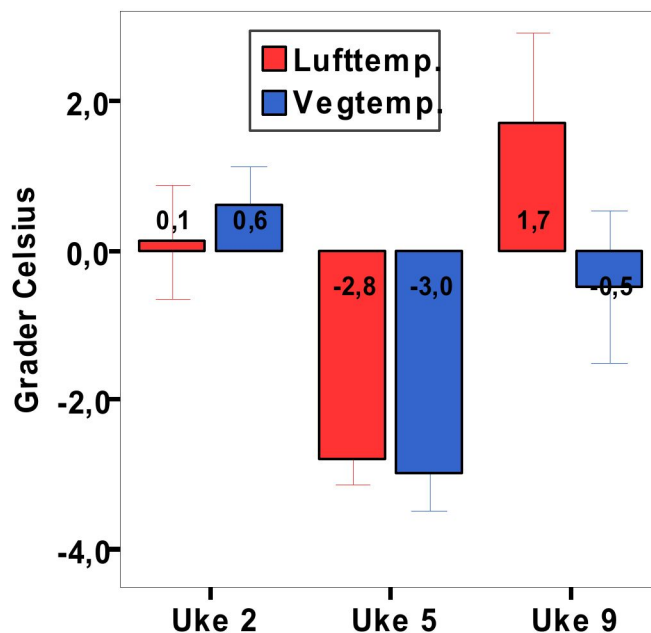
Restfuktigheten siste forsøksdagen, se Figur 5.54, var mindre enn ved tidligere forsøk på grunn av at enkelte områder var helt tørket opp.

### 5.3 Sammendrag av måleresultatene

Resultatene virker ikke helt entydige når en betrakter enkeltukene, og grunnlaget er foreløpig for spinkelt til å gjøre omfattende analyser. Det er likevel interessant å se om det er tendenser i materialet i den retning en har forventet, og det er derfor i det følgende foretatt noen analyser på det samlede materialet.

#### 5.3.1 Temperaturforhold

Figur 5.55 viser gjennomsnittlig luft- og dekketemperatur under forsøkene med ulike befukningsmetoder.

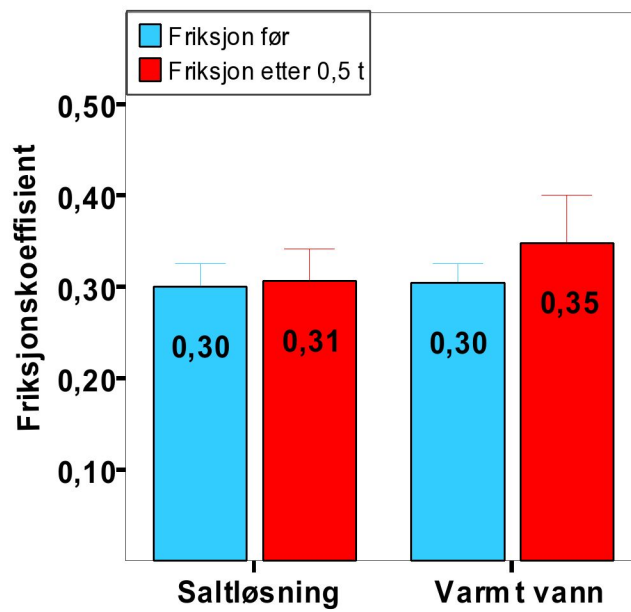


**Figur 5.55:** Gjennomsnittlige temperaturer under saltforsøkene i uke 2, 5 og 9

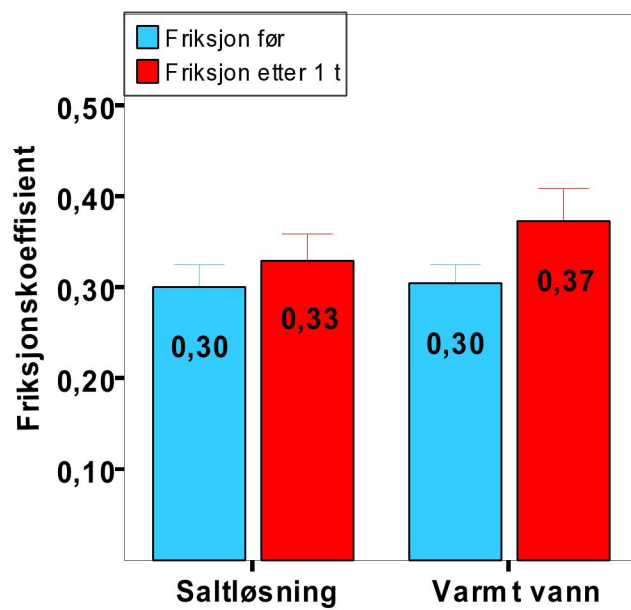
Temperaturforholdene var som en kan se innenfor det normale variasjonsområdet for salting. Det vil også være interessant å gjøre forsøk ved lavere temperaturer for å se om virkningsgrader av de ulike metodene varierer med temperaturen.

#### 5.3.2 Virkning på friksjonsutviklingen

Figur 5.56 - Figur 5.60 viser gjennomsnittlig friksjon med de ulike metodene basert på målingene (gjennomsnitt) på hvert enkelt delfelt.

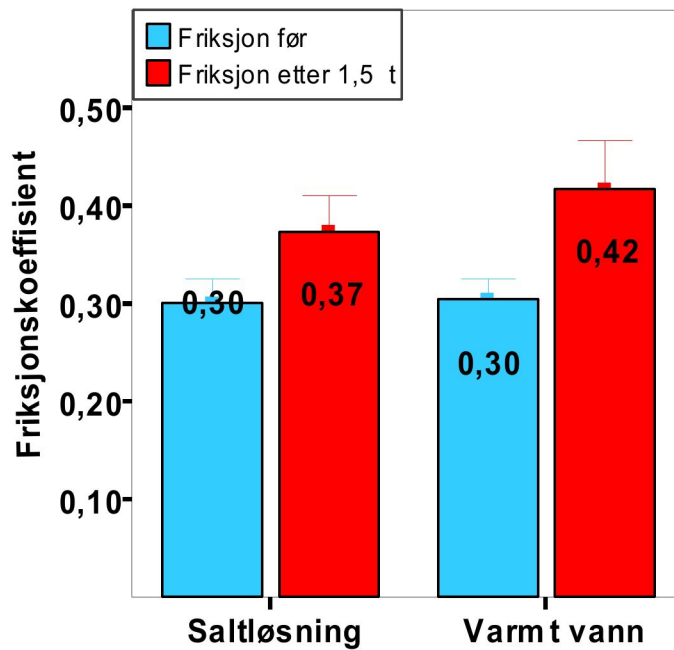


Figur 5.56: Gjennomsnitt av alle målinger før og 30 minutter etter tiltak

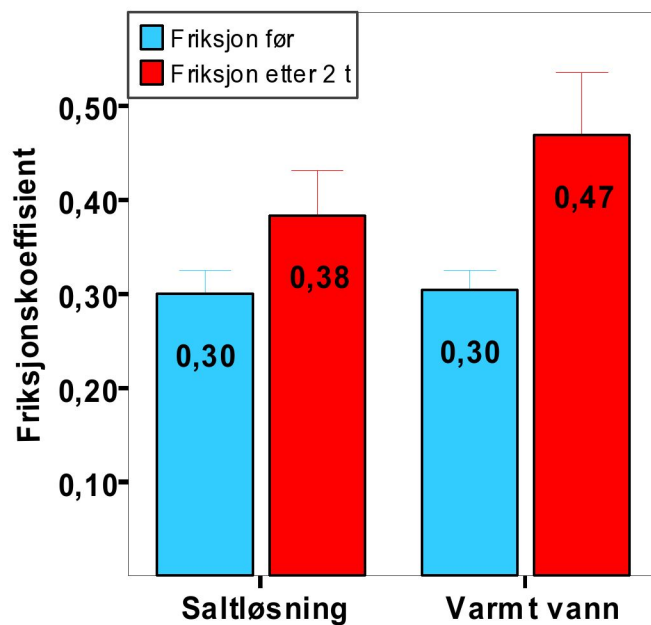


Figur 5.57: Gjennomsnitt av alle målinger før og 1 time etter tiltak

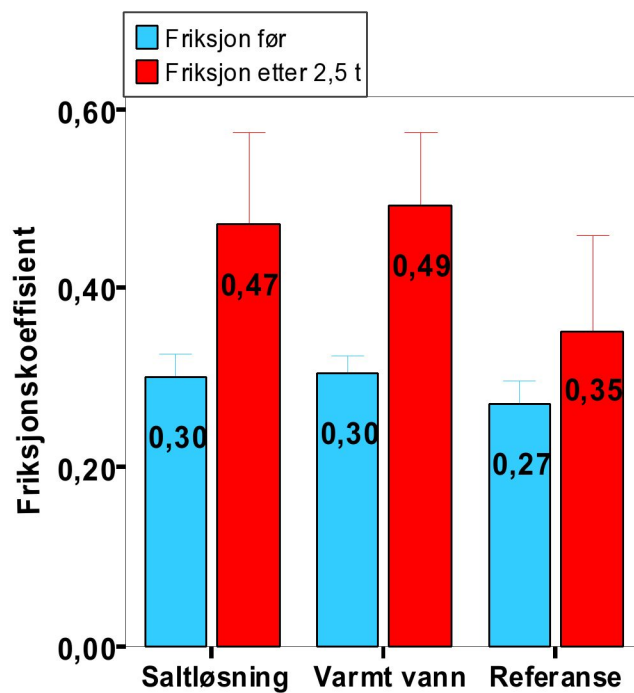




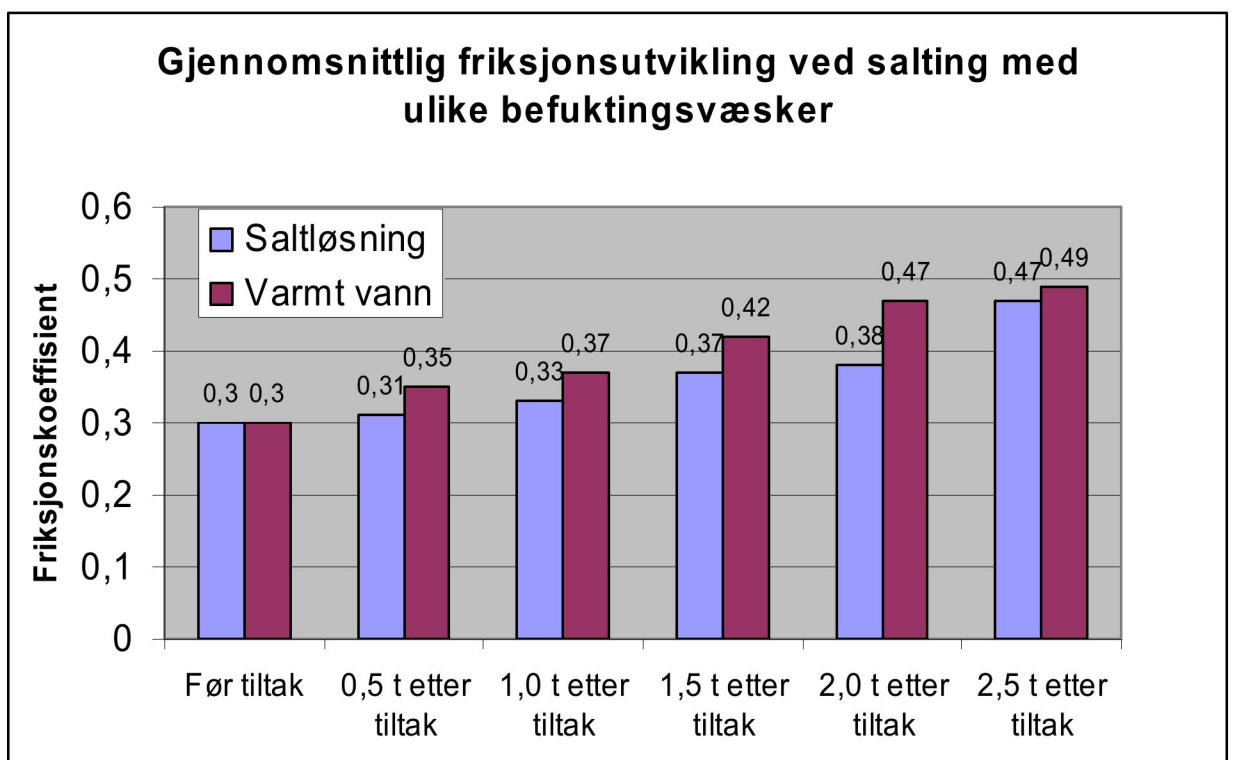
Figur 5.58: Gjennomsnitt av alle målinger før og 1,5 timer etter tiltak



Figur 5.59: Gjennomsnitt av alle målinger før og 2 timer etter tiltak



Figur 5.60: Gjennomsnitt av alle målinger før og 2,5 timer etter tiltak



Figur 5.61: Gjennomsnitt av alle målinger før og ulike intervaller etter tiltak

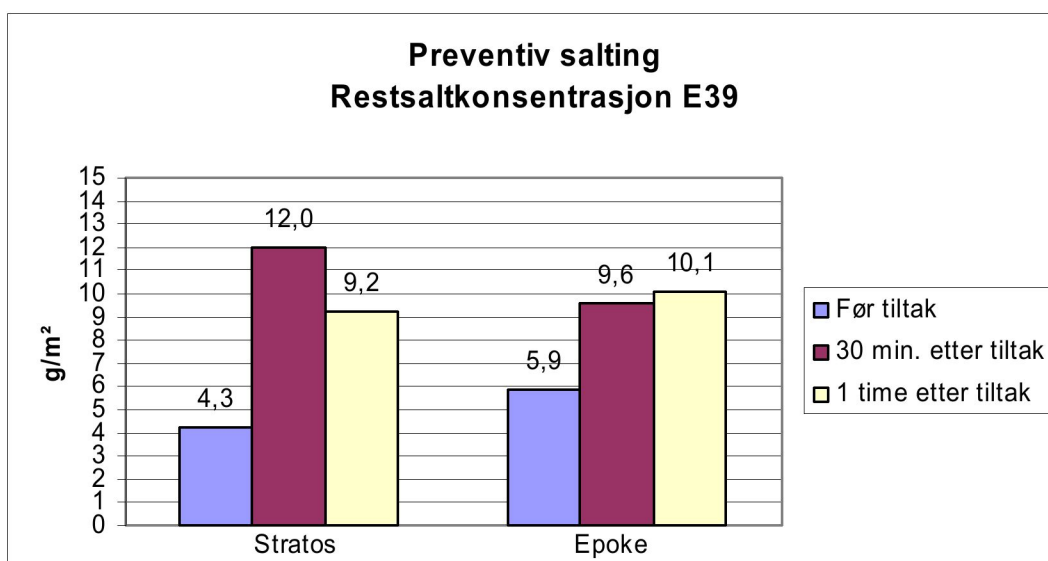
I Figur 5.61 er det vist en sammenstilling av friksjonsutviklingen i perioden fram til 2,5 timer etter tiltak. Igjen må det presiseres at resultatene er basert på et lite datagrunnlag. Det

er likevel klare tendenser i materialet til at det er en forskjell i favør av den nye metoden med befukting med varmt vann både i forhold til en raskere virkning og jevnt høyere friksjonsnivå sammenlignet med tradisjonell salting med tilsetning av saltløsning som befuktingsvæske. Det er først etter 2,5 timer at de 2 metodene nærmer seg hverandre. Resultatene må også sees i lys av at den totale saltmengden reduseres ved å erstatte saltløsning med vann. Hvis disse resultatene holder seg i videre forsøk, vil det si at en kan oppnå den samme effekten i forhold til friksjonsutvikling med en mindre saltmengde med den nye metoden sammenlignet med tradisjonell salting.

### 5.3.3 Preventiv salting på E39

Bakgrunnen for å starte uttesting av metoden basert på bruk av varmt vann bygger på hypotesen om at den tilførte energien i form av varmt vann vil kunne akselerere den kjemiske effekten som starter smelting av is på vegbanen. Spørsmålet er også hvorvidt den nye metoden kan ha innvirkning på hvor mye av saltet som blir liggende på vegbanen ved preventiv salting. Her vil det være et hovedmål å oppnå minst like god effekt med den nye metoden som med tradisjonell salting.

Det ble utført preventiv salting på E39 vest for Lyngdal i uke 9 ved bruk av de to sprederne for å se på effekten av de 2 metodene. I Figur 5.62 er gjengitt resultatet fra disse testene i form av gjennomsnittsverdier for de 8 målepunktene på tvers av vegbanen.



**Figur 5.62:** Restsaltmålinger E39 i forbindelse med preventiv salting

Ut fra testene som ble gjennomført er det ikke mulig å se noen markant forskjell mellom de 2 metodene i forhold til mengden restsalt etter preventive tiltak. Dette bekrefter at den nye metoden også egner seg til preventive tiltak. Det er også mulig at vegbanetemperaturen kan spille en rolle for hvor mye av saltet som blir liggende igjen med de ulike metodene, og det vil derfor være interessant også å gjenta forsøkene med preventive tiltak.

#### 5.4 Beregning av frysepunkt

Med grunnlag i mengde restsalt og væskemengde, er det mulig å beregne frysepunktet for en løsning. Saltet (NaCl) har den virkningen at frysepunktet senkes med en  $\Delta T$  på  $1,19\text{ }^{\circ}\text{C}$  ved tilsetning av 2 gram salt til 100 gram vann.

Som en illustrasjon kan en ta utgangspunkt i en vannfilm på 0,1 mm. Dette tilsvarer en vannmengde på  $100\text{ g/m}^2$ . Med en saltkonsentrasjon (jevnt fordelt over vegbanen) som angitt i Figur 5.62 tilsvarer dette et frysepunkt på  $-5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  for ”Stratos”-feltet og  $-6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  for ”Epoke”-feltet.

#### 5.5 Feilkilder

Under gjennomføring av testene er det blitt oppdaget feilkilder som bidrar til usikkerhet i forhold til de resultater som ligger til grunn for konklusjonen.

- ✓ Kalibrering av sprederne

Det ble utført kalibrering av sprederutstyr på Lyngdal vegstasjon. Denne kalibreringen som lå til grunn viste seg å kunne inneholde visse usikkerhetsmomenter, dette blant annet på bakgrunn av manglende ekspertise ved kalibreringa av den ene sprederen vi hadde disponibel til forsøkene.

- ✓ Temperatur på vann

Ved enkelte strekninger under forsøkene viste det seg at vi hadde lavere temperaturer på vannet på Stratos Lava II enn normal arbeidstemperatur. Hvor stor påvirkning dette har på den kjemiske prosessen er dermed usikker.

- ✓ Store variasjoner i føreforholdene

Den største utfordringen en fikk gjennom testene var de til dels store variasjonene i føreforholdene langs en forsøkssteking. Dette ble nok delvis kompensert gjennom å alternere mellom de 2 metodene, men bringer likevel inn en usikkerhet i resultatene.

## 6. Oppsummering

Målsettingen med dette forsøket har vært å se om metoden med befuktning av salt med varmt vann kan være et alternativ til den tradisjonelle måten å befukte salt ved å tilsette saltløsning.

Resultatene fra forsøkene som er utført i uke 2, 5 og 9 i 2004 viser klare tendenser til at det er en forskjell i favør av den nye metoden med befuktning med varmt vann både i forhold til en raskere virkning og jevnt høyere friksjonsnivå sammenlignet med tradisjonell salting med tilsetning av saltløsning som befuktingsvæske. Det er først etter 2,5 timer at de 2 metodene nærmer seg hverandre. Resultatene må også sees i lys av at den totale saltmengden reduseres ved å erstatte saltløsning med vann. Hvis disse resultatene holder seg i videre forsøk, vil det si at en kan oppnå den samme effekten i forhold til friksjonsutvikling med en mindre saltmengde med den nye metoden sammenlignet med tradisjonell salting.

Ut fra tester som ble gjennomført med preventiv salting, var det ikke mulig å se noen markant forskjell mellom de 2 metodene i forhold til mengden restsalt etter preventive tiltak. Dvs at det lå igjen like mye salt på vegbanen med den nye metoden som med tradisjonell befuktning med saltløsning. Dette tyder klart på at den nye metoden også egner seg til preventive tiltak.

Testene som er gjort bekrefter at befuktning av salt med varmt vann er et alternativ som det er interessant å gå videre med, og en har foreløpig ikke avdekket uheldige sider med metoden. Det er likevel viktig å gjøre flere tester både for å få mer erfaring med metoden og for å gi svar på de problemstillingene som er reist bl a i forhold til:

- Hvor mye påskyndes den kjemiske prosessen
- Har væskemengden betydning for resultatet
- Hvor mye kan saltmengden reduseres
- Har den nye metoden konsekvenser for trafikk- og temperaturgrenser for salting



**Statens vegvesen**

Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
N - 0033 Oslo

Tlf. (47) 22 07 35 00  
E-post: [publvd@vegvesen.no](mailto:publvd@vegvesen.no)

ISSN 1504- 500 5