



Statens vegvesen

Salt befuktet med varmt vann.
Forsøk sesongen 2004/2005

RAPPORT

Teknologiavdelingen

nr: 2416



Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen
Desember 2005



Statens vegvesen

**Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen**

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: 22 07 35 00

www.vegvesen.no

TEKNOLOGI-RAPPORT nr. 2416

Tittel

**Salt befuktet med varmt vann. Forsøk sesongen
2004/2005**

Utarbeidet av

SINTEF teknologi og samfunn,
Transportsikkerhet og -informatikk v/ Torgeir Vaa

Dato:	Saksbehandler	Prosjektnr:
Desember 2005	Roar Støtterud	600923
	Kontrollert av	Antall sider og vedlegg:
	Øystein Larsen	47, 10

Sammendrag

Gjennom utviklingen av strøtustyr for Fastsand, ligger det nå til rette for å ta i bruk en metode basert på å tilsette varmt vann som befuktingsvæske til tørt salt. Sesongen 2003/2004 ble det gjennomført en forstudie for å se nærmere på om denne metoden kan være et alternativ til den tradisjonelle måten å befukte salt ved å tilsette saltløsning.

Testene som ble utført sesongen 2003/2004 bekrefter at befukning av salt med varmt vann er et alternativ til befukning med saltløsning, og det er foreløpig ikke avdekket uheldige sider med metoden. En er også kjent med at metoden er tatt i bruk med gode erfaringer i noen andre områder i landet, uten at dette er dokumentert. Selv om erfaringene så langt er gode, er det likevel viktig å gjøre flere kontrollerte forsøk for å få mer erfaring med metoden, og for å gi svar på problemstillinger som er reist bl a i forhold til hvor mye den kjemiske prosessen påskyndes, riktig væskemengde, hvor mye saltmengden reduseres og konsekvenser for trafikk- og temperaturgrenser for salting.

Sesongen 2004/2005 var det planlagt totalt 4 forsøk av en varighet på 3-4 dager hver gang, og etter i hovedtrekk det samme opplegget som i januar/februar 2004. Pga værforholdene ble det bare gjennomført ett forsøk sesongen 2004/2005. Dette ble gjennomført i uke 9 i perioden 1. – 2. mars. Resultatene fra testene som ble gjort i uke 9/2005 bekrefter at det er interessant å gå videre med den nye befuktingsmetoden. Befukning med varmt vann ser ut til å gi minst like god effekt som ved bruk av saltløsning som befuktingsvæske. Det ser også ut til at mer av saltet blir liggende virksomt på vegbanen ved tilsetting av varmt vann til det tørre saltet. Ved den tradisjonelle metoden med saltløsning som befuktingsvæske ser mer av saltet ut til å havne på vegskulderen.

Summary

The development of spreader equipment for the new sanding method Fastsand (mixing sand and hot water) has made it possible to take into use a method based on adding hot water as a prewetting liquid to dry salt. The winter season 2003/2004 it was carried through a preliminary study to look closer into whether this method can be an alternative to the traditional way of prewetting salt by adding brine.

The tests that were carried through in the winter season 2003/2004 confirms that prewetting salt with hot water is an alternative to using brine as a prewetting agent, and so far there have not been revealed any negative aspects with the method. It is also known that the method has been taken into use in some other areas of Norway, however without any documentation of the effects. Even though the experience so far is good, 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.

The winter season 2004/2005 the plan was to carry through a total of 4 trials with duration of 3-4 days each time, and with the same test design as in January/February 2004. Due to the weather conditions it was only conducted one trial in week 9 in the period March 1st to 2nd. The results from the tests carried through in week 9/2005 confirm that it is interesting to continue with the new prewetting method. Prewetting salt with hot water seems to give at least as good effect as the traditional method using brine as the prewetting liquid. There are also strong indications to that more of the salt stays effective on the roadway by adding hot water to the salt. Compared to the new method, using brine as the prewetting agent seems to have as a consequence that more of the salt is ending up on the shoulder.

Emneord:

Vinterdrift, salting, varmt vann

Winter Maintenance, salt, hot water, friction

**SINTEF****SINTEF Teknologi og samfunn**
Transportsikkerhet og -informatikkPostadresse: 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. Forsøk sesongen 2004/2005

FORFATTER(E)

Torgeir Vaa

OPPDRAGSGIVER(E)

Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim, Vegdirektoratet

RAPPORTNR. STF50 A05182	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Roar Støtterud	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN 82-14-03730-1	PROSJEKTNR. 223302	ANTALL SIDER OG BILAG 47/10
ELEKTRONISK ARKIVKODE I:\pro\223300		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Torgeir Vaa <i>Torgeir Vaa</i>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Terje Giæver <i>Terje Giæver</i>
ARKIVKODE 223302	DATO Desember 2005	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Trond Foss, Forskningsjef <i>Trond Foss</i>	

SAMMENDRAG

Gjennom utviklingen av strøtustyr for Fastsand, ligger det nå til rette for å ta i bruk en metode basert på å tilsette varmt vann som befuktingsvæske til tørt salt. Sesongen 2003/2004 ble det gjennomført en forstudie for å se nærmere på om denne metoden kan være et alternativ til den tradisjonelle måten å befukte salt ved å tilsette saltløsning.

Testene som ble utført sesongen 2003/2004 bekreftet at befukning av salt med varmt vann er et alternativ til befukning med saltløsning, og det er foreløpig ikke avdekket uheldige sider med metoden. En er også kjent med at metoden er tatt i bruk med gode erfaringer i noen andre områder i landet, uten at dette er dokumentert. Selv om erfaringene så langt er gode, er det likevel viktig å gjøre flere kontrollerte forsøk for å få mer erfaring med metoden, og for å gi svar på problemstillinger 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 temperaturgrenser for salting.

Sesongen 2004/2005 var det planlagt totalt 4 forsøk av en varighet på 3-4 dager hver gang, og etter i hovedtrekk det samme opplegget som i januar/februar 2004. Pga værforholdene ble det bare gjennomført ett forsøk sesongen 2004/2005. Dette ble gjennomført i uke 9 i perioden 1. – 2. mars. Resultatene fra testene som ble gjort i uke 9/2005 bekrefter imidlertid at det er interessant å gå videre med den nye befuktingsmetoden. Befukning med varmt vann ser ut til å gi minst like god effekt som ved bruk av saltløsning som befuktingsvæske. Det ser også ut til at mer av saltet blir liggende virksomt på vegbanen ved tilsetting av varmt vann til det tørre saltet. Ved den tradisjonelle metoden med saltløsning som befuktingsvæske ser mer av saltet ut til å havne på vegskulderen.

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

Innhold

SAMMENDRAG.....	II
SUMMARY	IV
1. INNLEDNING	1
1.1 BAKGRUNN	1
1.2 MÅLSETTING	1
1.3 GJENNOMFØRING.....	2
2. TESTFORBEREDELSE OG FAKTORER SOM VIRKER INN PÅ MÅLINGENE.....	3
2.1 TESTFORBEREDELSE	3
2.1.1 <i>Strekninger</i>	3
2.1.2 <i>Kalibrering</i>	3
2.1.3 <i>Restsalt</i>	3
2.1.4 <i>Restfuktighet</i>	3
2.2 FAKTORER SOM VIRKER INN PÅ MÅLINGENE	4
2.2.1 <i>Tidspunkt i forhold til årstida</i>	4
2.2.2 <i>Lokale forhold</i>	5
3. FORSØKSOPPLEGG	6
3.1 ARBEIDSHYPOTESER	6
3.2 UNDERSØKTE METODER	7
3.3 FORSØKSOMRÅDE OG TRAFIKKGRUNNLAG	8
3.4 RUTINER FOR DOKUMENTASJON AV EFFEKTER	10
3.4.1 <i>Friksjonsmålinger</i>	10
3.4.2 <i>Saltkonsentrasjon</i>	10
3.4.3 <i>Fuktighet</i>	11
3.4.4 <i>Klima</i>	11
3.5 OVERSIKT OVER FORSØKSSTREKNINGER	12
4. RESULTATER.....	21
4.1 KLIMADATA	21
4.2 FOTO AV VEGTILSTAND	22
4.3 ANALYSE AV FRIKSJONSUTVIKLING PÅ DE ENKELTE PRØVESTREKNINGENE	27
4.4 SAMMENSTILLING AV FRIKSJONSMÅLINGENE	32
4.5 RESTSALTMÅLINGER	34
4.6 TEMPERATURMÅLINGER	36
4.7 FUKTOPPTAK	39
4.8 BEREGNING AV FRYSEPUNKT	39
5. OPPSUMMERING	40
LITTERATURLISTE	42
VEDLEGG 1: SIKTEANALYSER AV SALT	43
VEDLEGG 2: RESULTATER FRA FRIKSJONSMÅLINGER MED ROAR MARK I.....	47

Sammendrag

Gjennom utviklingen av strøutstyr for Fastsand, ligger det nå til rette for å ta i bruk en metode basert på å tilsette varmt vann som befukningsvæske til tørt salt. Sesongen 2003/2004 ble det gjennomført en forstudie for å se nærmere på om denne metoden kan være et alternativ til den tradisjonelle måten å befukte salt ved å tilsette saltløsning.

Resultatene fra forsøkene i Lyngdal som ble utført i uke 2, 5 og 9 i 2004 viste klare tendenser til at det er en forskjell i favør av den nye metoden med befukning 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 var først etter 2,5 timer at de 2 metodene nærmet seg hverandre.

Testene som ble utført sesongen 2003/2004 bekrefter at befukning av salt med varmt vann er et alternativ som det er interessant å gå videre med, og det har foreløpig ikke avdekket uheldige sider med metoden. En er også kjent med at metoden er tatt i bruk med gode erfaringer i noen andre områder i landet, uten at dette er dokumentert. Selv om erfaringene så langt er gode, er det likevel viktig å gjøre flere kontrollerte forsøk for å få mer erfaring med metoden, og for å gi svar på problemstillinger 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 temperaturgrenser for salting.

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. Målsettingen med å videreføre prosjektet har vært å få verifisert om befukning av salt med varmt vann kan være en alternativ saltingsmetode. Hovedhensikten med å bruke varmt vann som befukningsmiddel er å se om dette vil redusere de totale saltmengdene. Andre problemstillinger er om salt tilsatt varmt vann gir en raskere effekt på vegen, og hvordan dette i så fall virker inn i forhold til trafikkgrensene som er satt for bruk av salt. Målsettingen kan oppsummeres slik:

- Utvikle metode for å befukte salt med varmt vann
- Gi et bidrag til utvikling av alternative driftsstrategier
- Øke anvendelsen av Fastsandspredere
- Redusere total saltmengde
- Utvide trafikkområdet for salting

Dessverre fikk en ikke gjennomført nye forsøk sesongen 2004/2005 i det omfang en hadde planlagt. Det står derfor fortsatt en del ubesvarte spørsmål igjen, og som gjør at det er ønskelig å videreføre prosjektet enda en sesong.

Resultatene fra testene som ble gjort i uke 9/2005 bekrefter imidlertid at det er interessant å gå videre med den nye befukningsmetoden. Befukning med varmt vann ser ut til å gi minst like god effekt som ved bruk av saltløsning som befukningsvæske. Det ser også ut til at mer av saltet blir liggende virksomt på vegbanen ved tilsetning av varmt vann til det tørre saltet. Ved den tradisjonelle metoden med saltløsning som befukningsvæske ser mer av saltet ut til å havne på vegskulderen.

Samtidig med restsaltmålingene ble det foretatt temperaturmålinger i de samme punktene. Temperaturene ble funnet å være konsekvent lavere der det ble benyttet varmt vann som befuktingsvæske enn der det tørre saltet ble tilsatt saltløsning, og forskjellen var så vidt markert som 1-2 grader. Den registrerte temperaturforskjellen må ha sammenheng med ulike virkninger av de studerte metodene. En sannsynlig forklaring er at den tilførte energien gjennom det varme vannet bidrar til å påskynde smelteprosessen (påvirker isen i overflaten) samt at mer av saltet blir liggende virksomt på vegbanen. Når det benyttes NaCl forbraker den kjemiske smelteprosessen varme, noe som innebærer at temperaturen i vegoverflaten vil synke noe som en konsekvens av dette. De registrerte temperaturforskjellene betyr således at metoden med å befukte saltet med varmt vann var mer effektiv enn befukting med saltløsning under de gitte forhold.

Summary

The development of spreader equipment for the new sanding method Fastsand (mixing sand and hot water) has made it possible to try a completely new salting method by adding hot water to dry salt (sodium chloride). 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 was not until 2.5 hours that the two methods were 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.

The preliminary study carried through the winter season 2003/2004 confirmed that prewetting salt with hot water is an interesting alternative, and there has not been revealed any negative aspects with the method. It is also known that the method has been taken into use in some other areas of Norway, however without any documentation of the effects. Even though the experience so far is good, 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.

The goal for the project can be summarized as follows:

- Develop a method based on prewetting salt with hot water
- Contribute to the development of alternative winter operation strategies
- Increase the use of Fastsand trucks
- Reduce the total amount of salt
- Lower the traffic and temperature limits for using salt

Unfortunately it was not possible to carry through new trials in the winter season 2004/2005 in the planned extent. This is why there are still unanswered questions, which make it necessary to continue the project one more winter season. Results from the tests carried through in week 9/2005 confirm however that it is interesting to continue with the new prewetting method. Prewetting salt with hot water seems to give at least as good effect as the traditional method using brine as the prewetting liquid. There are also strong indications to that more of the salt stays effective on the roadway by adding hot water to the salt. Compared to the new method, using brine as the prewetting agent seems to have as a consequence that more of the salt is ending up on the shoulder.

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 befukting. 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 temperaturrensene for salting.

Gjennom utviklingen av strøtstyr for Fastsand, ligger det nå til rette for å ta i bruk en metode basert på å tilsette varmt vann som befuktingsvæske til tørt salt. Sesongen 2003/2004 ble det gjennomført en forstudie for å se nærmere på om denne metoden kan være et alternativ til den tradisjonelle måten å befukte salt ved å tilsette saltløsning.

Resultatene fra forsøkene i Lyngdal som ble utført i uke 2, 5 og 9 i 2004 viste klare tendenser 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 var først etter 2,5 timer at de 2 metodene nærmet seg hverandre.

Testene som ble utført sesongen 2003/2004 bekreftet at befukting av salt med varmt vann er et alternativ som det er interessant å gå videre med, og det er foreløpig ikke avdekket uheldige sider med metoden. En er også kjent med at metoden er tatt i bruk med gode erfaringer i noen andre områder i landet, uten at dette er dokumentert. Selv om erfaringene så langt er gode, er det likevel viktig å gjøre flere kontrollerte forsøk for å få mer erfaring med metoden, og for å gi svar på problemstillinger 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 temperaturrensene for salting.

1.2 Målsetting

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. Målsettingen med prosjektet er å undersøke om befukting av salt med varmt vann kan være en alternativ saltingsmetode. 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 vegen, og hvordan dette i så fall virker inn i forhold til trafikkrensene som er satt for bruk av salt.

Målsettingen for prosjektet kan oppsummeres slik:

- Utvikle metode for å befukte salt med varmt vann
- Gi et bidrag til utvikling av alternative driftsstrategier
- Øke anvendelsen av Fastsandspredere
- Redusere total saltmengde
- Utvide trafikkområdet for salting

1.3 Gjennomføring

Sesongen 2004/2005 var det planlagt totalt 4 forsøk i Lyngdal av en varighet på 3-4 dager hver gang og etter i hovedtrekk det samme opplegget som i januar/februar 2004. Pga værforholdene ble det bare gjennomført ett forsøk sesongen 2004/2005. Dette ble gjennomført i uke 9 i perioden 1. – 2. mars. Det var også planlagt forsøk 3. mars, men da var det for kaldt til å salte og forsøket ble derfor avsluttet.

2. Testforberedelser og faktorer som virker inn på målingene

2.1 Testforberedelser

2.1.1 Strekninger

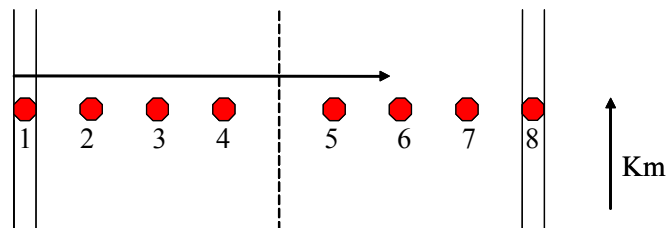
Det ble utført befarings av aktuelle teststrekninger før hvert enkelt forsøk. Aktuelle områder som var ønsket brukt til forsøk ble notert og inndelt i delfelt som ble tildelt den enkelte spreder/metode.

2.1.2 Kalibrering

Før selve forsøkene ble igangsatt ble det utført kalibrering av sprederer på Vegstasjonen i Lyngdal. Måleren for saltkonsentrasjon (SOBO) var kalibrert på forhånd i henhold til bruksanvisning fra leverandøren.

2.1.3 Restsalt

Målingene av restsalt ble utført i 8 punkter på vegbanen, se Figur 2.1, med 1 til 2 målinger per delfelt.

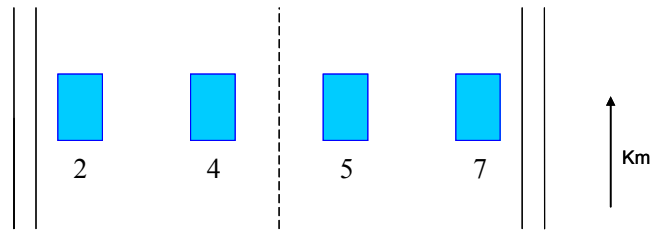


Figur 2.1: Oversikt over målepunkt for restsaltmålinger

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

2.1.4 Restfuktighet

For registrering av fuktighet på vegbanen ble Wettex kluter plassert etter et prinsipp som vist i Figur 2.2, dvs i hvert hjulspor på vegbanen.



Figur 2.2: Oversikt over målepunkt for restfuktighet

Plasseringen som er vist i Figur 2.2 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 delfeltene.

2.2 Faktorer som virker inn på målingene

2.2.1 Tidspunkt i forhold til årstida

Tidspunktet for denne typen forsøk vil kunne påvirke resultatene. Dette gjelder særlig på ettervinteren på dager uten skydekke når sola får godt tak og bidrar til smeltingen, jfr. Figur 2.3.



Figur 2.3: 1. mars 2005. Sola begynner å få tak

2.2.2 Lokale forhold

Lokale forhold som skyggepartier, jfr. Figur 2.4, vil også kunne gjøre utslag i resultatene dersom det er lengre strekninger som ligger i områder som er eksponert for sollys med den ene metoden enn med den andre metoden. Gjennom å alternere vekselvis mellom metodene vil en stort sett ha kontroll på slike ting. Fotodokumentasjonen som foreligger gir mulighet for å utelate strekninger som kan bringe skjevheter inn i resultatene, men dette er ikke gjort i de foretatt analysene.



Figur 2.4: Lokale skyggepartier

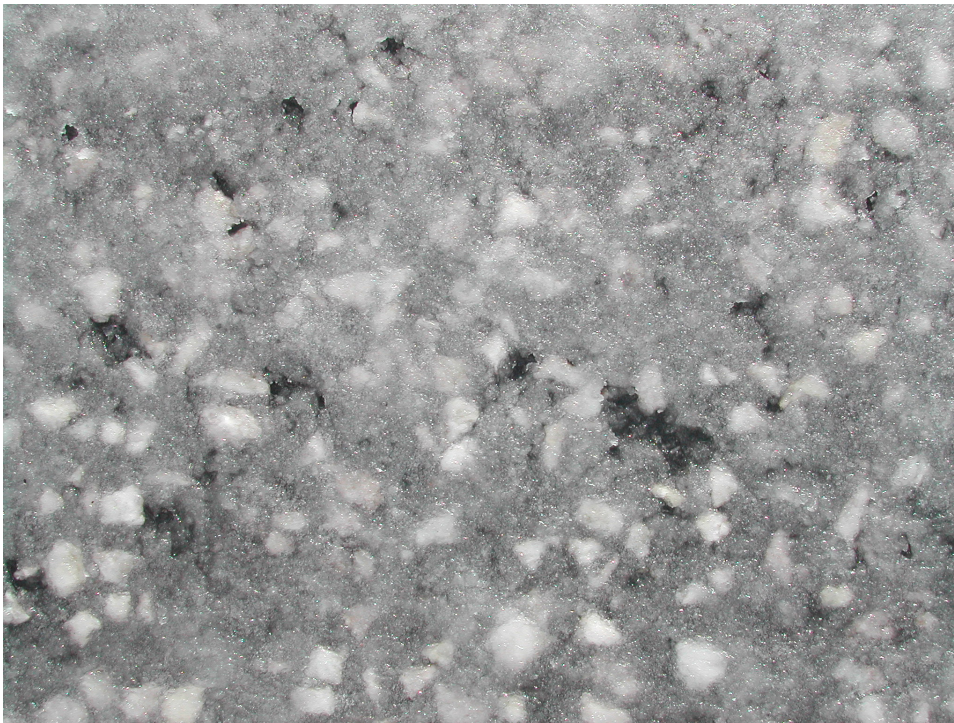
Det er også viktig å være klar over at det kan være variasjoner innenfor de enkelte forsøksstrekningene bl a med temperaturforskjeller pga høydeforskjeller. I kombinasjon med variasjoner i ÅDT er dette forhold det kan være nødvendig å korrigere for.

3. Forsøksopplegg

3.1 Arbeidshypoteser



Figur 3.1: *Strøbilde ved bruk av varmt vann som befuktingsvæske*



Figur 3.2: *Virkning av salt*

Figur 3.1 og Figur 3.2 illustrerer 2 av arbeidshypotesene med hensyn til at salt befuktet med varmt vann får en bedre vedheft til vegoverflaten, og at iskrystallene brytes raskere ved tilføring av varmeenergi.

3.2 Undersøkte metoder

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 befukting med saltløsning.

Spreaderne som ble brukt under testene var av typen Stratos Lava II med tilsetning av varmt vann og Epoke Sirius med tilsetning av saltløsning, se henholdsvis Figur 3.3 og Figur 3.4. Begge enhetene kjørte med standard befuktingsmengde, dvs. 70 vekt-% tørrstoff og 30 vekt-% væske.



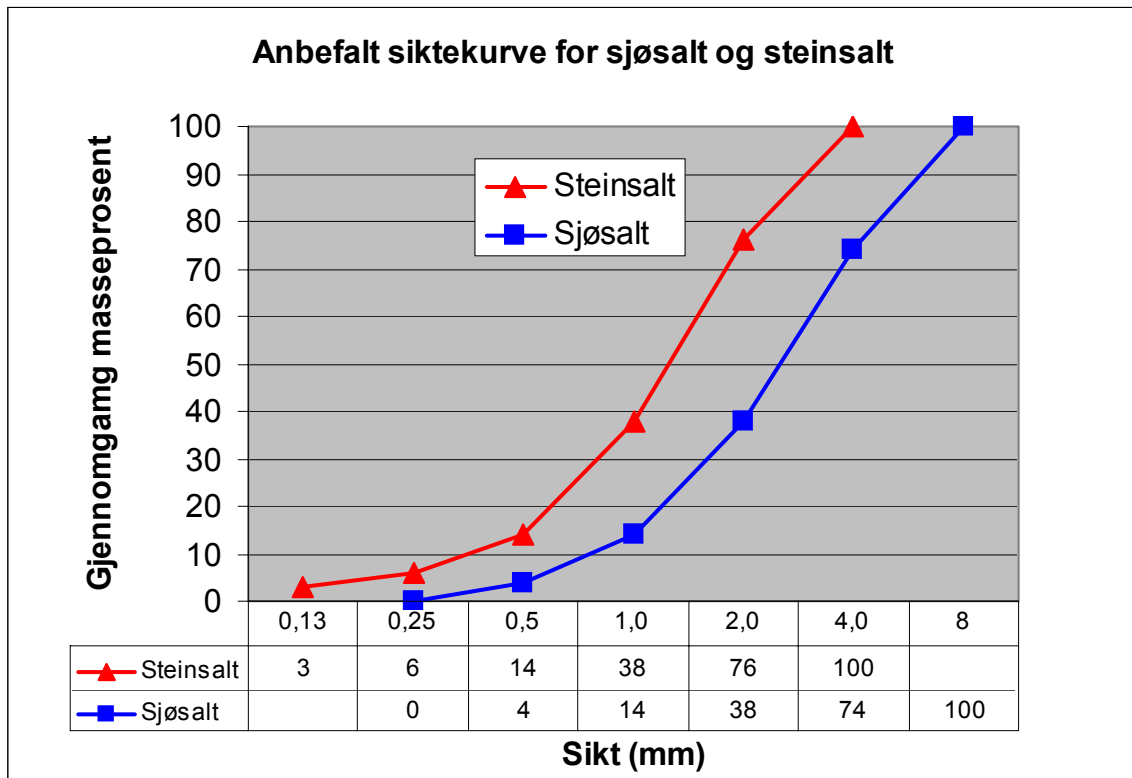
Figur 3.3: Bilde av Stratos Lava II (varmt vann) (saltløsning)



Figur 3.4: Bilde av Epoke Sirius

Til forsøkene 1. – 2. mars ble det benyttet salt fra entreprenørens lager i Lyngdal. Dette er vanlig sjøsalt med en målt fuktighet på 3,1 %. Til de planlagte forsøkene 3. mars ble det besluttet å kjøpe inn steinsalt fra en lokal leverandør. Dette saltet hadde et fuktinnhold på bare 0,2 %. Den store forskjellen i fuktinnhold gjøre at en vil oppnå bedre kontroll på den totale fuktigheten ved å benytte steinsalt framfor sjøsalt. En annen forskjell på de 2 salttypene er at steinsaltet er mer finkornet, jfr Figur 3.5 som er basert på spesifikasjoner fra en av de norske saltleverandørene. I vedlegg 1 er gjengitt siktekurver av saltet som ble benyttet under forsøkene i uke 9.

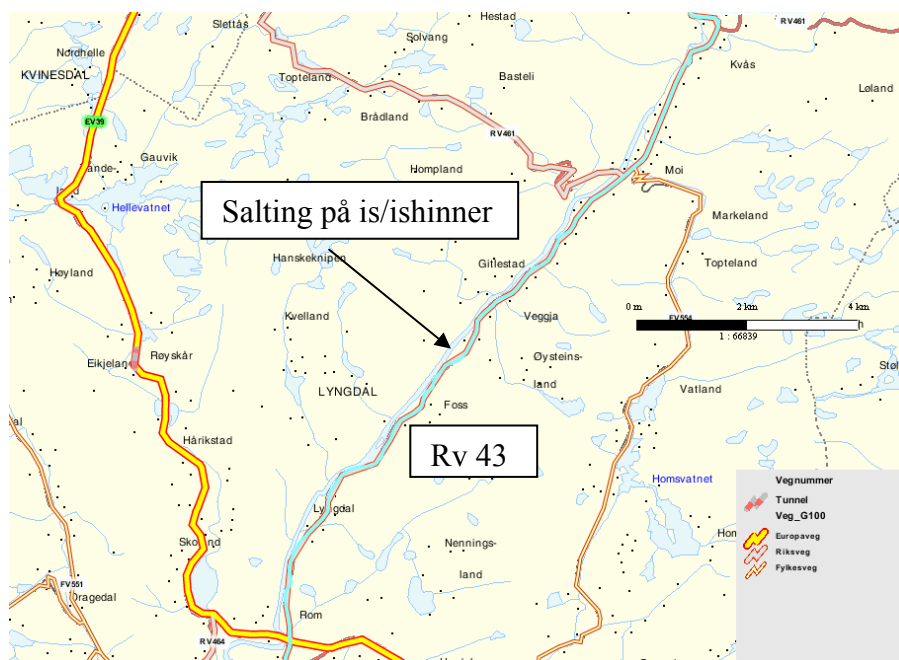
Hva salttypen betyr i forhold til den nye saltmetoden er foreløpig ikke undersøkt, men dette er nok noe en bør se nærmere på.



Figur 3.5: Siktekurver for steinsalt og sjøsalt

3.3 Forsøksområde og trafikkgrunnlag

Figur 3.6 viser en oversikt over forsøksområdet med utgangspunkt i Lyngdal vegstasjon.

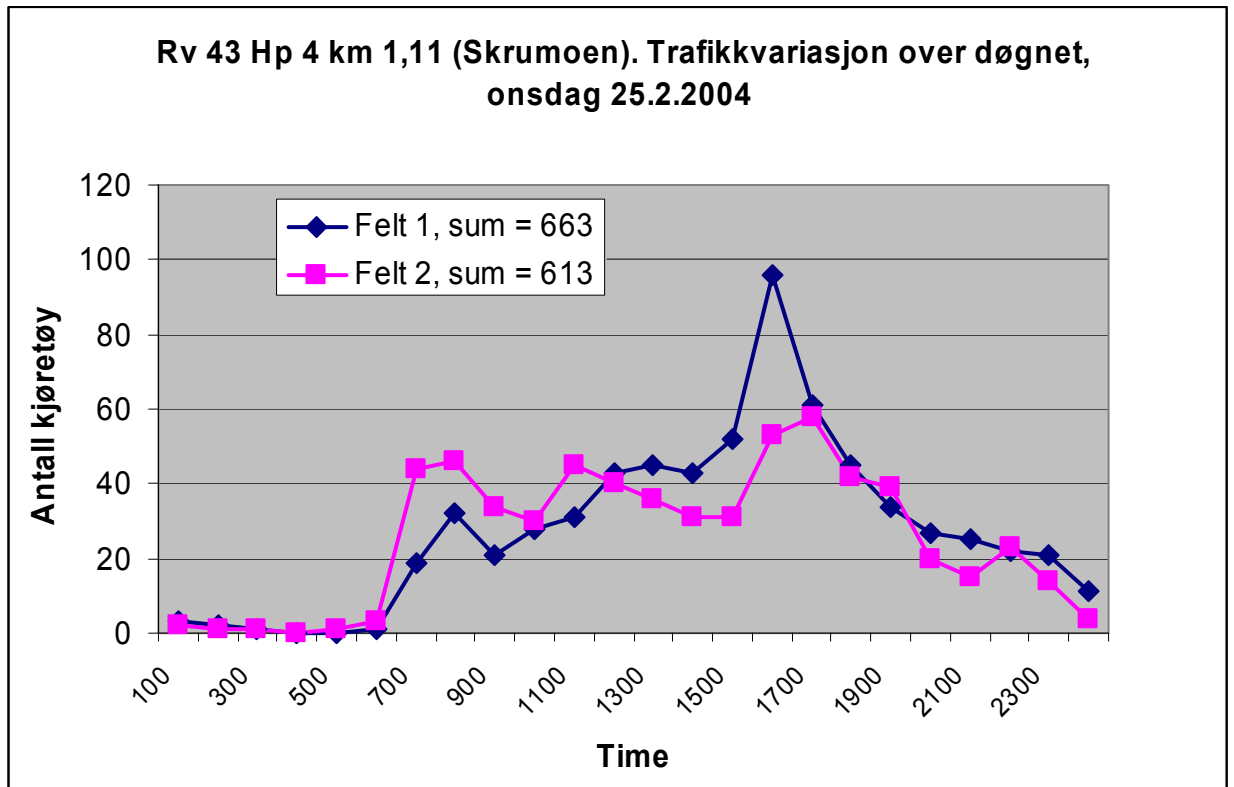


Figur 3.6: Kart over forsøksområde, Kilde: <http://www.vegvesen.no/nvdb/viskart/index.stm>

Forsøket i uke 9 i 2005 ble utført på Rv 43 Hp 4 km 0 til km 14,0. ÅDT på den delen av Rv 43 som ble benyttet i forsøkene varierer fra ca 1200 til ca 950:

- ÅDT = 1189 (telleår 1998) ved Hp 4 km 1,110 (Skrumoen)
- ÅDT = 939 (telleår 1998) ved Hp 4 km 9,470 (Vemestad)

Døgnvariasjonen ved Skrumoen framgår av Figur 3.7.



Figur 3.7: Trafikkvariasjon over døgnet, Rv 43, Hp 4 km 1,11

Tallene i Figur 3.7 som er fra en onsdag i februar i 2004, viser timetrafikken en typisk hverdag. Det er en trafikktopp i retningen fra Lyngdal på ettermiddagen, ellers er timetrafikken over dagen nokså jevn i hver retning.

3.4 Rutiner for dokumentasjon av effekter

3.4.1 Friksjonsmålinger



Figur 3.8: *Bilde av Roar Mark I*



Figur 3.9: *Bilde av Roar Mark III*

For å kunne måle effekten av tiltakene under forsøkene ble det benyttet friksjonsmåleutstyr av typen ROAR Mark I og Roar Mark III, se henholdsvis Figur 3.8 og Figur 3.9. Roar Mark III ble også brukt til gjennomgående fotografering av forsøksstrekningene.

3.4.2 Saltkonsentrasjon

Til måling av saltkonsentrasjonen ble det benyttet Sobo 20, se Figur 3.10.



Figur 3.10: *Bilde av SOBO 20 i bruk*

Sobo 20 er et instrument som er basert på måling av den elektroniske ledningsevnen i en løsning. Væskesekammeret 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 vegen. Denne motstanden vil variere alt etter hvor mye saltløsning det er på vegen, og en kan lese av på apparatets display hvor stor saltmengde (g/m^2) som er tilstede på målestedet.

3.4.3 Fuktighet

Til oppsamling av fuktigheten på vegoverflaten ble det benyttet en fiberduk av typen Wettex, se Figur 3.11.



Figur 3.11: Oppsamling av fuktighet med Wettex klut

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

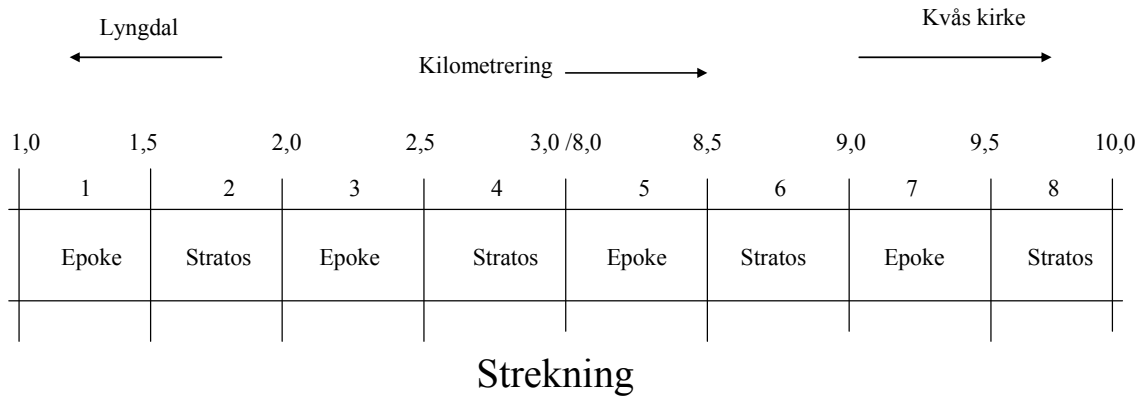
Hensikten med å samle opp fuktigheten med Wettex kluter var primært å for å kunne bestemme vannmengden med tanke på beregning av frysepunktet i væsken på vegen. Den samlede fuktighet ble målt ved å ta utgangspunkt i klutens vekt etter bruk trukket fra den egenvekt tørr, samt hensyn til dens areal for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

3.4.4 Klima

Det ble foretatt manuell registrering av temperatur både på vegbane og i luft, samt luftfuktighet på samtlige målepunkt.

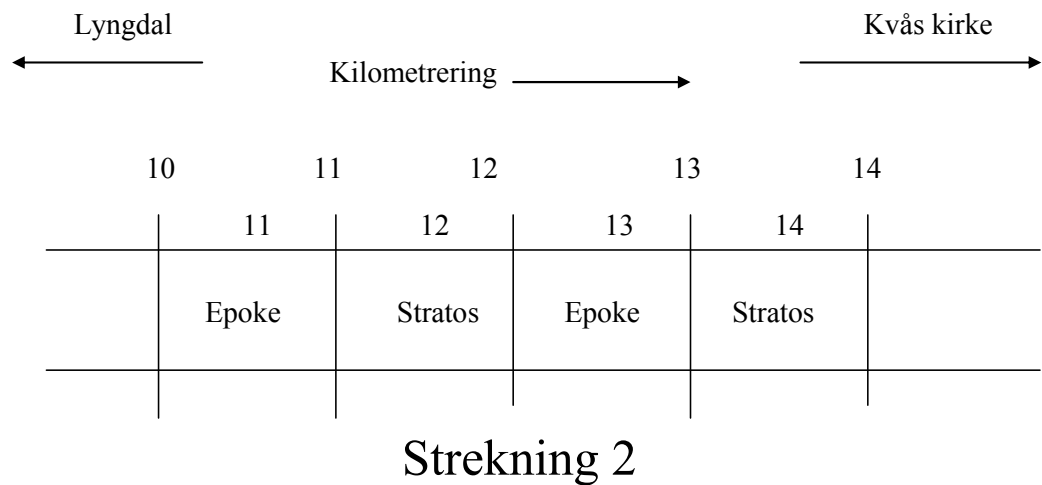
3.5 Oversikt over forsøksstrekninger

Figur 3.12 og Figur 3.13 viser inndelingen av prøvestrekninger i delfelt de 2 forsøksdagene.



Dato: 2. mars 2005

Figur 3.12: *Strekning 1 delt inn i delfelt. Tiltak utført både 1. og 2. mars 2005*



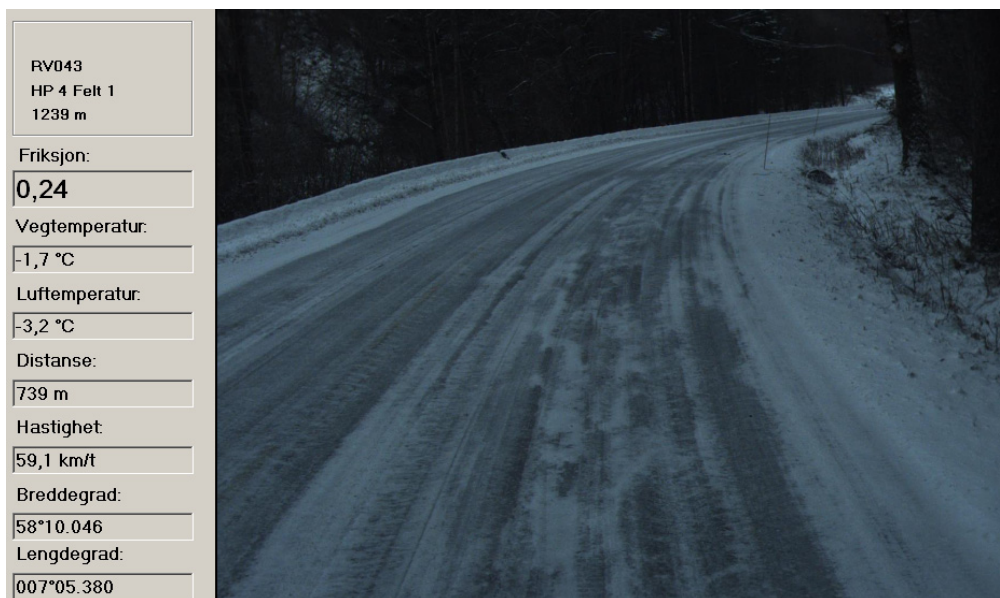
Dato: 2. mars 2005

Figur 3.13: *Strekning 2 delt inn i delfelt. Tiltak utført 2. mars 2005*

Tiltakene ble utført på følgende måte:

- 1. mars, saltet delfelt 1-4 kl 10:40 – 10:50. Dosering: 15 g/m², 3 meter bredde i begge retninger
- 1. mars, saltet mellom km 3 og km 8, delfelt 5 og 6, kl 12:30 – 12:45 med saltløsning som befuktingsvæske. Dosering: 30 g/m², 3 meter bredde i begge retninger
- 1. mars kl 13:45 – 14:15, saltet delfelt 1-4. Dosering 10 g/m², 3 meter bredde i begge retninger
- 1. mars kl 13:45 – 14:15, saltet delfelt 7-10. Dosering 25 g/m², 3 meter bredde i begge retninger
- 1. mars kl 13:45 - 14.15, ikke nytt tiltak på delfelt 5 og 6
- 2. mars kl 9:50 – 10:30, saltet delfelt 1 – 10 i henhold til Figur 3.12. Epoke på km 3-5,5 (delfelt 5) og Stratos på km 5-8 (delfelt 6). Dosering 20 g/m², 3 meter bredde i begge retninger
- 2. mars kl 12:40 – 12:55, saltet delfelt 11 – 14. Dosering 20 g/m², 3 meter bredde i begge retninger

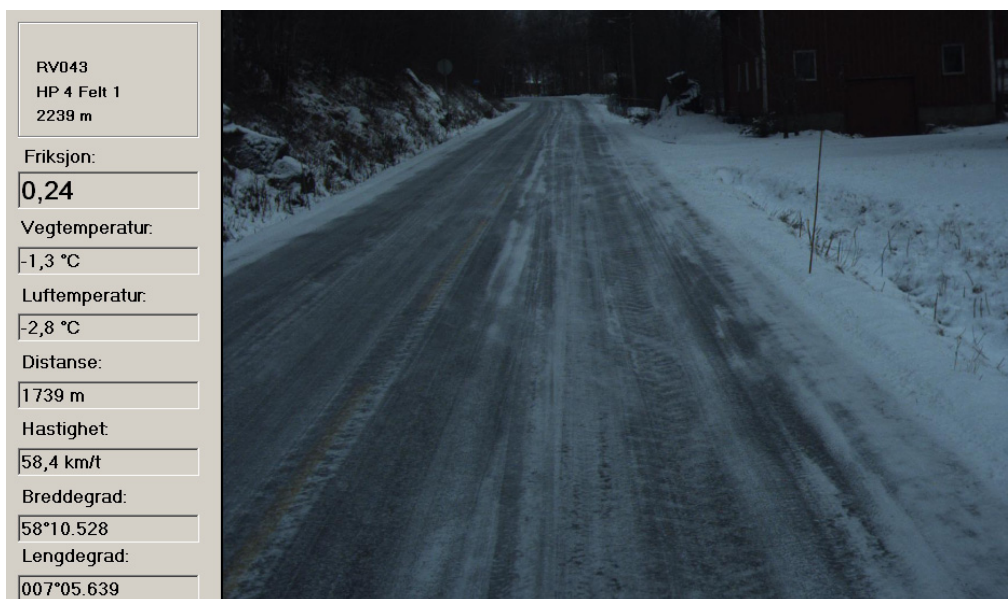
I Figur 3.14 - Figur 3.27 er gjengitt bilder før tiltak på de enkelte delfeltene.



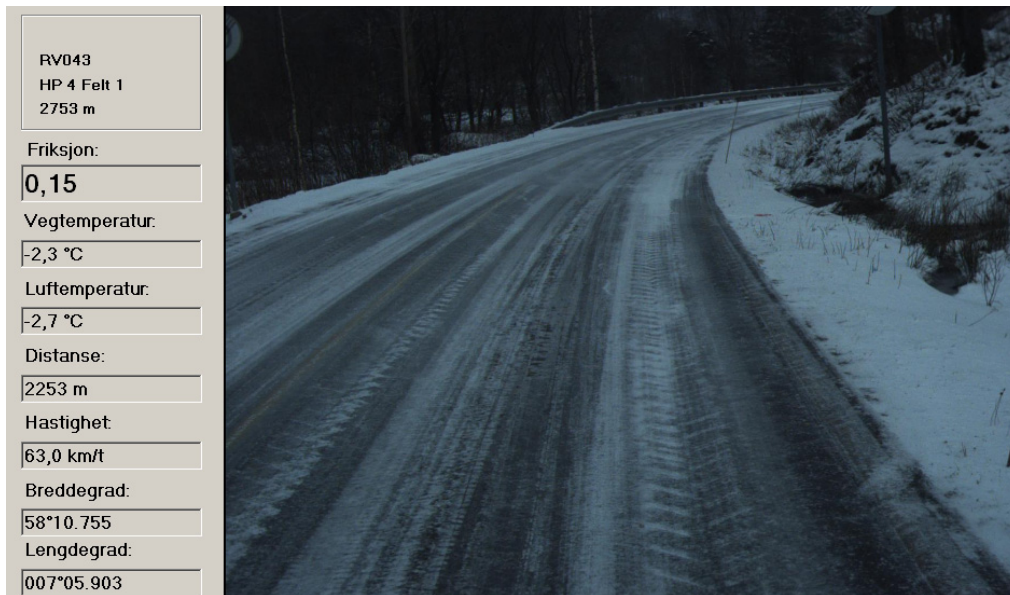
Figur 3.14: Delfelt 1. Bilde tatt før tiltak, 1. mars kl 10:04



Figur 3.15: Delfelt 2. Bilde tatt før tiltak, 1. mars kl 10:04



Figur 3.16: Delfelt 3. Bilde tatt før tiltak, 1. mars kl 10:04



Figur 3.17: Delfelt 4. Bilde tatt før tiltak, 1. mars kl 10:04



Figur 3.18: Delfelt 5. Bilde tatt 1. mars kl 13:28, saltet med 30 g/m² kl 12:30



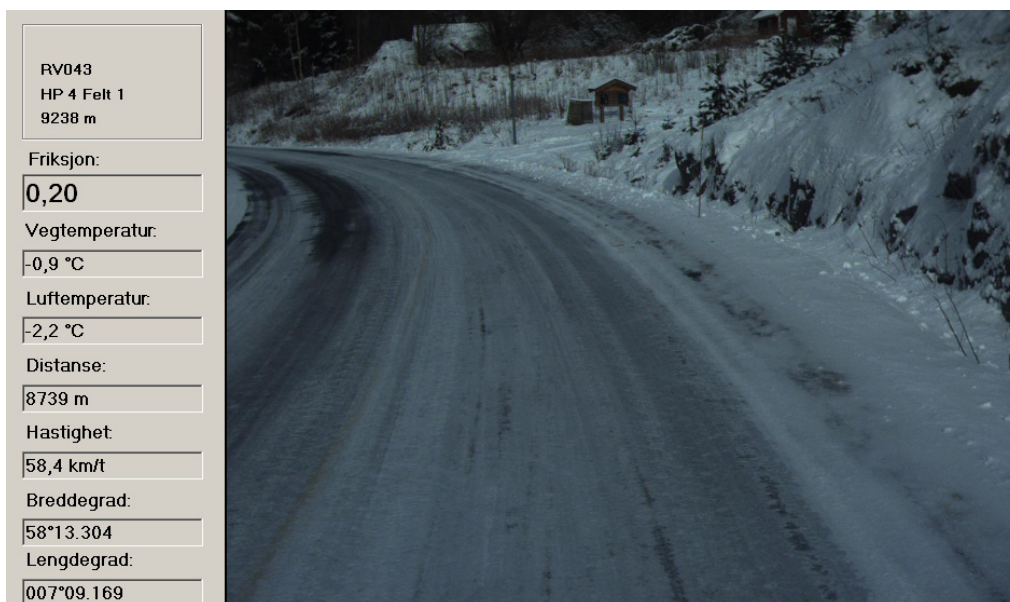
Figur 3.19: Delfelt 6. Bilde tatt 1. mars kl 13:28, saltet med 30 g/m² kl 12:30



Figur 3.20: Delfelt 7. Bilde tatt før tiltak, 1. mars kl 13:28



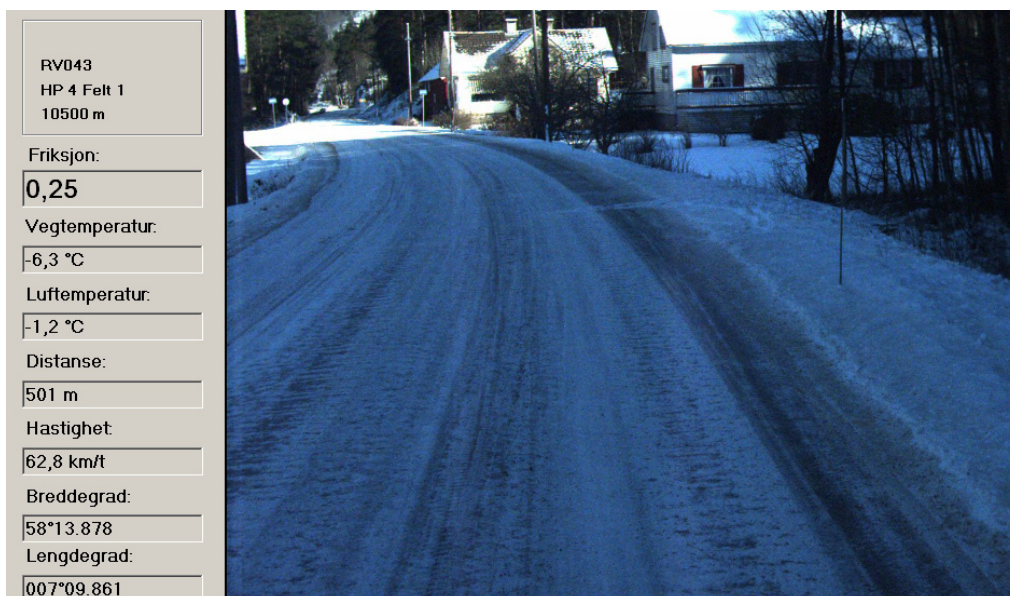
Figur 3.21: Delfelt 8. Bilde tatt før tiltak, 1. mars kl 13:28



Figur 3.22: Delfelt 9. Bilde tatt før tiltak, 1. mars kl 13:28



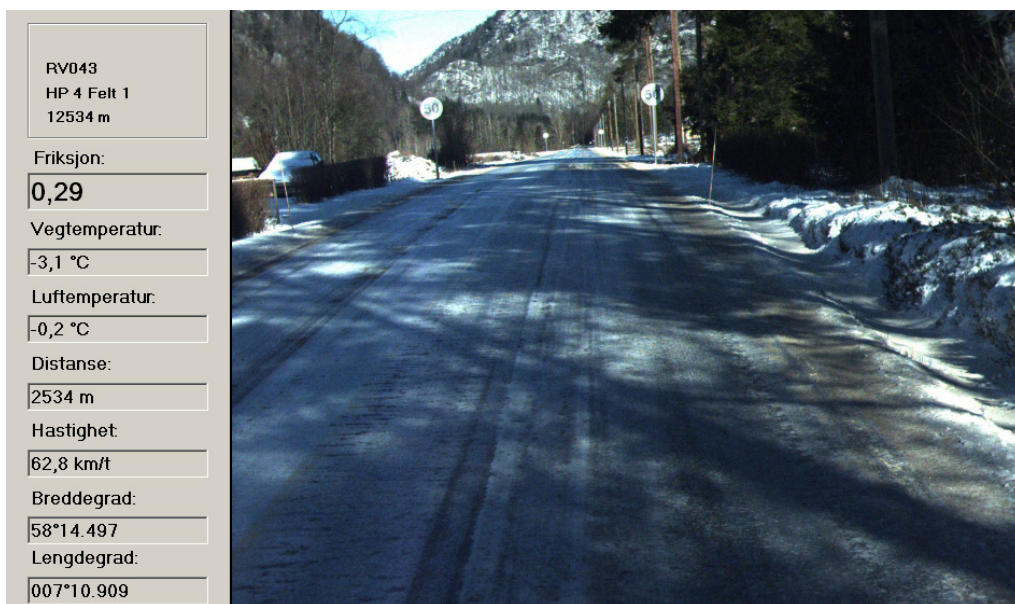
Figur 3.23: Delfelt 10. Bilde tatt før tiltak, 1. mars kl 13:28



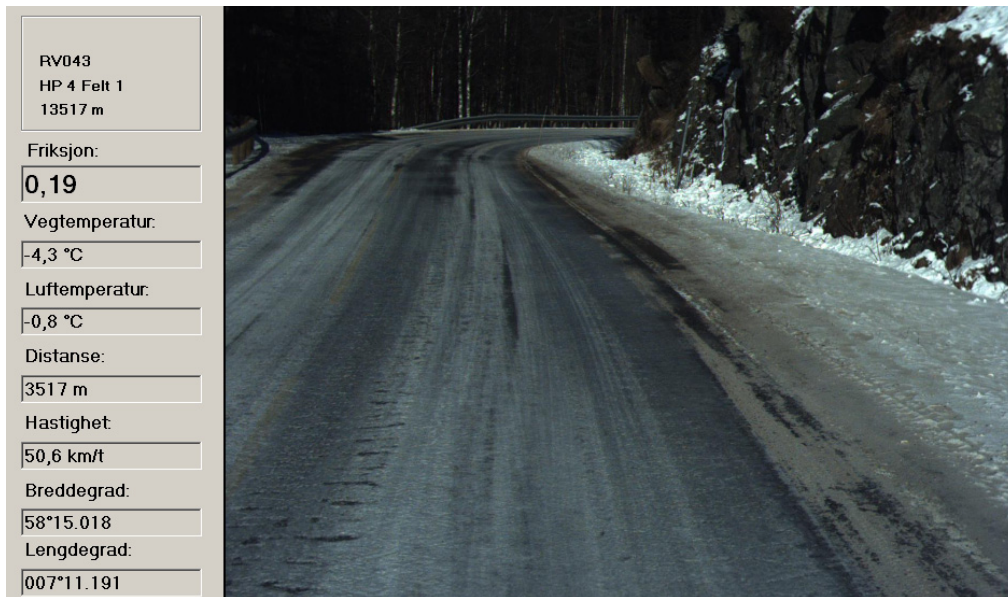
Figur 3.24: Delfelt 11. Bilde tatt før tiltak, 2. mars kl 12:20



Figur 3.25: Delfelt 12. Bilde tatt før tiltak, 2. mars kl 12:20



Figur 3.26: Delfelt 13. Bilde tatt før tiltak, 2. mars kl 12:20



Figur 3.27: Delfelt 14. Bilde tatt før tiltak, 2. mars kl 12:20

Det var isdekke på alle delfeltene med litt variable forhold med hensyn til istykkelse.

4. Resultater

4.1 Klimadata

I Tabell 4.1 og Tabell 4.2 er gjengitt resultatene fra manuelle temperaturmålinger i forsøksperioden. 1. mars var det 1-2 minusgrader i vegbanen. 2. mars var det noe varmere på delfelt 1-10, mens det var ned mot -6 °C på delfelt 11-14. Dvs at alle forsøkene ble gjennomført innenfor det normale temperaturområdet for salting.

Tabell 4.1: Manuelle observasjoner 1. mars 2005

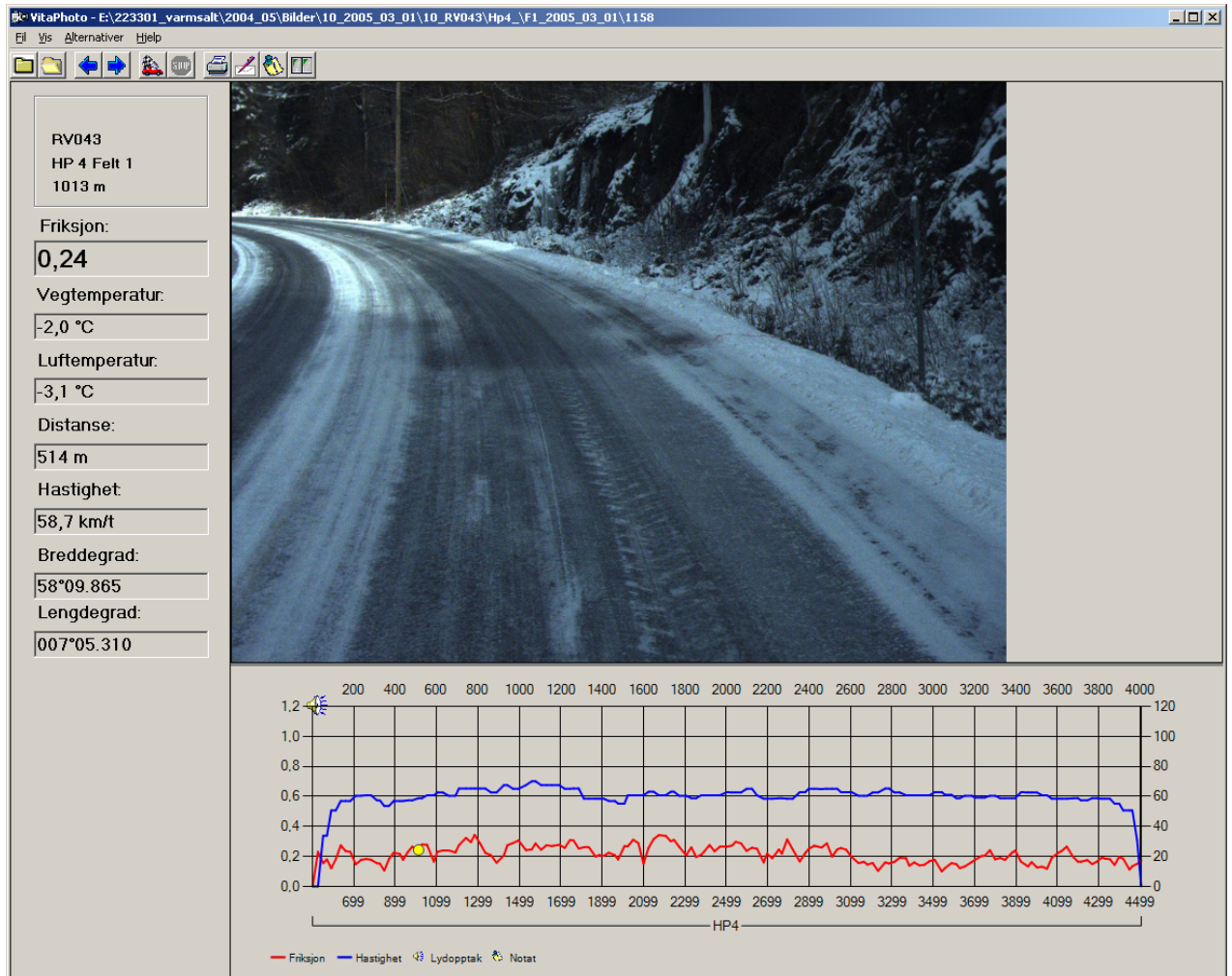
Km	Tidspunkt		Temperatur		Luft-fuktighet	Dugg-punkt
	Dato	Kl	Luft	Vegbane		
1,5	1. mars	10:55	-3,3	-2,0	66,7	8,7
2,5	1. mars	10:58	-4,0	-1,0	68,5	8,5
3,0	1. mars	11:00	-4,8	-2,0	70,4	8,9
8,0	1. mars	13:55	-3,6	-2,0	61,9	7,9
1,25	1. mars	14:00	-3,3	-1,0	63,4	8,8
2,25	1. mars	14:55	-4,1	-1,0	60,1	9,6
2,75	1. mars	15:07	-4,0	0,0	59,1	9,5
2,75	1. mars	15:18	-4,2	-2,0	55,5	10,9
1,25	1. mars	16:00	-4,2	-1,0	60,8	10,0
1,75	1. mars	16:07	-4,3	-2,0	54,5	11,3
2,25	1. mars	16:11	-4,1	0,0	52,4	11,1
2,75	1. mars	16:22	-5,0	-3,0	55,1	11,7

Tabell 4.2: Manuelle observasjoner 2. mars 2005

Km	Tidspunkt		Temperatur		Luft-fuktighet	Dugg-punkt
	Dato	Kl	Luft	Vegbane		
1,25	2. mars	14:00	-2,0	2,0	45,4	11,7
1,75	2. mars	14:10	-2,2	-1,0	44,3	11,5
2,25	2. mars	14:16	-2,2	6,0	34,8	13,7
2,75	2. mars	14:25	-2,7	1,0	36,9	14,1
8,3	2. mars	14:45	-2,5	0,0	40,6	12,6
8,8	2. mars	14:56	-2,3	1,0	38,9	12,7
9,3	2. mars	15:10	-2,6	1,0	46,0	11,6
9,8	2. mars	15:28	-3,0	1,0	46,8	11,8
10,25	2. mars	15:50	-3,0	0,0	41,0	13,2
10,75	2. mars	16:05	-2,2	-3,0	44,2	11,7
11,25	2. mars	16:10	-1,8	-3,0	41,1	10,7
11,75	2. mars	16:17	-2,3	-4,0	41,2	12,1
12,25	2. mars	16:28	-1,0	-1,8	41,1	11,6
12,75	2. mars	16:37	-4,2	-3,0	43,7	13,8
13,25	2. mars	16:45	-3,5	-2,0	50,7	11,5
13,75	2. mars	16:52	-5,0	-6,0	50,8	12,6

4.2 Foto av vegtilstand

Figur 4.1 viser et bilde tatt ca 1 timer etter at det første tiltaket var iverksatt 1. mars. En ser tydelig overgangen mellom usaltet og saltet strekning.

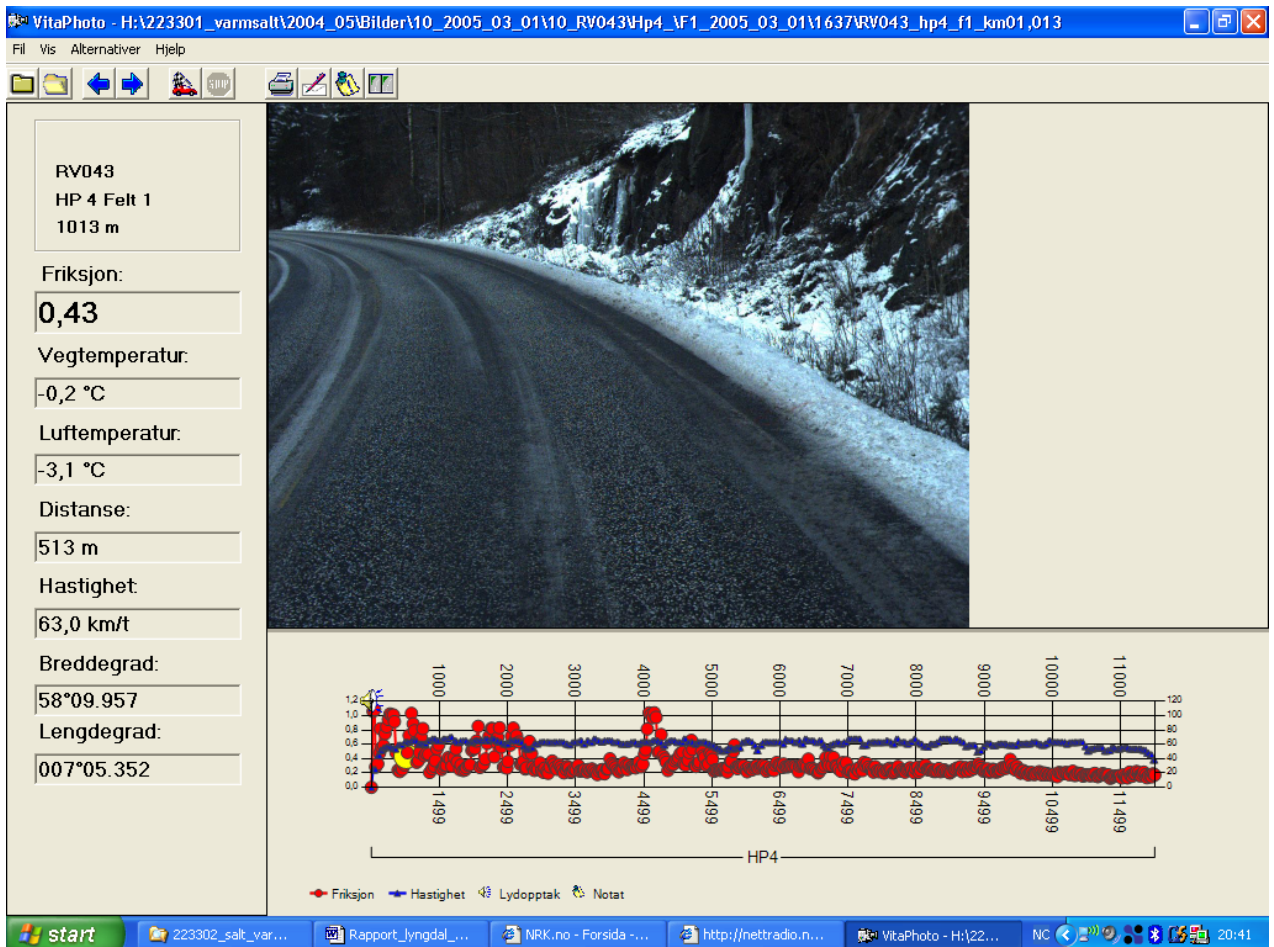


Figur 4.1: Starten på delfelt 1. Bilde tatt 1. mars kl 11:58, 1 time etter tiltak

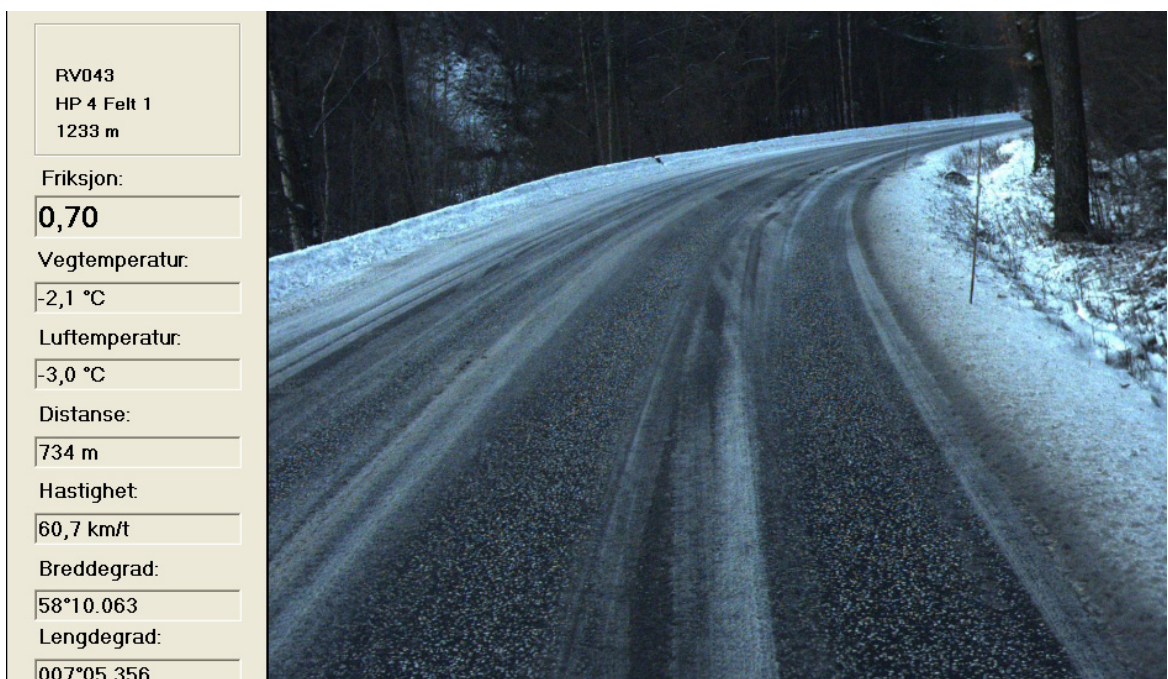
Figur 4.2 viser situasjonen samme sted ca 5 timer senere. En kan se at overgangen fra saltet til usaltet strekning er visket ut, noe som kan ha sammenheng med at det er en viss saltsprut og meddrag av saltet.

Figur 4.3 - Figur 4.6 viser flere eksempler på situasjonen ca 6 timer etter at saltingen ble utført første forsøksdagen. Figur 4.7 - Figur 4.10 viser tilsvarende eksempler andre forsøksdagen ca 3 timer etter at saltingen ble utført.

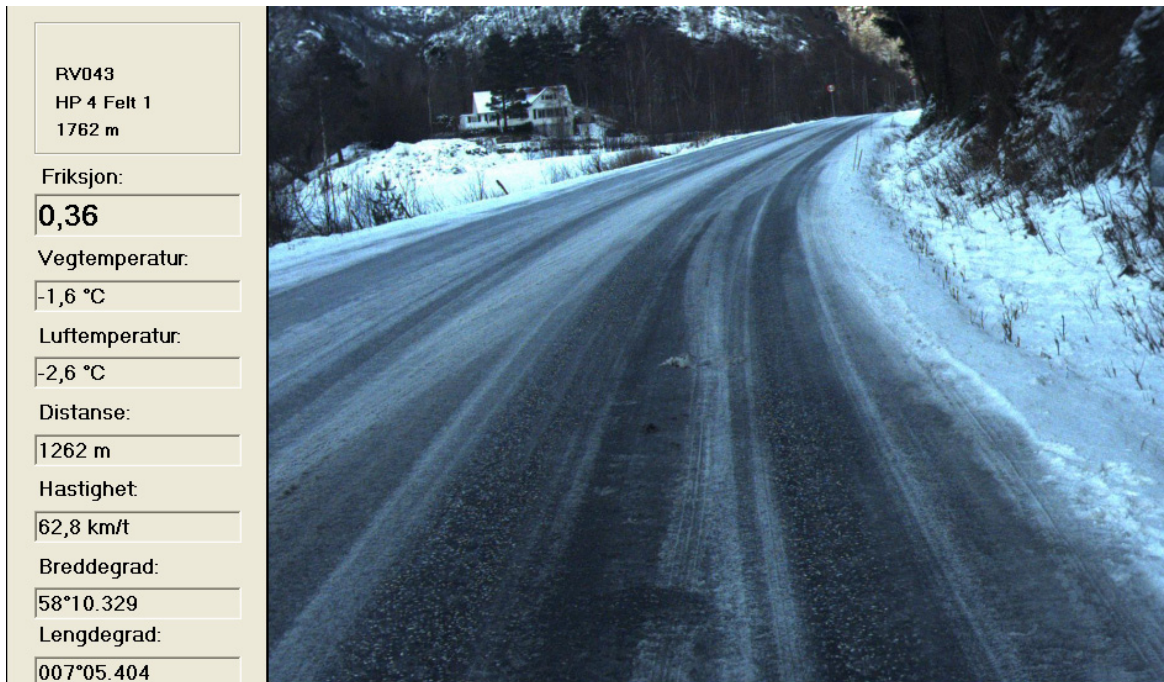
Av de gjengitte bildene kan en se at det var en del variasjoner i føretilstanden fra delfelt til delfelt. Saltingen som ble iverksatt var ikke tilstrekkelig til å etablere sammenhengende bar veg innenfor oppfølgingsperioden, noe som heller ikke var å vente ut fra de rådende forhold. Til det var trafikkmengden for liten og islaget for tykt særlig andre dagen av forsøkene.



Figur 4.2: Starten på delfelt 1. Bilde tatt 1. mars kl 16:37



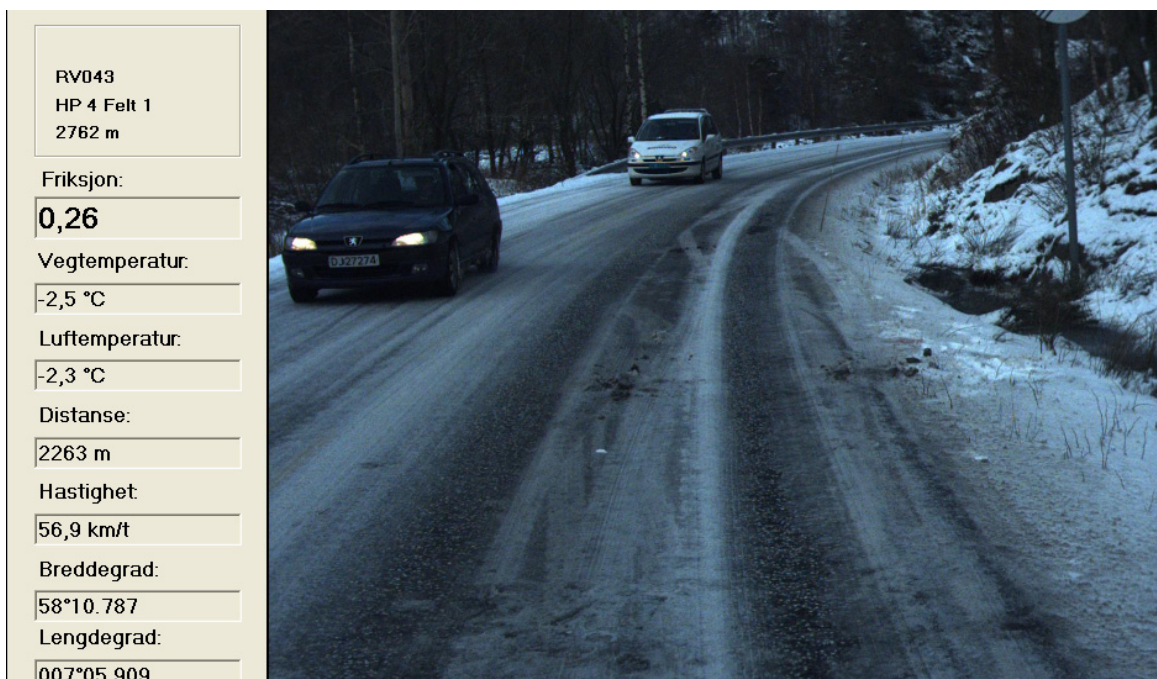
Figur 4.3: Delfelt 1. Bilde tatt 6 timer etter tiltak, 1. mars kl 16:37



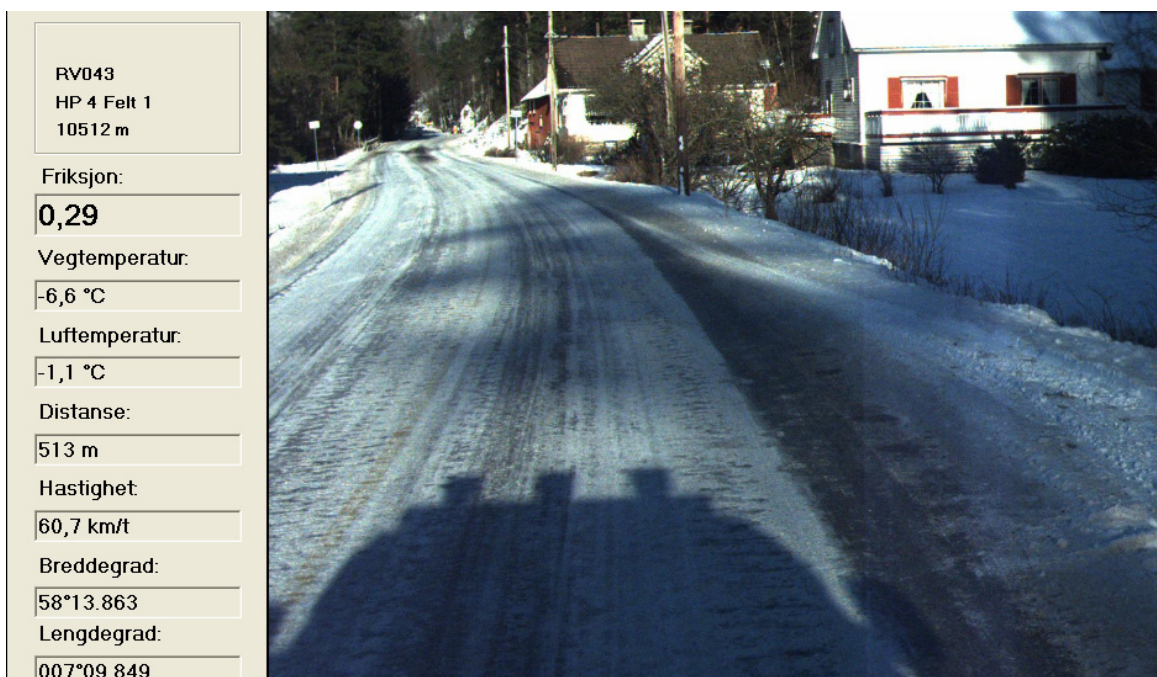
Figur 4.4: Delfelt 2. Bilde tatt 6 timer etter tiltak, 1. mars kl 16:37



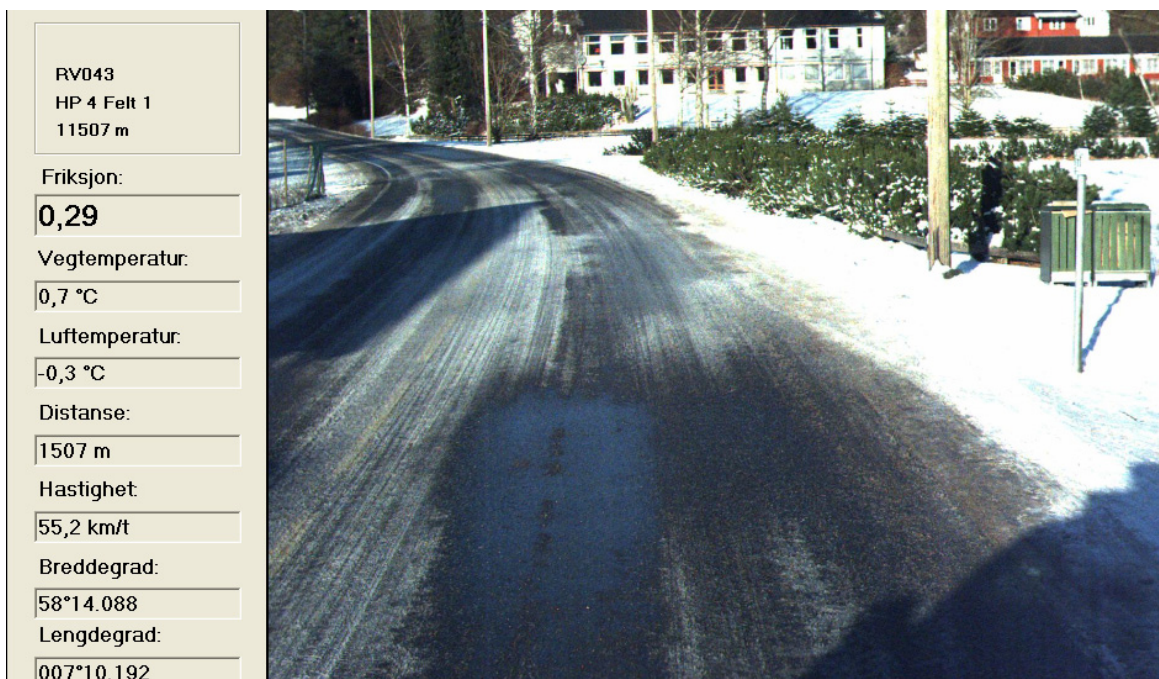
Figur 4.5: Delfelt 3. Bilde tatt 6 timer etter tiltak, 1. mars kl 16:37



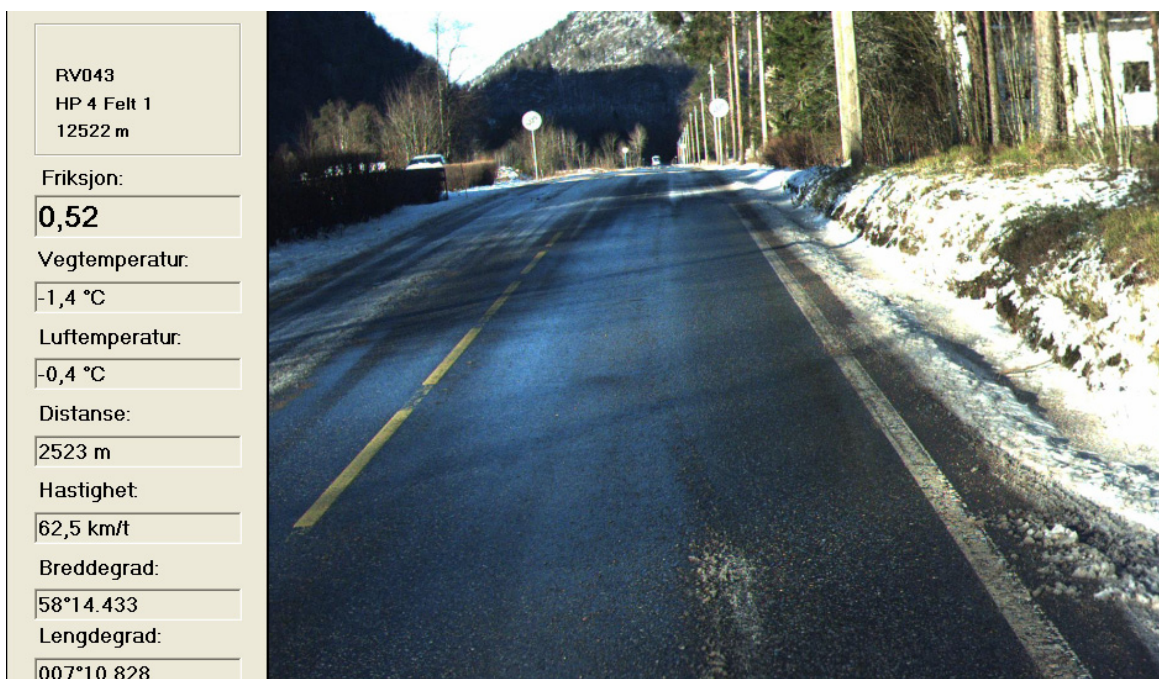
Figur 4.6: Delfelt 4. Bilde tatt 6 timer etter tiltak, 1. mars kl 16:37



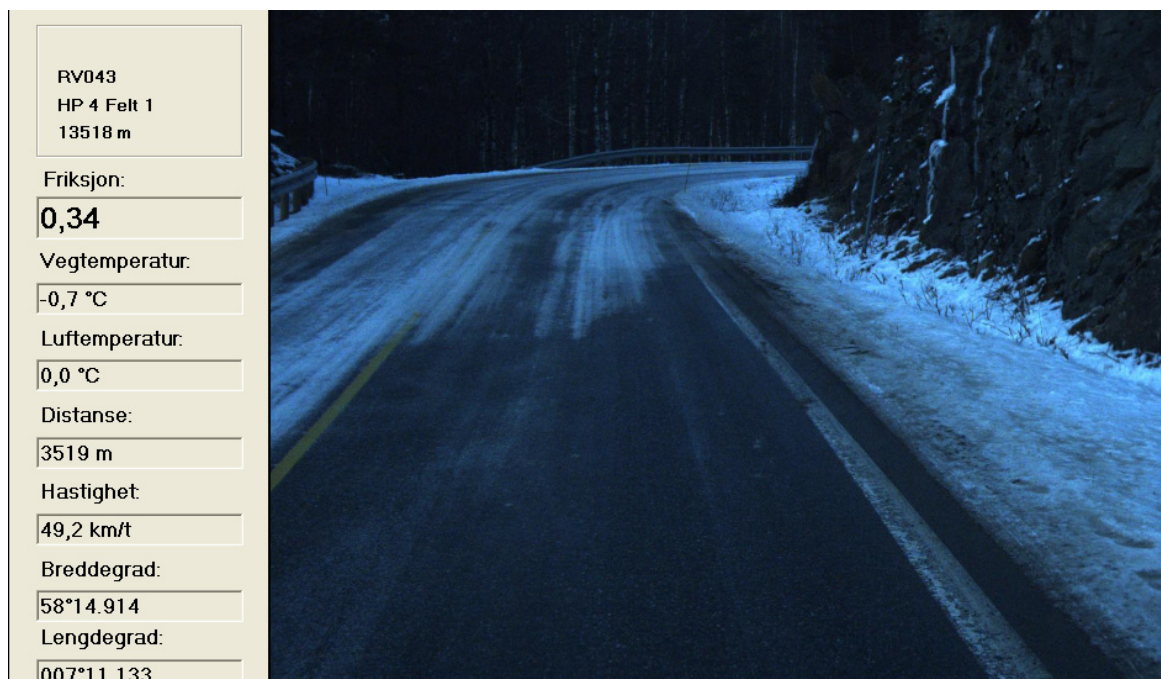
Figur 4.7: Delfelt 11. Bilde tatt 3 timer etter tiltak, 2. mars kl 16:02



Figur 4.8: Delfelt 12. Bilde tatt 3 timer etter tiltak, 2. mars kl 16:02



Figur 4.9: Delfelt 13. Bilde tatt 3 timer etter tiltak, 2. mars kl 16:02



Figur 4.10: Delfelt 14. Bilde tatt 3 timer etter tiltak, 2. mars kl 16:02

4.3 Analyse av friksjonsutvikling på de enkelte prøvestrekningene

I Figur 4.11 - Figur 4.20 er gjengitt resultater fra friksjonsmålinger med Roar Mark III (fast slip) på de ulike prøvestrekningene. I vedlegg 2 er gjengitt tilsvarende oversikter basert på målinger med Roar Mark I (variabel slip). I de videre analysene er det lagt vekt på resultatene fra Roar Mark III.

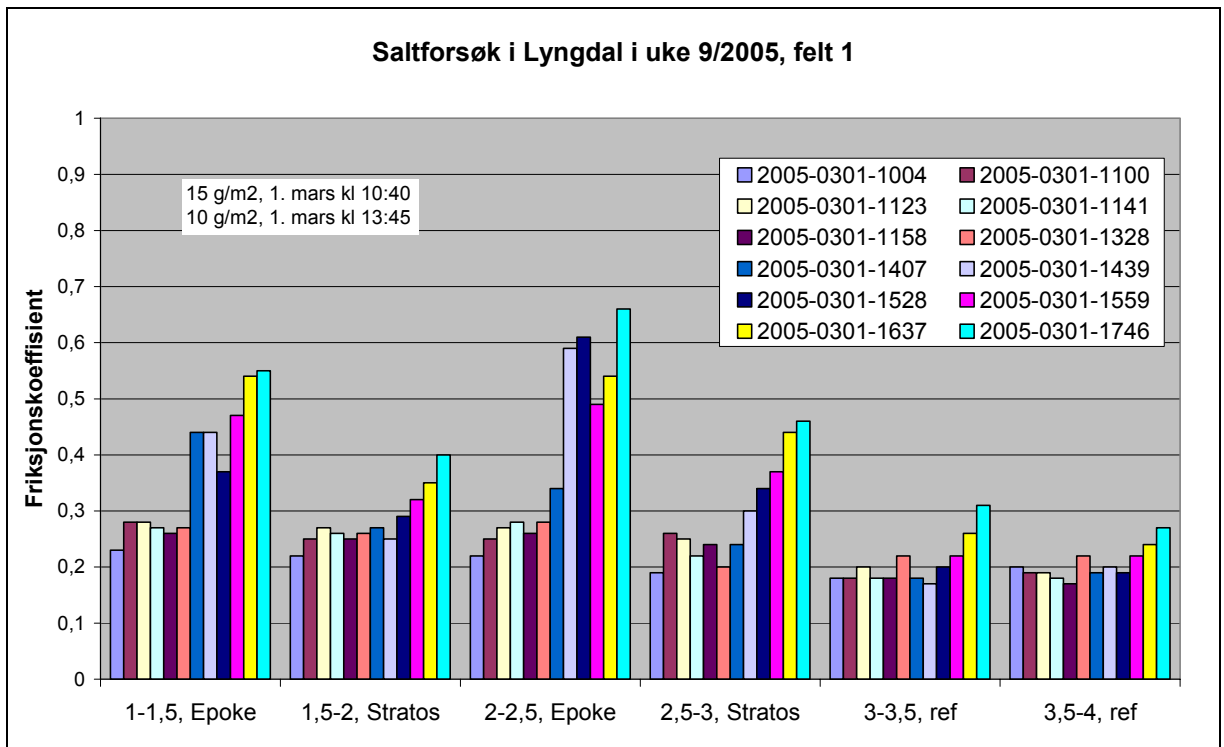
Delfelt 1-4, 1. mars. Total saltmengde på 25 g/m^2 var ikke tilstrekkelig til å heve friksjonen over 0,40 i løpet av 6 timer i begge retninger. Små forskjeller mellom metodene, men en tendens til noe høyere friksjon der det ble benyttet tradisjonell saltmetode. Salting i to omganger gjør at det er valgt å utelate disse måleseriene fra sammenstillingen i avsnitt 4.4.

Delfelt 7-10, 1. mars. Total saltmengde på 20 g/m^2 var ikke tilstrekkelig til å påvirke friksjonsforholdene i løpet av oppfølgingsperioden på 4 timer. Uendret friksjon etter 3 timer, men en svak tendens til oppgang i friksjonen etter 4 timer. Ingen forskjell mellom metodene.

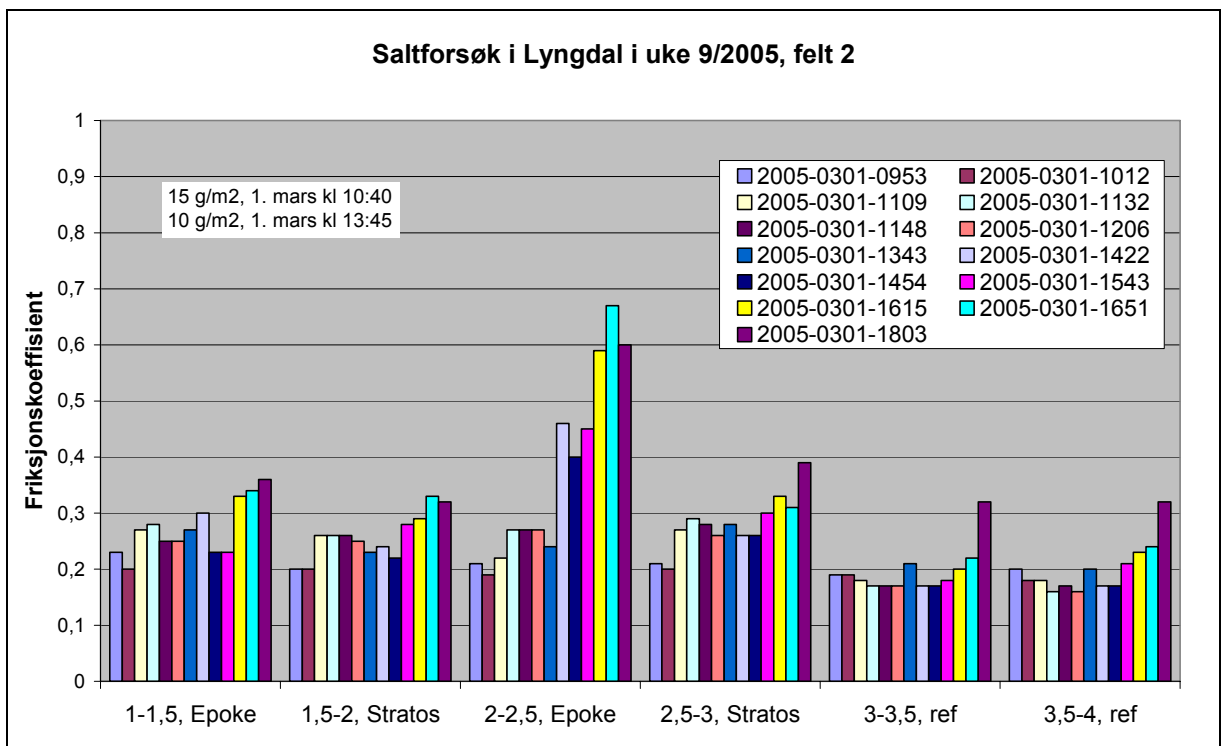
Delfelt 1-4, 2. mars. Total saltmengde 2. mars: 20 g/m^2 . Der det var samme utgangsnivå (delfelt 1 og 4) var det ingen forskjell mellom metodene. Bør utelates fra videre analyser siden utgangsfriksjonen var så vidt høy.

Delfelt 5-10, 2. mars. Saltet med 20 g/m^2 2. mars. Der det var samme utgangsnivå var det ingen forskjell mellom metodene. Friksjon over 0,40 etter ca 3,5 timer. I videre analyser er det sett bort fra delfelt med høy utgangsfriksjon.

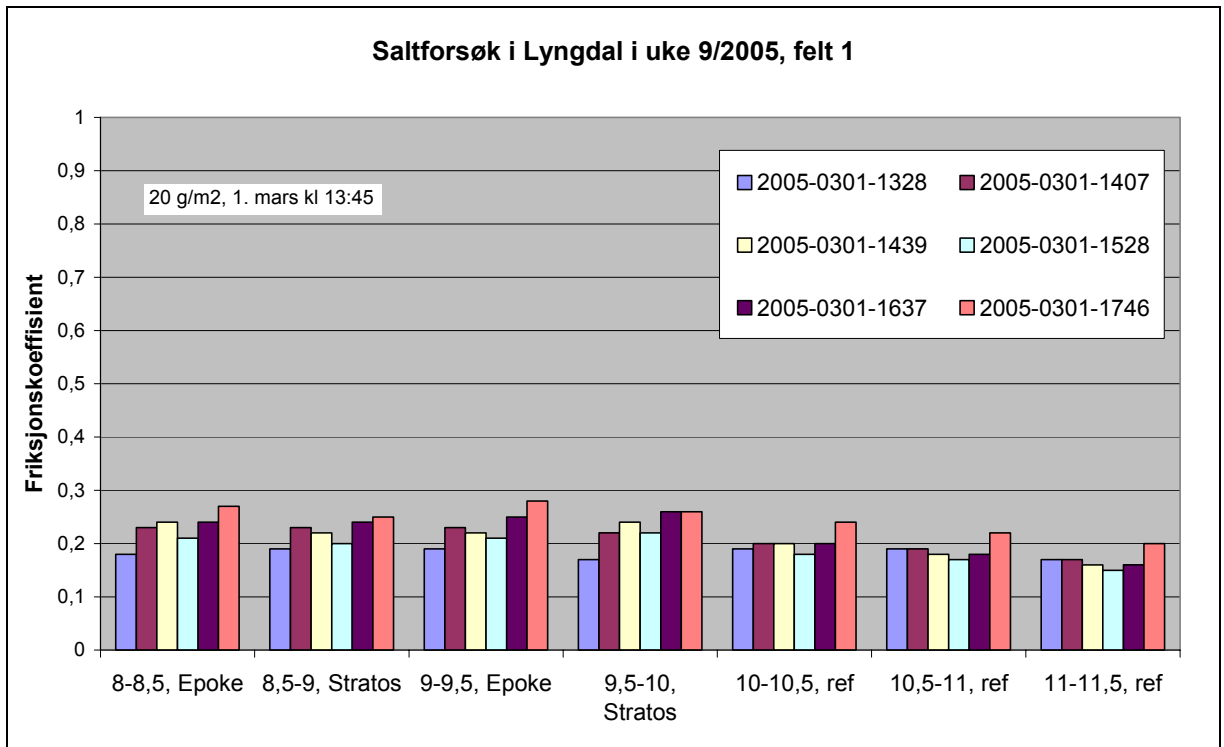
Delfelt 11-14. Saltet med 20 g/m^2 2. mars. Ikke tilstrekkelig til å løfte friksjonen over 0,40 etter 6 timer i begge kjøreretninger. Ingen vesentlig forskjell mellom metodene.



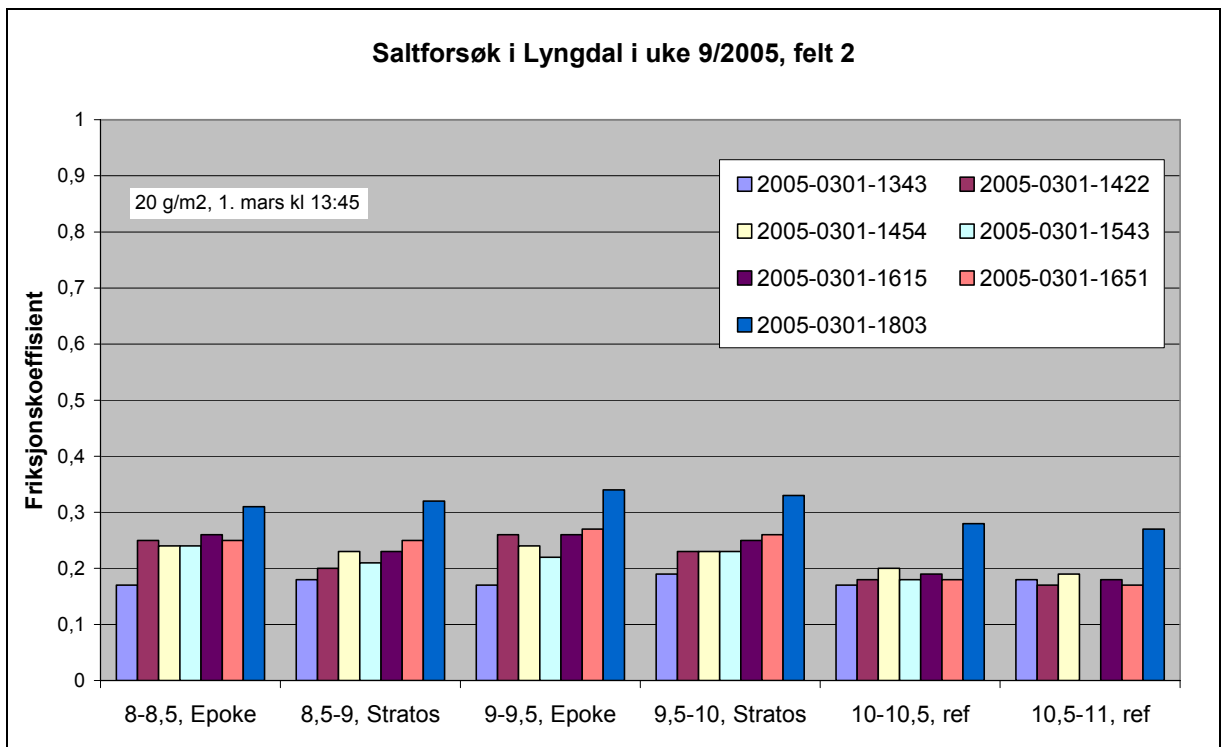
Figur 4.11: Friksjonsutvikling på delfelt 1-4. 1. mars 2005, felt 1



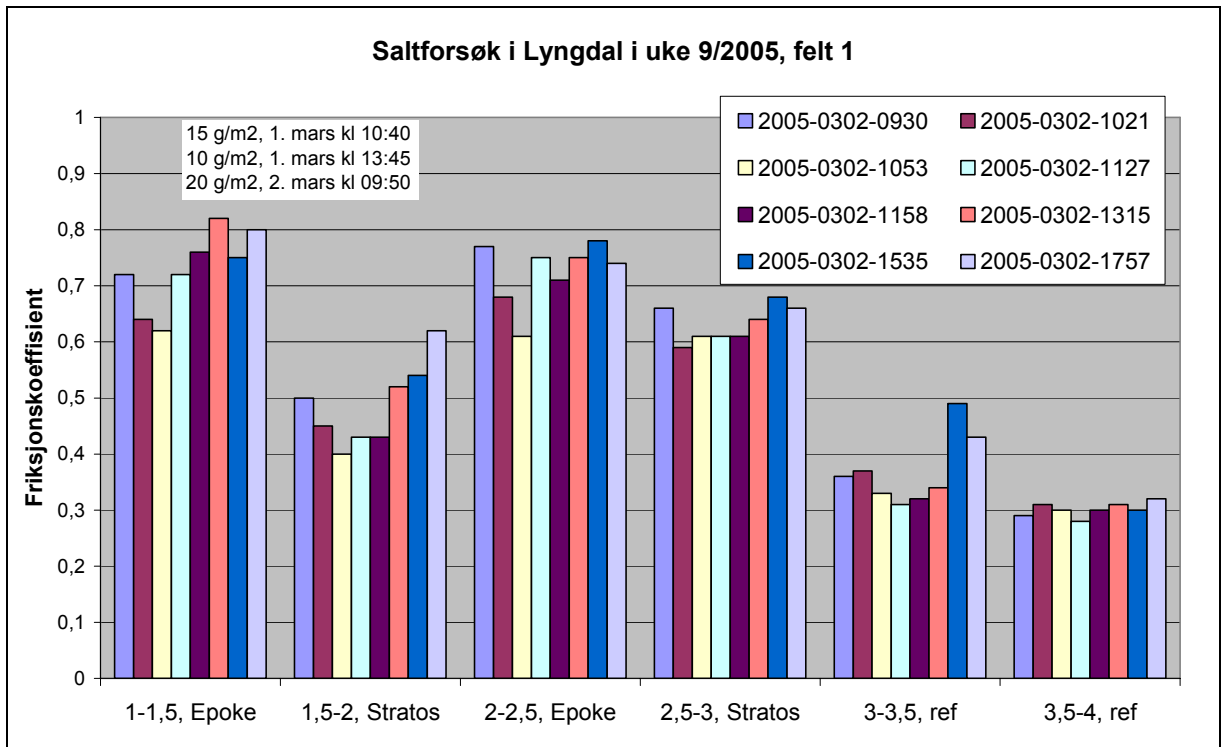
Figur 4.12: Friksjonsutvikling på delfelt 1-4. 1. mars 2005, felt 2



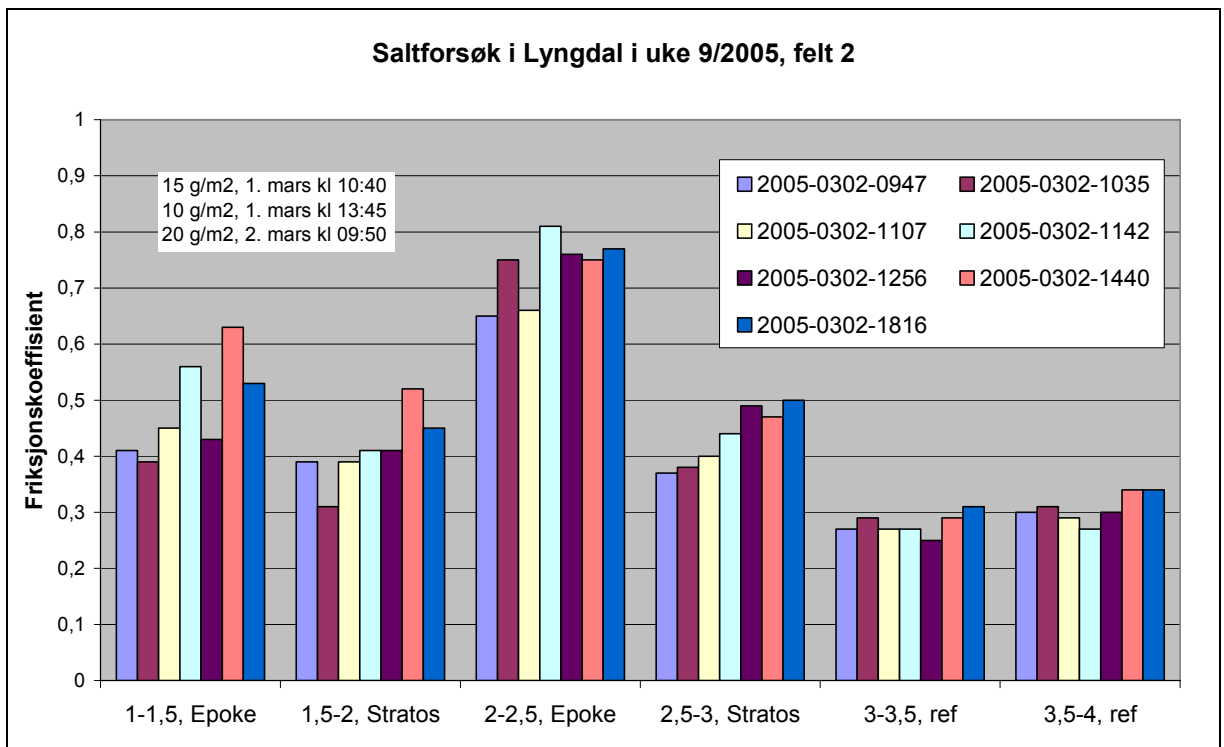
Figur 4.13: Friksjonsutvikling på delfelt 7-10. 1. mars 2005, felt 1



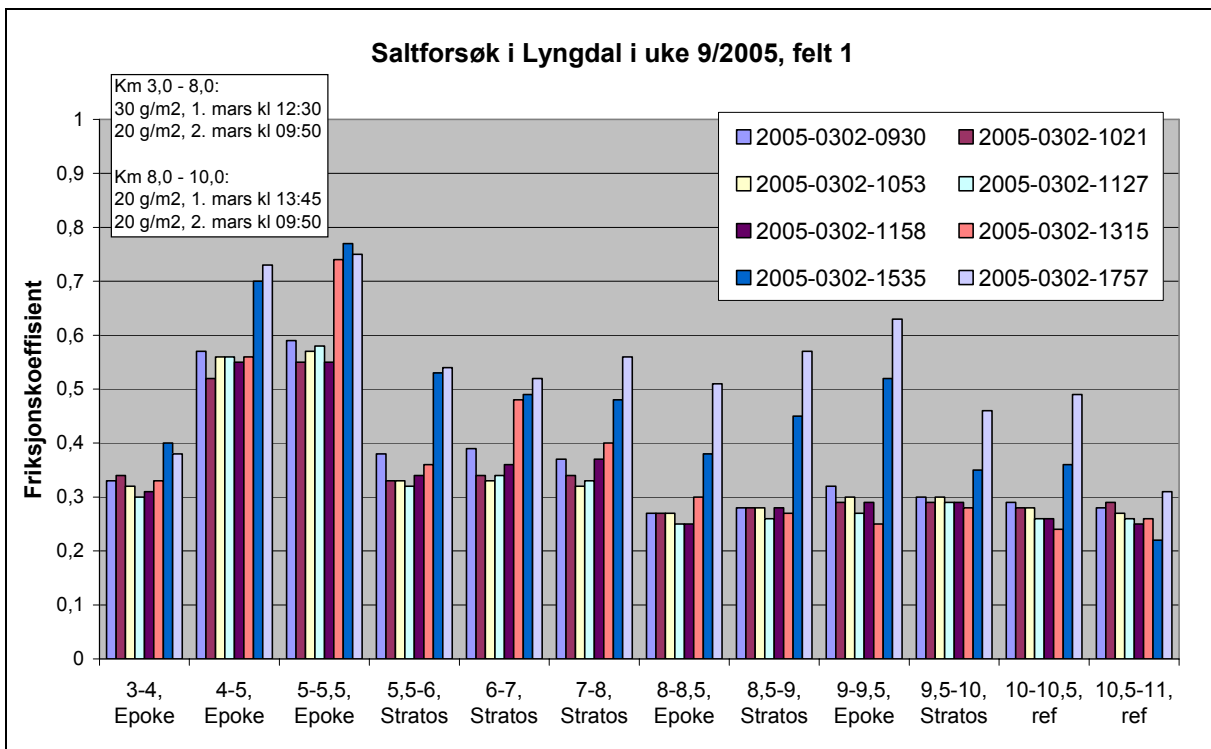
Figur 4.14: Friksjonsutvikling på delfelt 7-10. 1. mars 2005, felt 2



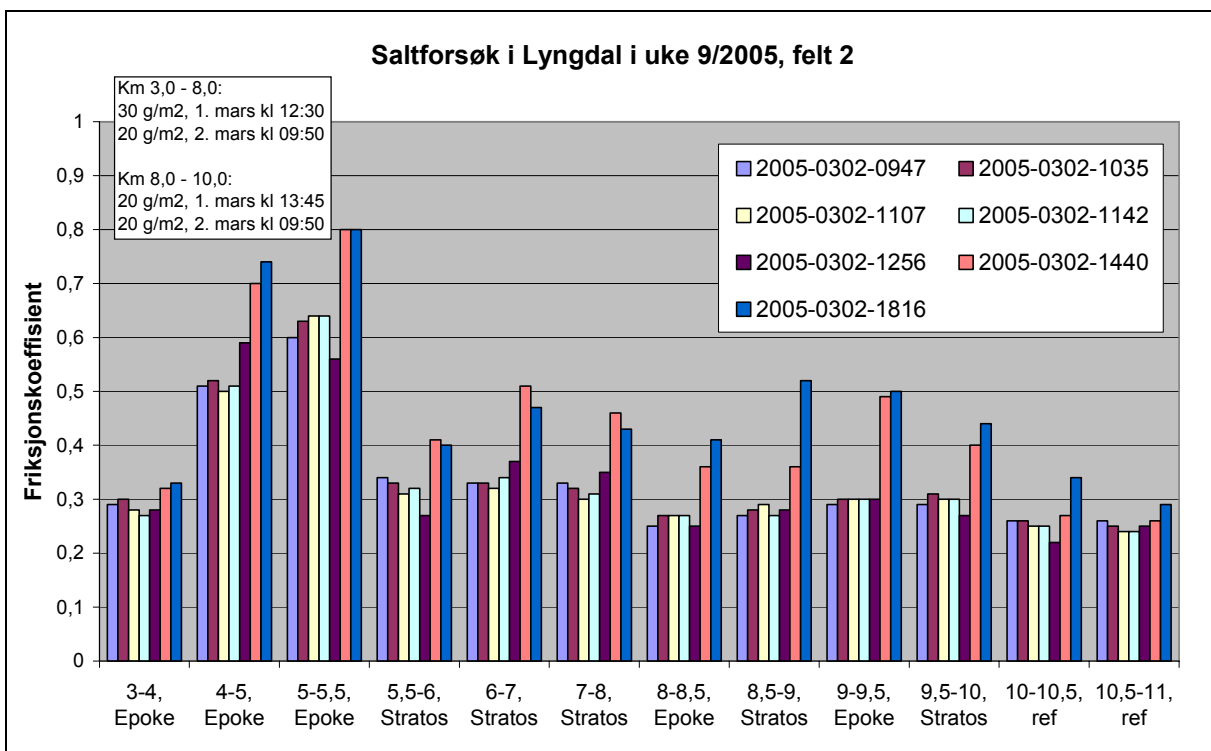
Figur 4.15: Friksjonsutvikling på delfelt 1-4. 2. mars 2005, felt 1



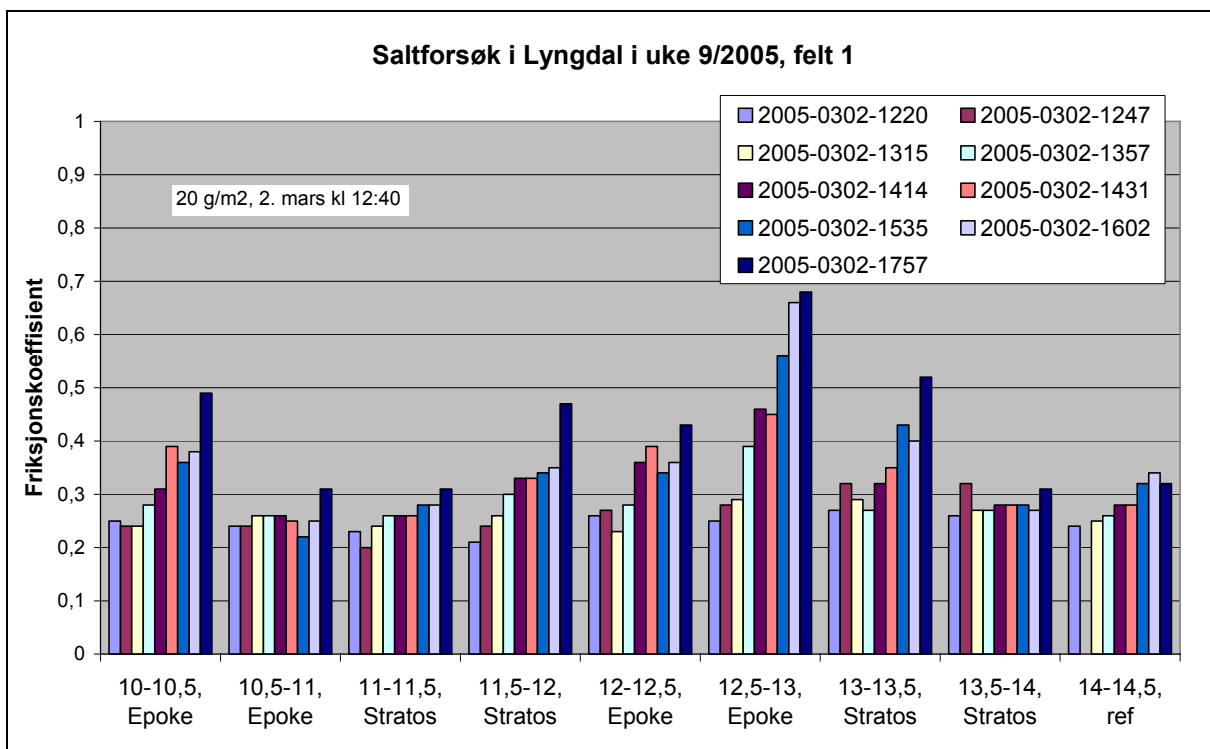
Figur 4.16: Friksjonsutvikling på delfelt 1-4. 2. mars 2005, felt 2



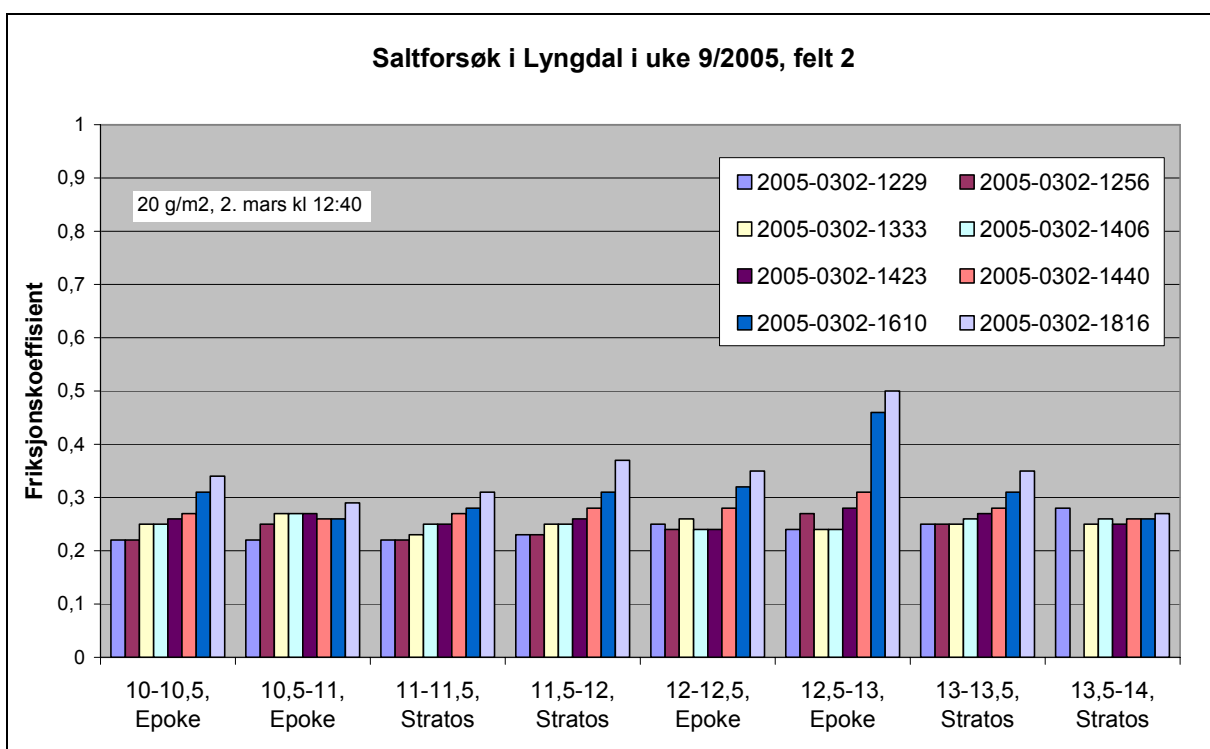
Figur 4.17: Frikjonsutvikling på delfelt 5-10. 2. mars 2005, felt 1



Figur 4.18: Frikjonsutvikling på delfelt 5-10. 2. mars 2005, felt 2



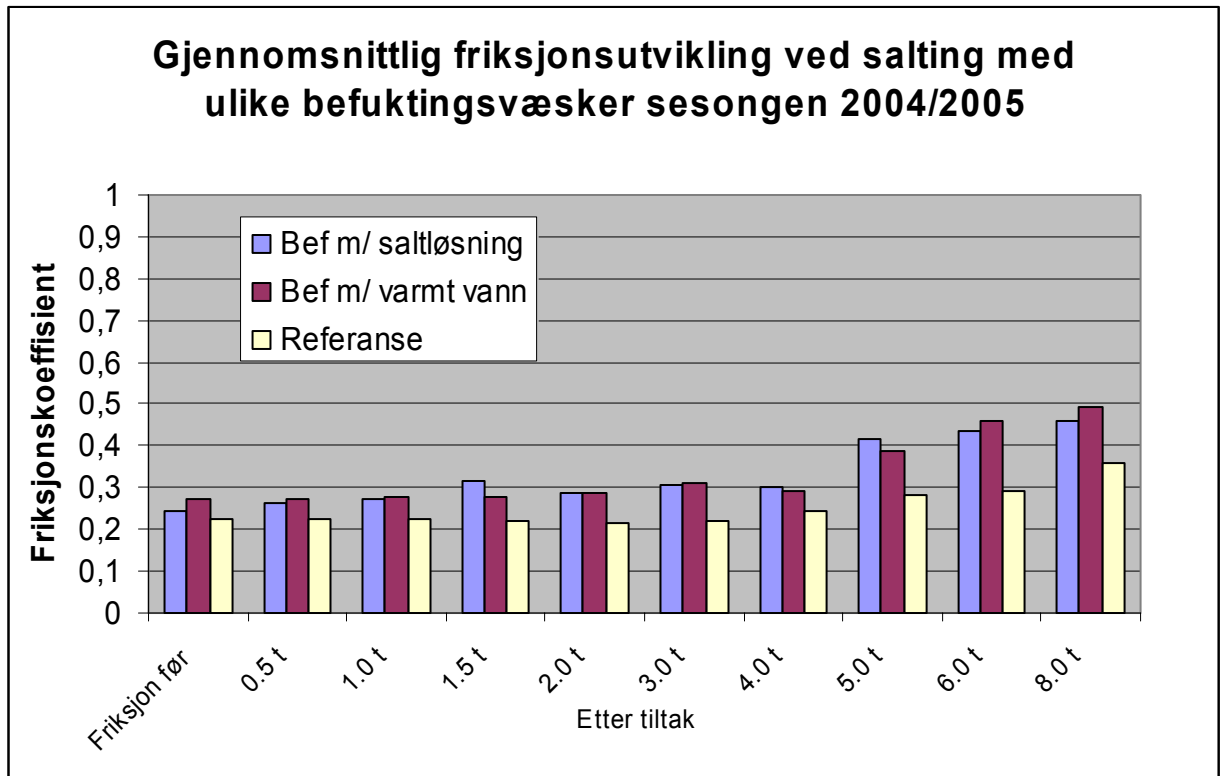
Figur 4.19: Friksjonsutvikling på delfelt 11-14. 2. mars 2005, felt 1



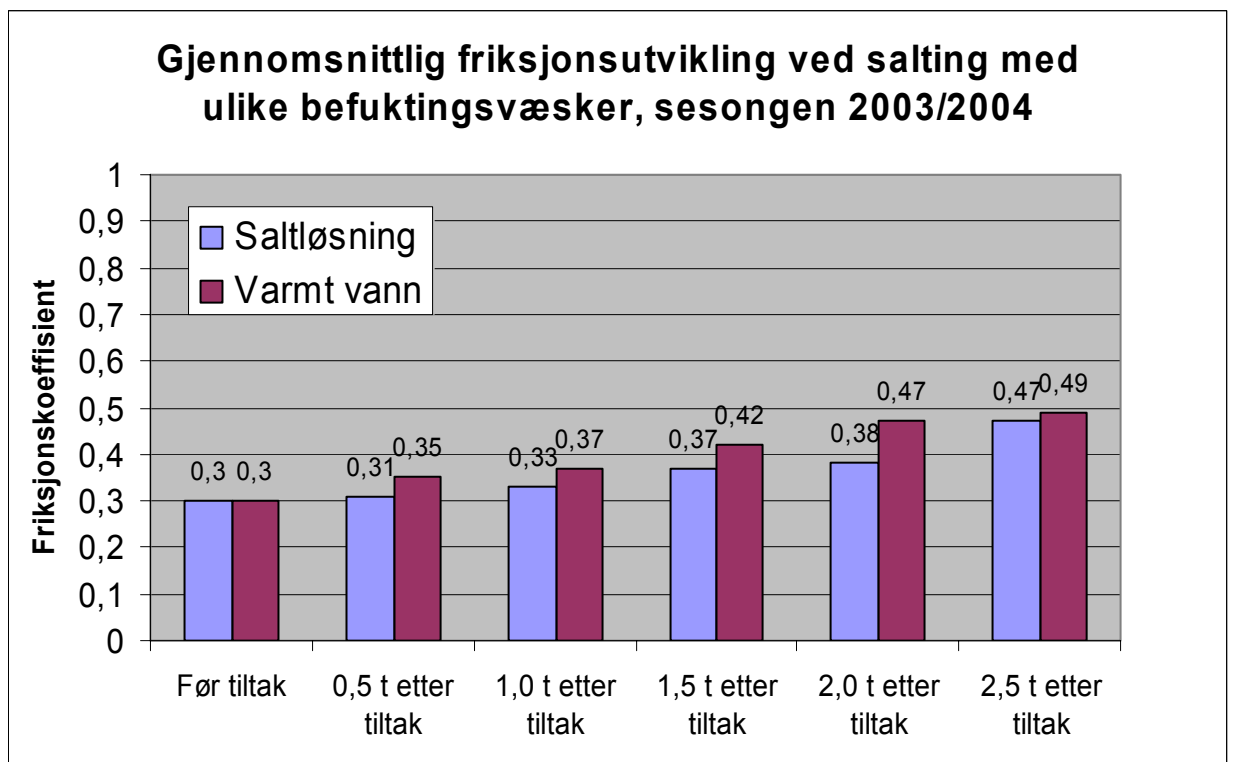
Figur 4.20: Friksjonsutvikling på delfelt 11-14. 2. mars 2005, felt 2

4.4 Sammenstilling av friksjonsmålingene

Figur 4.21 viser friksjonsutviklingen med de to saltingsmetodene basert på et gjennomsnitt for alle målingene. Til sammenligning er i Figur 4.22 tatt med tilsvarende resultater fra sesongen før.



Figur 4.21: Gjennomsnittlig friksjonsutvikling ved salting med ulike befruktingsvæsker, uke 9/2005



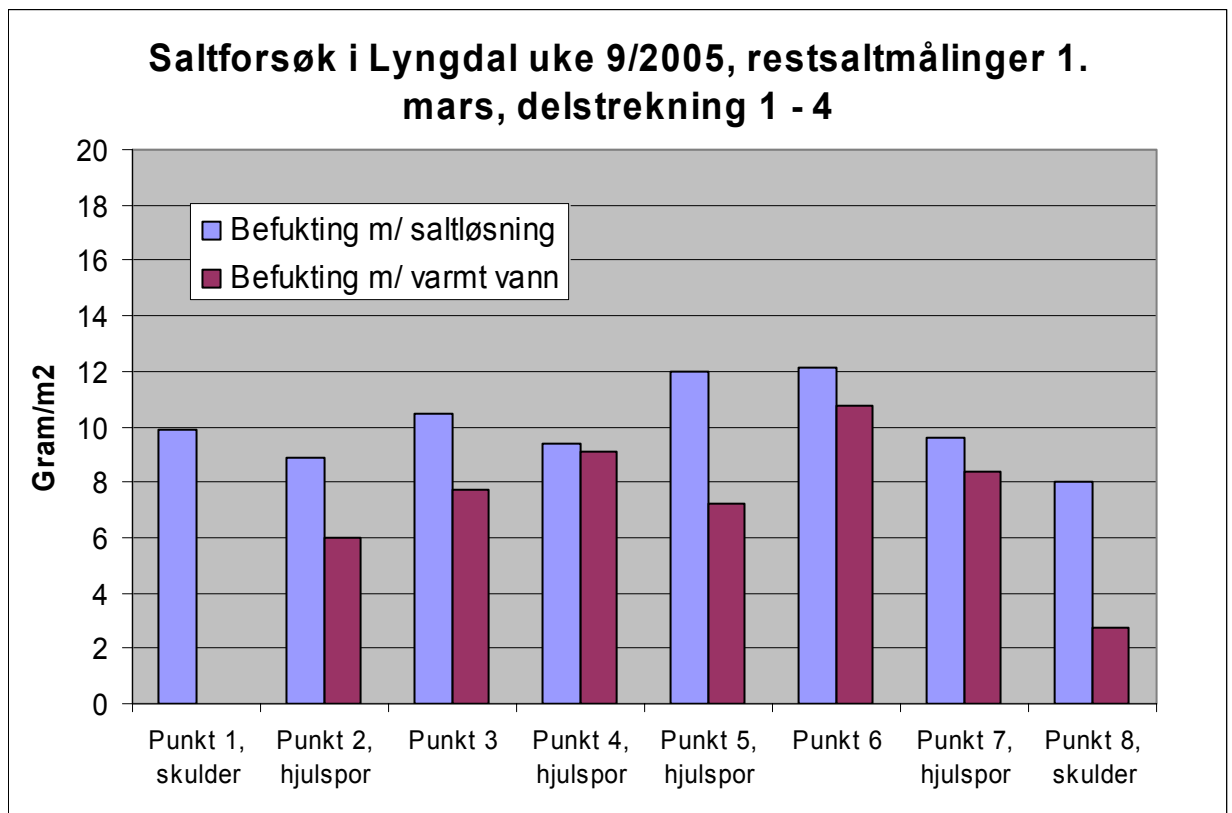
Figur 4.22: Gjennomsnittlig friksjonsutvikling ved salting med ulike befruktingsvæsker, sesongen 2003/2004

Som en kan se av Figur 4.21 gikk friksjonen opp relativt sakte under testene som ble gjort i uke 9/2005. Først etter ca 5 timer ble det oppnådd en friksjon på 0,40. Erfaringene fra testene som ble gjort sesongen før, var at det ble oppnådd en raskere friksjonsøkning. Forskjellen i friksjonsutvikling har nok en klar sammenheng med at en den første vinteren i større grad opererte med tynne ishinner, mens det jevnt over var et tykkere isdekke sist vinter.

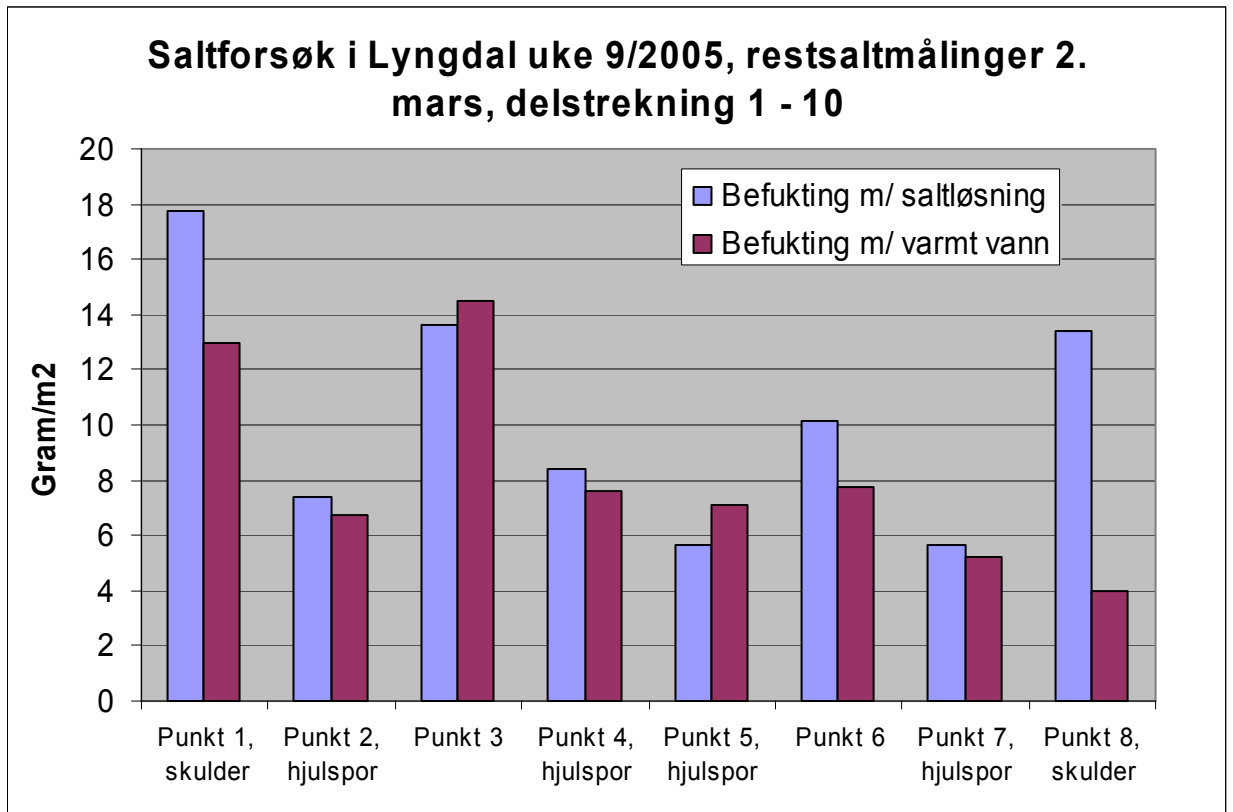
Når det gjelder sammenligningen mellom de to saltingsmetodene, ser en av Figur 4.21 at det under testen i uke 9/2005 var liten forskjell mellom metodene. De forskjellene en kan se ligger innenfor usikkerhetsmarginen for målingene. Hvis det var slik som restsaltmålingene tyder på at det ikke ble benyttet helt lik dosering, jfr avsnitt 4.5, kom metoden med befukting med varmt vann bedre ut sammenlignet med tradisjonell befukting med saltløsning enn det Figur 4.21 viser. Uansett viser resultatene fra sesongen 2004/2005 at det er interessant å gå videre med den nye befuktingsmetoden.

4.5 Restsaltmålinger

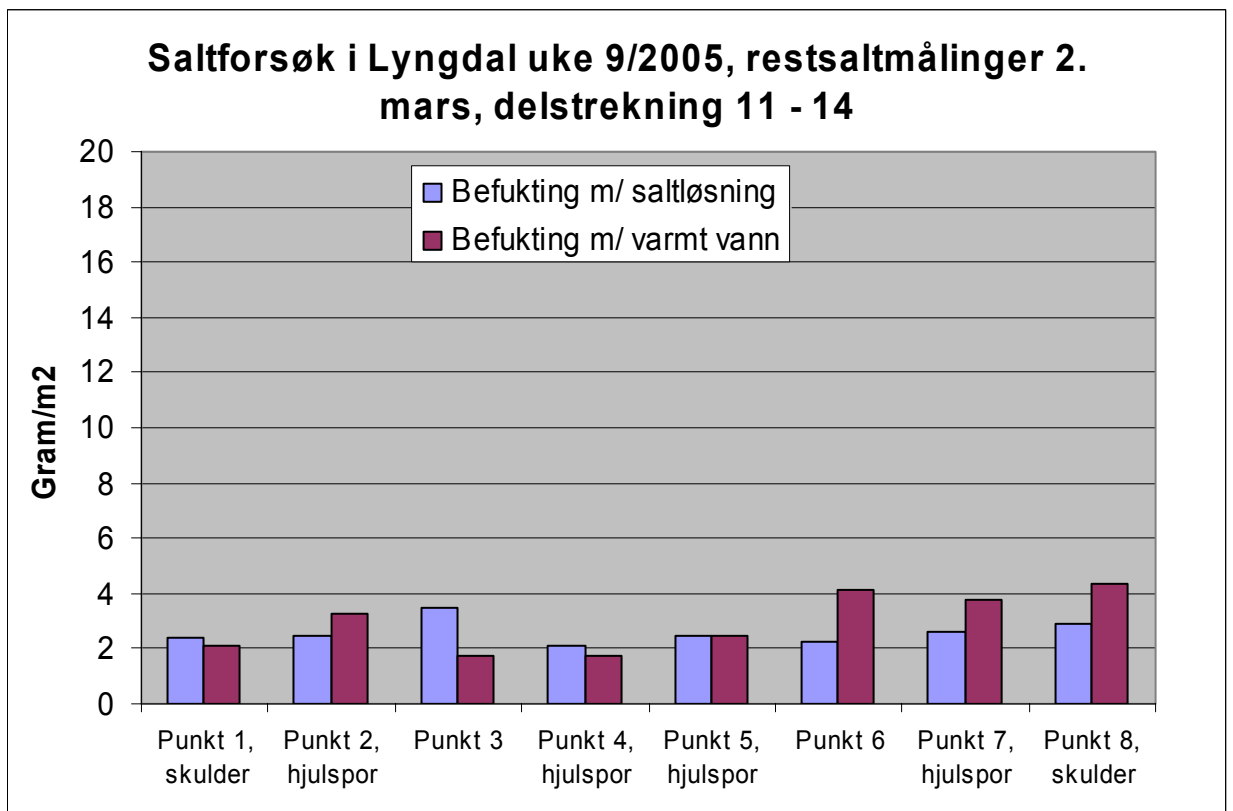
Figur 4.23 - Figur 4.25 viser resultatene fra målingene av restsalt med Sobo 20 hver av forsøksdagene. For måleresultatene 2. mars er delfelt 1 – 10 og 11 – 14 behandlet separat siden en ikke oppnådde bar veg innenfor forsøksperioden på de siste delfeltene. I Figur 4.26 er det framstilt gjennomsnittsverdier for de 8 punktene på tvers av vegbanen av alle målinger begge dager på delfelt 1 - 10.



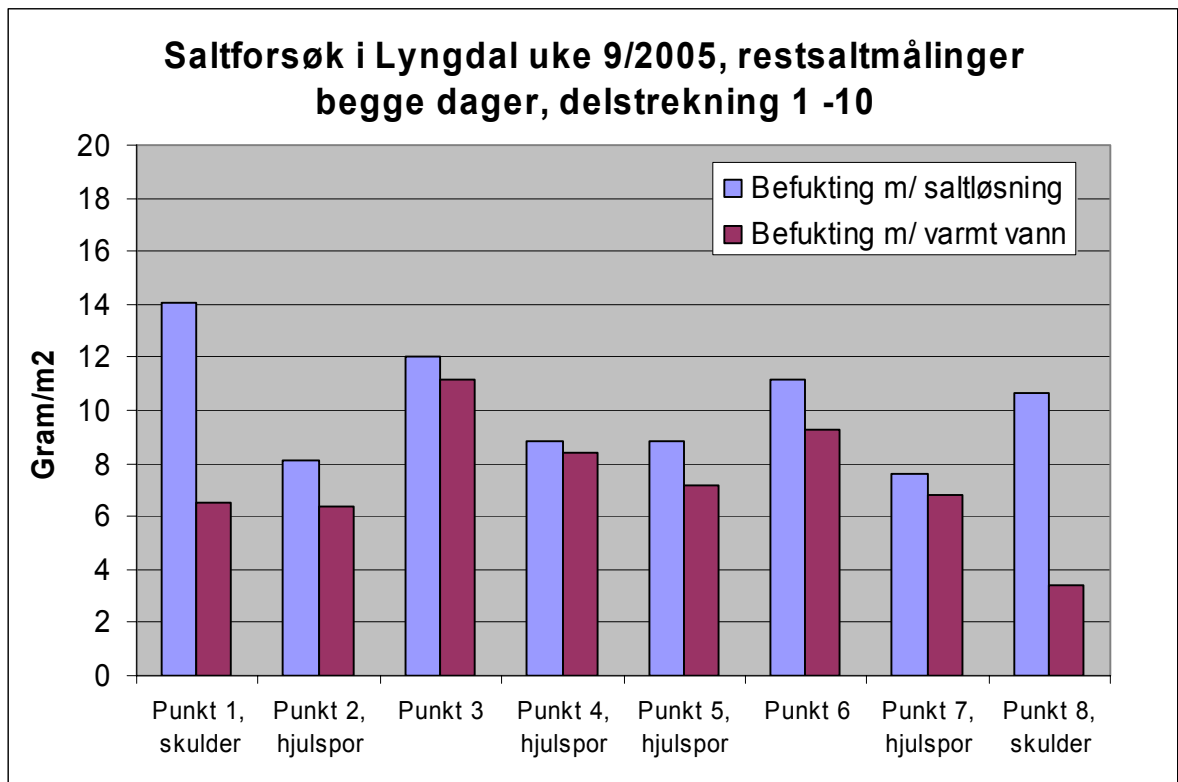
Figur 4.23: Restsaltmålinger 1. mars 2005, delfelt 1 – 4, kl 15-16



Figur 4.24: Restsaltmålinger 2. mars 2005, delfelt 1 – 10, kl 14-15



Figur 4.25: Restsaltmålinger 2. mars 2005, delfelt 11 – 14, kl 16-17



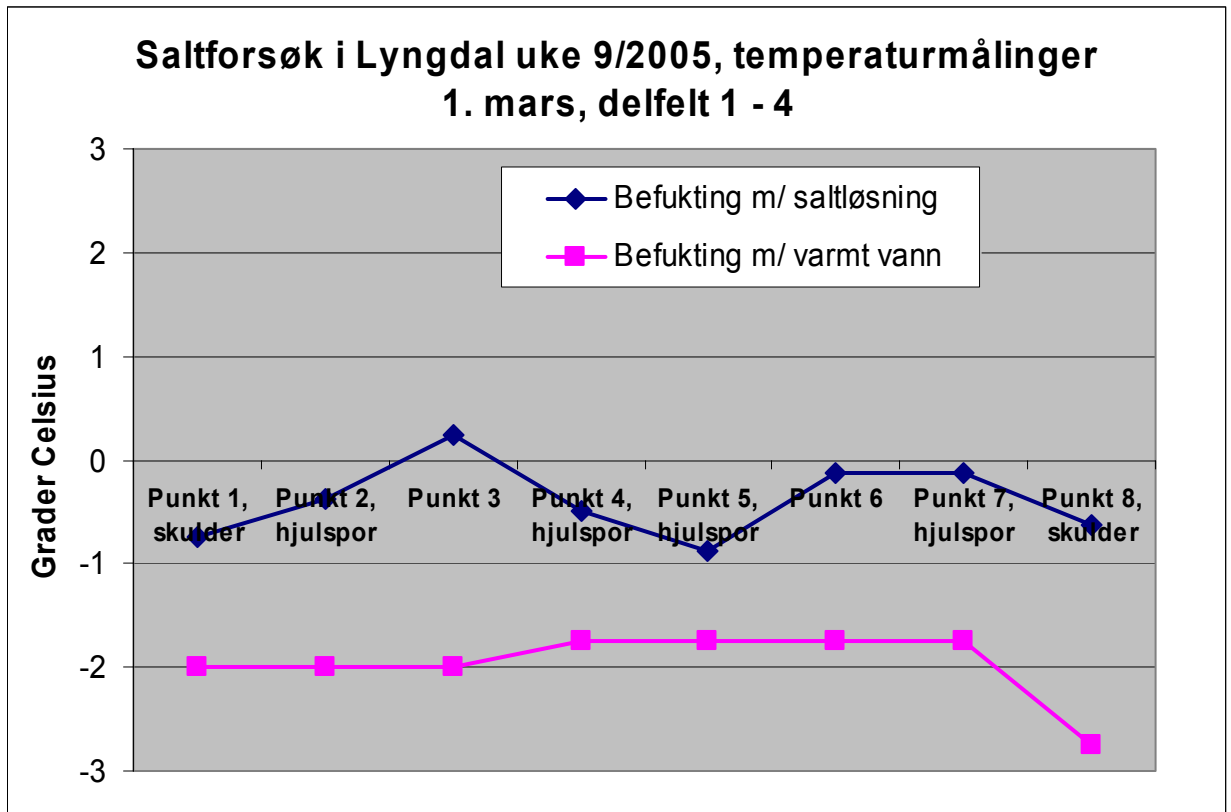
Figur 4.26: Restsaltmålinger 1. og 2. mars 2005, delfelt 1 - 10

Det er interessant å se at det ble målt vesentlig større saltkonsentrasjon på begge sider utenfor kantlinjen der det ble benyttet tradisjonell befukting med saltløsning sammenlignet med der det ble benyttet varmt vann som befuktingsvæske, se Figur 4.26. Dette er en indikasjon på at befukting med varmt vann bidrar til at mer av saltet blir liggende på vegbanen. Det er også logisk at det ble målt mindre saltmengder i hjulspor enn mellom hjulspor.

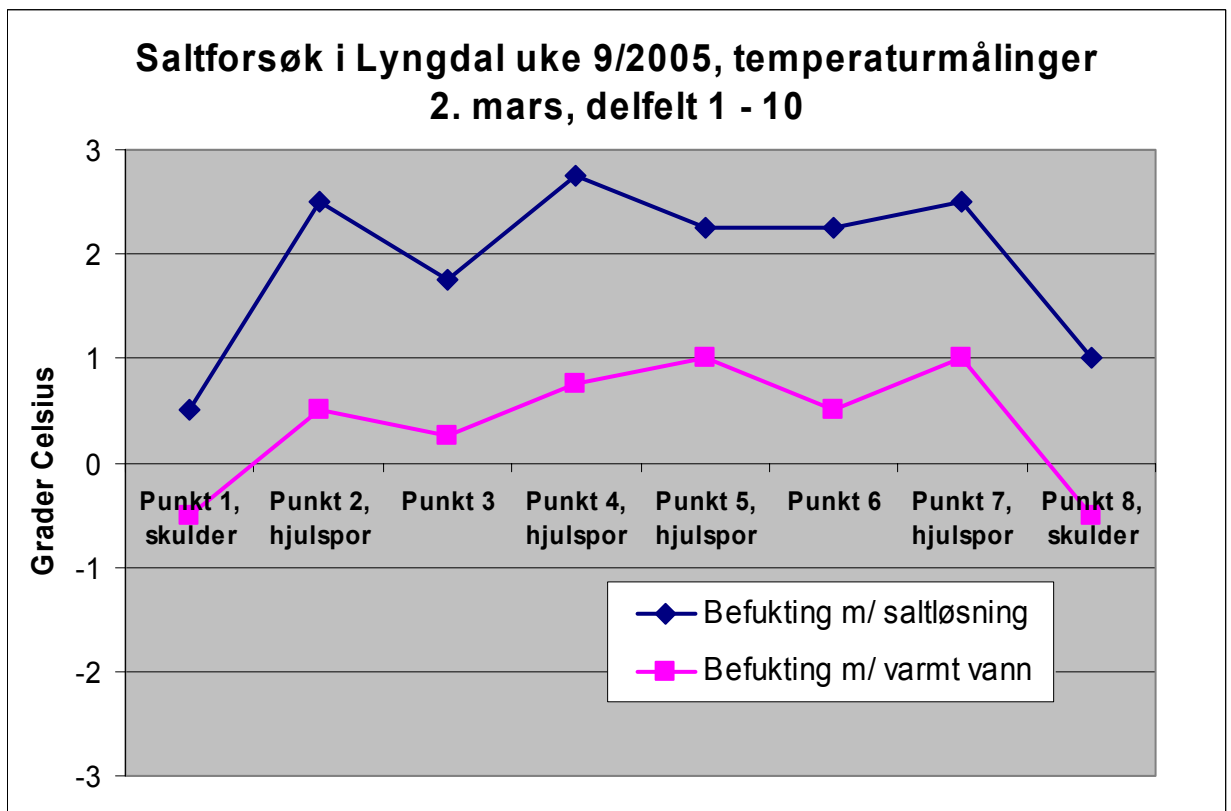
De gjennomgående høyere restsaltverdiene for Epoke med saltløsning som befuktingsvæske kan være en indikasjon på en noe større saltmengde enn med Stratos med befukting med varmt vann. Dette understreker viktigheten av en nøye kontroll av utlagte saltmengder gjennom kalibrering av sprederne.

4.6 Temperaturmålinger

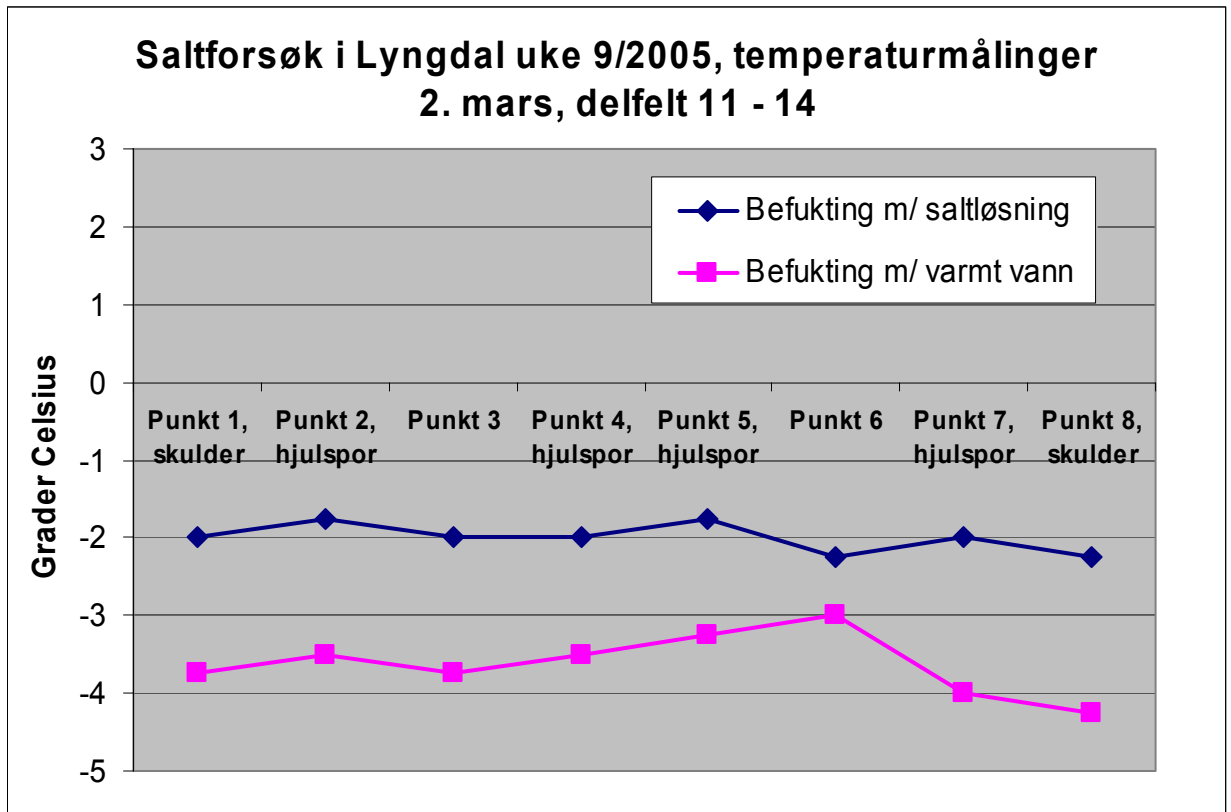
Samtidig med restsaltmålingene ble det foretatt temperaturmålinger i de samme punktene. Resultatene fra temperaturmålingene er gjengitt i Figur 4.27 - Figur 4.30 etter samme gruppering som for restsaltmålingene. Temperaturene er konsekvent lavere der det ble benyttet varmt vann som befuktingsvæske enn der det tørre saltet ble tilsatt saltløsning, og forskjellen er så vidt markert som 1-2 grader. Den registrerte temperaturforskjellen må ha sammenheng med ulike virkninger av de studerte metodene. En sannsynlig forklaring er at den tilførte energien gjennom det varme vannet bidrar til å påskynde smelteprosessen (påvirker isen i overflaten) samt at mer av saltet blir liggende virksomt på vegbanen. Når det benyttes NaCl forbraker den kjemiske smelteprosessen varme, noe som innebærer at temperaturen i vegoverflaten vil synke noe som en konsekvens av dette. De registrerte temperaturforskjellene betyr således at metoden med å befukte saltet med varmt vann har vært mer effektiv under de gitte forhold.



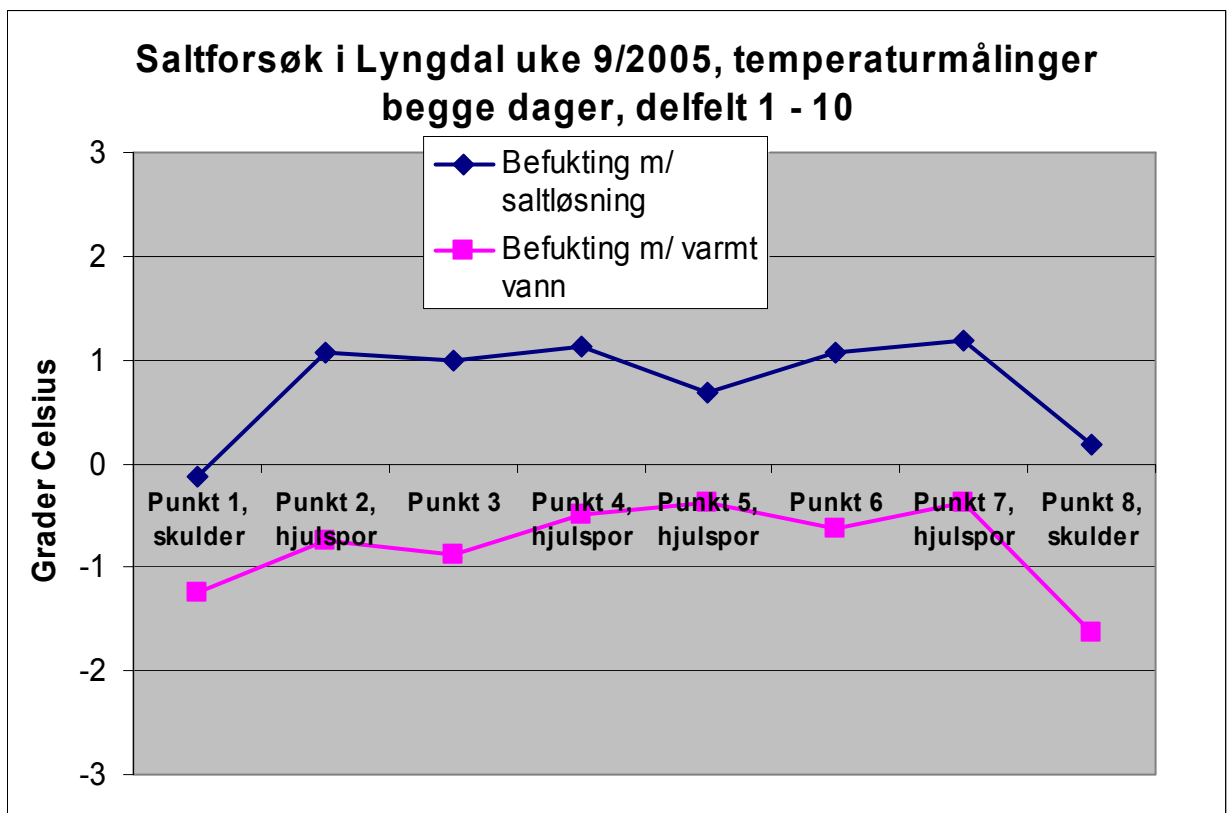
Figur 4.27: Temperaturmålinger 1. mars 2005, delfelt 1 – 4, kl 15-16 ca 3 timer etter tiltak. Lufttemperatur -4°



Figur 4.28: Temperaturmålinger 2. mars 2005, delfelt 1 – 10, kl 14-15 ca 4 timer etter tiltak. Lufttemperatur -3°



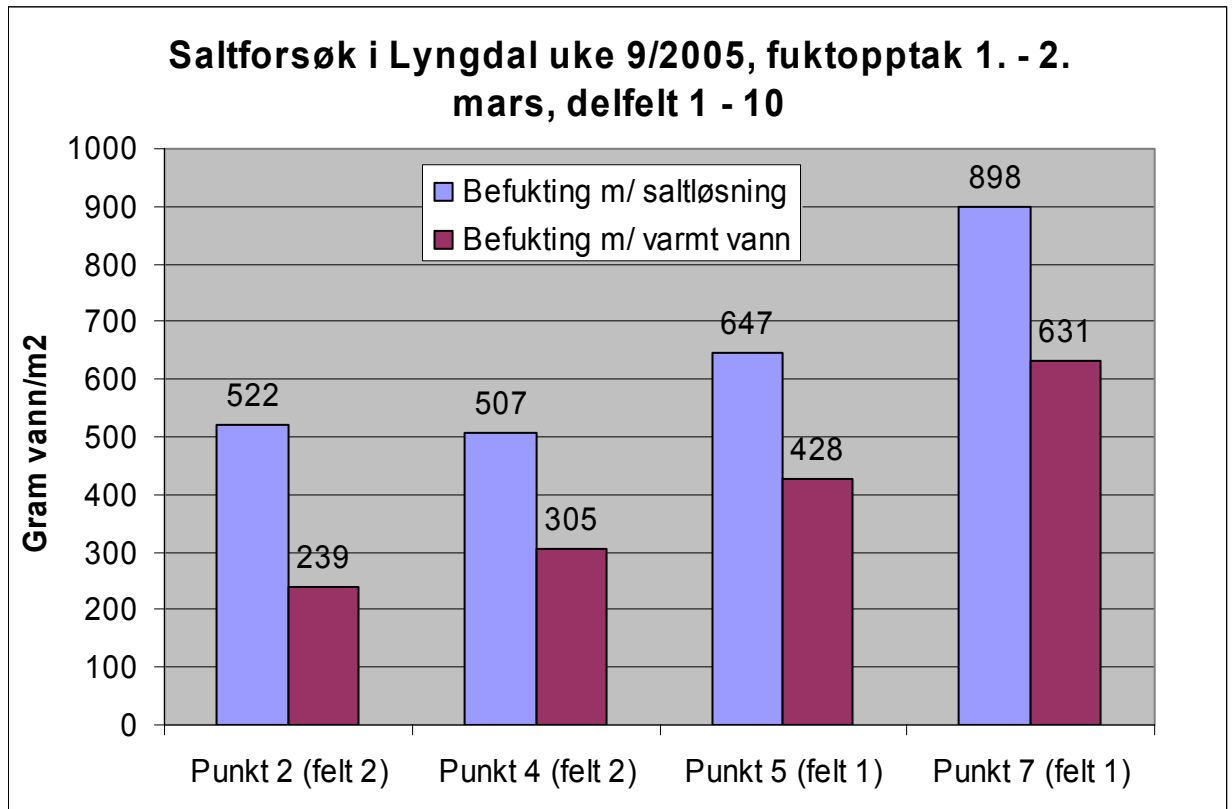
Figur 4.29: Temperaturmålinger 2. mars 2005, delfelt 11 – 14, kl 16-17 ca 3 timer etter tiltak. Lufttemperatur -2 - -5°



Figur 4.30: Temperaturmålinger 1. og 2. mars 2005, delfelt 1 – 10

4.7 Fuktopptak

Figur 4.31 viser resultatene fra fuktopptak med Wettex kluter. De gjengitte verdiene er gjennomsnitt basert på 4 observasjoner for hver metode i hvert punkt.



Figur 4.31: Fuktopptak 1. – 2. mars 2005. Gjennomsnitt av 4 målinger

Med utgangspunkt i at det er indikasjoner på at befukting med varmt vann er en mer effektiv metode enn å befukte med saltløsning, er det logisk at det ble målt mindre vann per m² der det ble benyttet varmt vann. Jo raskere smeltingen foregår desto raskere er det naturlig å forvente at bortdrivingen av vann og opptøring av vegbanen også vil skje.

4.8 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 ΔT på 1,19 °C ved tilsetning av 2 gram til 100 gram vann.

Som en illustrasjon kan en ta utgangspunkt i en vannfilm på 0,1 mm. Dette tilsvarer en vannmengde på 100 g/m². Med en saltkonsentrasjon (jevnt fordelt over vegbanen) f eks på 10 g/m² tilsvarer dette et frysepunkt på -6,0 °C. Dvs. si at med referanse til Figur 4.31 vil en restsaltmengde på 10 g/m² og en vannmengde på 500 g/m² tilsvare et frysepunkt på -1,2 °C. Er vannmengden 300 g/m² blir frysepunktet -1,8 °C.

5. Oppsummering

Gjennom utviklingen av strøtstyr for Fastsand, ligger det nå til rette for å ta i bruk en metode basert på å tilsette varmt vann som befuktingsvæske til tørt salt. Sesongen 2003/2004 ble det gjennomført en forstudie for å se nærmere på om denne metoden kan være et alternativ til den tradisjonelle måten å befukte salt ved å tilsette saltløsning.

Resultatene fra forsøkene i Lyngdal som ble utført i uke 2, 5 og 9 i 2004 viste klare tendenser til at det er en forskjell i favør av den nye metoden med befukning 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 var først etter 2,5 timer at de 2 metodene nærmet seg hverandre.

Testene som ble utført sesongen 2003/2004 bekrefter at befukning av salt med varmt vann er et alternativ som det er interessant å gå videre med, og det har foreløpig ikke avdekket uheldige sider med metoden. En er også kjent med at metoden er tatt i bruk med gode erfaringer i noen andre områder i landet, uten at dette er dokumentert. Selv om erfaringene så langt er gode, er det likevel viktig å gjøre flere kontrollerte forsøk for å få mer erfaring med metoden, og for å gi svar på problemstillinger 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 temperaturgrenser for salting.

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. Målsettingen med å videreføre prosjektet har vært å få verifisert om befukning av salt med varmt vann kan være en alternativ saltingsmetode. Hovedhensikten med å bruke varmt vann som befukningsmiddel er å se om dette vil redusere de totale saltmengdene. Andre problemstillinger er om salt tilsatt varmt vann gir en raskere effekt på vegen, og hvordan dette i så fall virker inn i forhold til trafikkgrensene som er satt for bruk av salt. Målsettingen kan oppsummeres slik:

- Utvikle metode for å befukte salt med varmt vann
- Gi et bidrag til utvikling av alternative driftsstrategier
- Øke anvendelsen av Fastsandspredere
- Redusere total saltmengde
- Utvide trafikkområdet for salting

Dessverre fikk en ikke gjennomført nye forsøk sesongen 2004/2005 i det omfang en hadde planlagt. Det står derfor fortsatt en del ubesvarte spørsmål igjen, og som gjør at det er ønskelig å videreføre prosjektet enda en sesong.


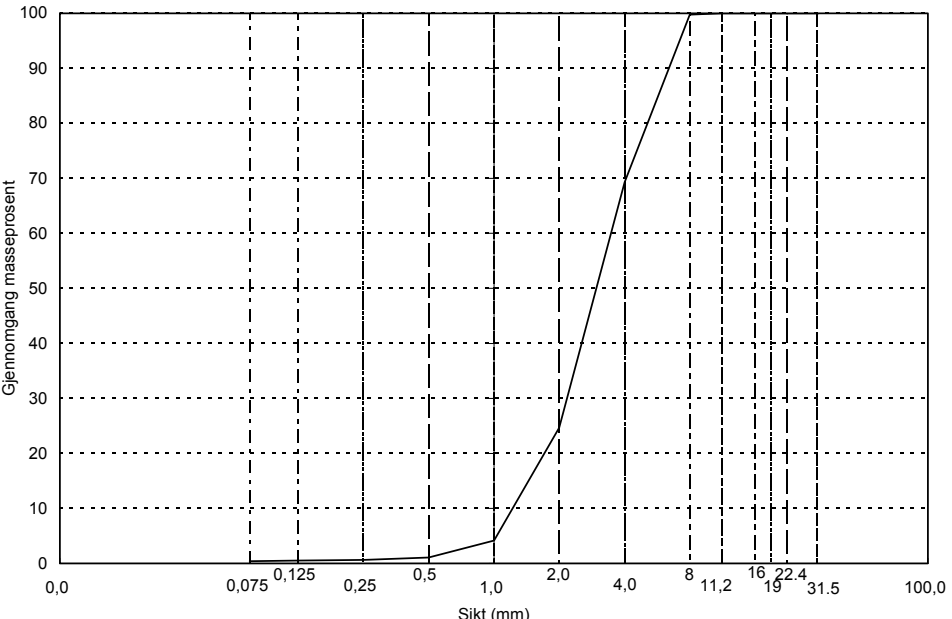
Resultatene fra testene som ble gjort i uke 9/2005 bekrefter imidlertid at det er interessant å gå videre med den nye befukningsmetoden. Befukning med varmt vann ser ut til å gi minst like god effekt som ved bruk av saltløsning som befuktingsvæske. Det ser også ut til at mer av saltet blir liggende virksomt på vegbanen ved tilsetning av varmt vann til det tørre saltet. Ved den tradisjonelle metoden med saltløsning som befuktingsvæske ser mer av saltet ut til å havne på vegskulderen.


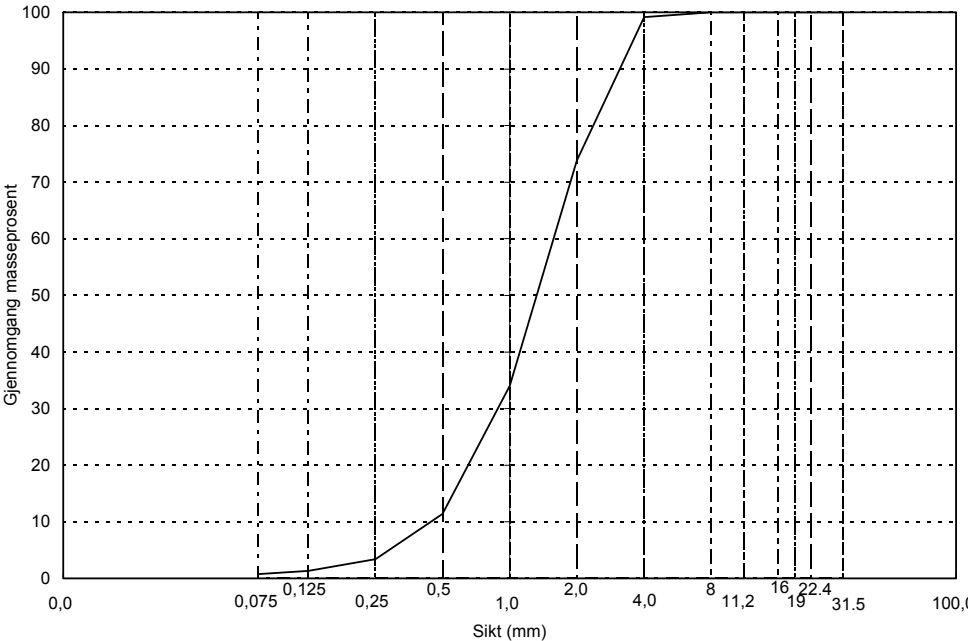
Samtidig med restsaltmålingene ble det foretatt temperaturmålinger i de samme punktene. Temperaturene ble funnet å være konsekvent lavere der det ble benyttet varmt vann som befuktingsvæske enn der det tørre saltet ble tilsatt saltløsning, og forskjellen var så vidt markert som 1-2 grader. Den registrerte temperaturforskjellen må ha sammenheng med ulike virkninger av de studerte metodene. En sannsynlig forklaring er at den tilførte energien gjennom det varme vannet bidrar til å påskynde smelteprosessen (påvirker isen i overflaten) samt at mer av saltet blir liggende virksomt på vegbanen. Når det benyttes NaCl forbraker den kjemiske smelteprosessen varme, noe som innebærer at temperaturen i vegoverflaten vil synke noe som en konsekvens av dette. De registrerte temperaturforskjellene betyr således at metoden med å befukte saltet med varmt vann var mer effektiv enn befukting med saltløsning under de gitte forhold.

Litteraturliste

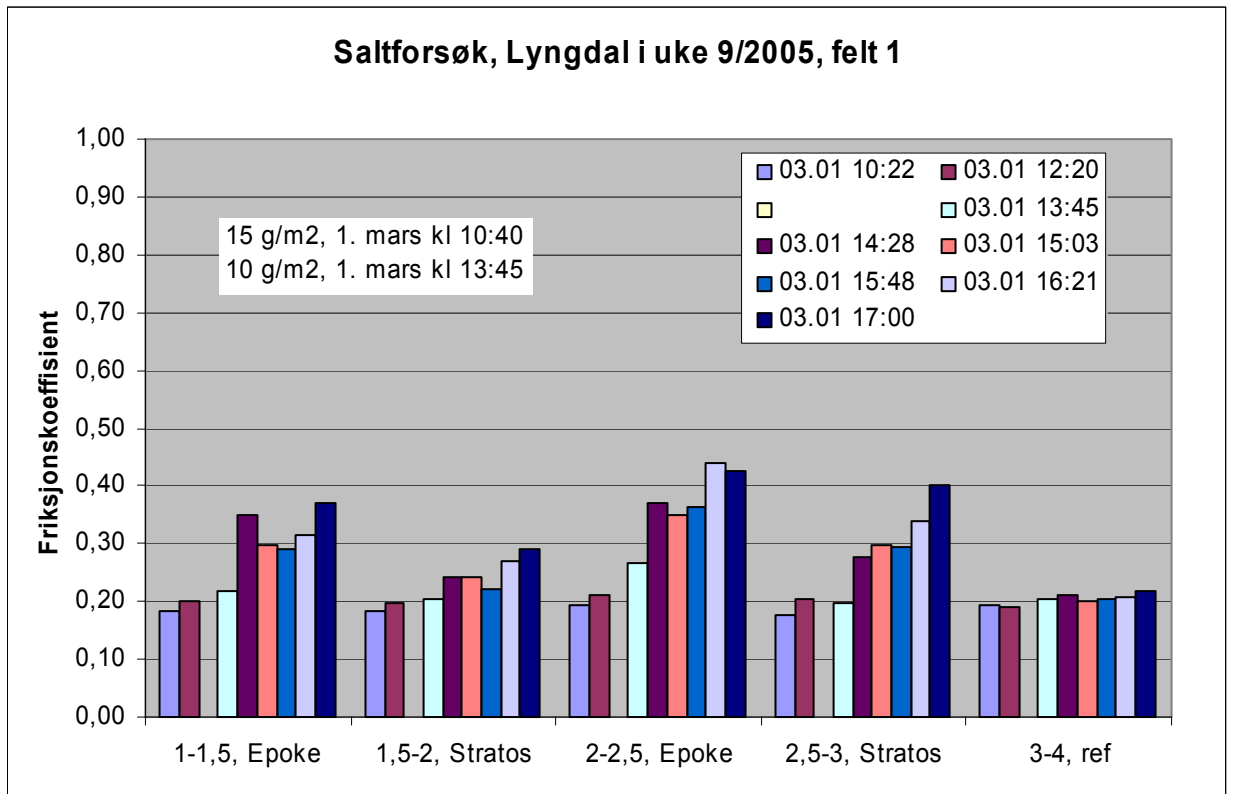
Dreiem, Trond Salt befuktet med varmt vann. Forstudie sesongen 2003/2005. Intern
Vaa, Torgeir rapport nr 2370. Statens vegvesen Vegdirektoratet,
Teknologiavdelingen, desember 2004

Vedlegg 1: Sikteanalyser av salt

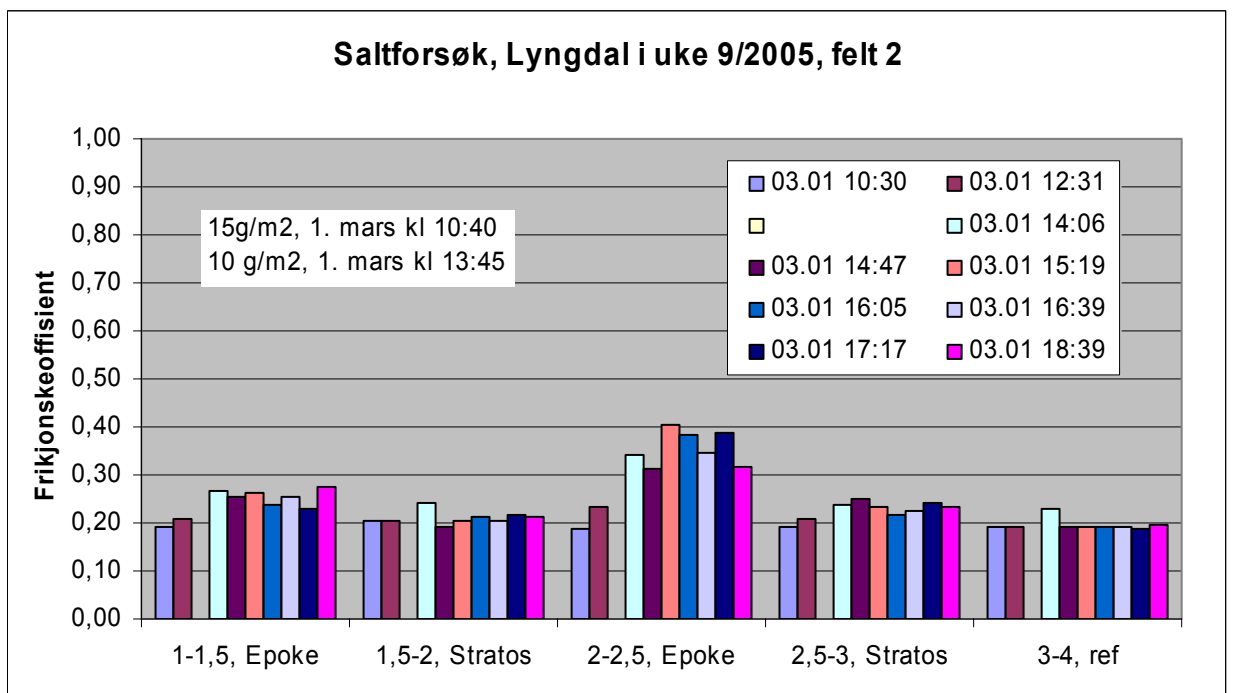
 SINTEF SINTEF Bygg og miljø Veg og samferdsel		SIKTEANALYSE																			
		Standard: Statens vegvesen - håndbok 014																			
		Trondheim, _____																			
		Utført av: _____																			
Materiale:	SJØSALT																				
Sted:	Lyngdal uke 9, 2005																				
Analysert for:	223300.02																				
SIKTEANALYSE																					
SIKT	Prøve 1 (g)	Prøve 2 (g)	1+2 (%)																		
31,50	0,0		0,0																		
22,40	0,0		0,0																		
19,00	0,0		0,0																		
16,00	0,0		0,0																		
11,20	0,0		0,0																		
8,00	1,2		0,2																		
4,00	165,3		30,7																		
2,00	405,9		75,3																		
1,00	516,4		95,8																		
0,50	532,9		98,9																		
0,25	535,3		99,4																		
0,125	536,0		99,5																		
0,075	536,7		99,6																		
BUNN	538,8		100,0																		
SIKTEKURVE																					
 <p>The graph plots cumulative mass percentage (Gjennomgang masseprosent) on the y-axis (0 to 100) against sieve size (Sikt (mm)) on the x-axis (0.0 to 100.0). The curve shows that 99.6% of the material passes through a 0.075 mm sieve, and 100% passes through an 8 mm sieve.</p> <table border="1"> <caption>Data points for the sieve curve</caption> <thead> <tr> <th>Sikt (mm)</th> <th>Gjennomgang masseprosent (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.075</td><td>99.6</td></tr> <tr><td>0.125</td><td>99.5</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>99.4</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>98.9</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>95.8</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>75.3</td></tr> <tr><td>4.0</td><td>30.7</td></tr> <tr><td>8.0</td><td>0.0</td></tr> </tbody> </table>				Sikt (mm)	Gjennomgang masseprosent (%)	0.075	99.6	0.125	99.5	0.25	99.4	0.5	98.9	1.0	95.8	2.0	75.3	4.0	30.7	8.0	0.0
Sikt (mm)	Gjennomgang masseprosent (%)																				
0.075	99.6																				
0.125	99.5																				
0.25	99.4																				
0.5	98.9																				
1.0	95.8																				
2.0	75.3																				
4.0	30.7																				
8.0	0.0																				

 SINTEF SINTEF Bygg og miljø Veg og samferdsel		SIKTEANALYSE																																	
		Standard: Statens vegvesen - håndbok 014																																	
		Trondheim, _____																																	
		Utført av: _____																																	
Materiale:	STEINSALT																																		
Sted:	Lyngdal 3.mars 2005																																		
Analysert for:	223300.02																																		
SIKTEANALYSE																																			
	Prøve 1	Prøve 2	1+2																																
SIKT	(g)	(g)	(%)																																
31,50	0,0		0,0																																
22,40	0,0		0,0																																
19,00	0,0		0,0																																
16,00	0,0		0,0																																
11,20	0,0		0,0																																
8,00	0,0		0,0																																
4,00	5,7		0,9																																
2,00	175,7		26,2																																
1,00	442,0		66,0																																
0,50	593,6		88,6																																
0,25	647,3		96,6																																
0,125	661,1		98,7																																
0,075	664,8		99,2																																
BUNN	669,9		100,0																																
SIKTEKURVE																																			
 <p>The graph plots cumulative mass percentage (Gjennomgang masseprosent) on the y-axis (0 to 100) against sieve size (Sikt (mm)) on the x-axis (0.0 to 100.0). The curve shows that 99.2% of the material passes through a 0.075 mm sieve, and 100% passes through a 4.0 mm sieve.</p> <table border="1"> <caption>Data points for the sieve curve</caption> <thead> <tr> <th>Sikt (mm)</th> <th>Gjennomgang masseprosent (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.075</td><td>99.2</td></tr> <tr><td>0.125</td><td>98.7</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>96.6</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>88.6</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>66.0</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>26.2</td></tr> <tr><td>4.0</td><td>0</td></tr> <tr><td>8</td><td>0</td></tr> <tr><td>11.2</td><td>0</td></tr> <tr><td>16</td><td>0</td></tr> <tr><td>19</td><td>0</td></tr> <tr><td>22.4</td><td>0</td></tr> <tr><td>31.5</td><td>0</td></tr> <tr><td>100.0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>				Sikt (mm)	Gjennomgang masseprosent (%)	0.0	0	0.075	99.2	0.125	98.7	0.25	96.6	0.5	88.6	1.0	66.0	2.0	26.2	4.0	0	8	0	11.2	0	16	0	19	0	22.4	0	31.5	0	100.0	0
Sikt (mm)	Gjennomgang masseprosent (%)																																		
0.0	0																																		
0.075	99.2																																		
0.125	98.7																																		
0.25	96.6																																		
0.5	88.6																																		
1.0	66.0																																		
2.0	26.2																																		
4.0	0																																		
8	0																																		
11.2	0																																		
16	0																																		
19	0																																		
22.4	0																																		
31.5	0																																		
100.0	0																																		

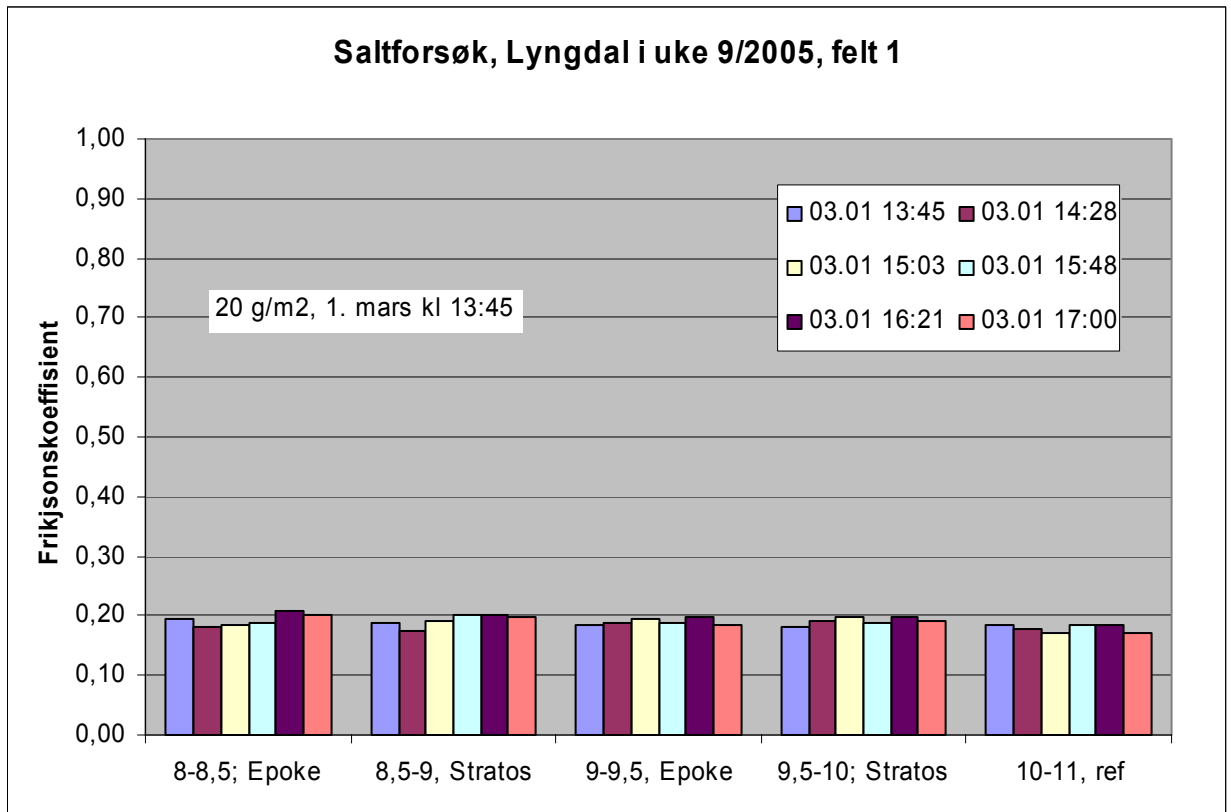
Vedlegg 2: Resultater fra friksjonsmålinger med Roar Mark I



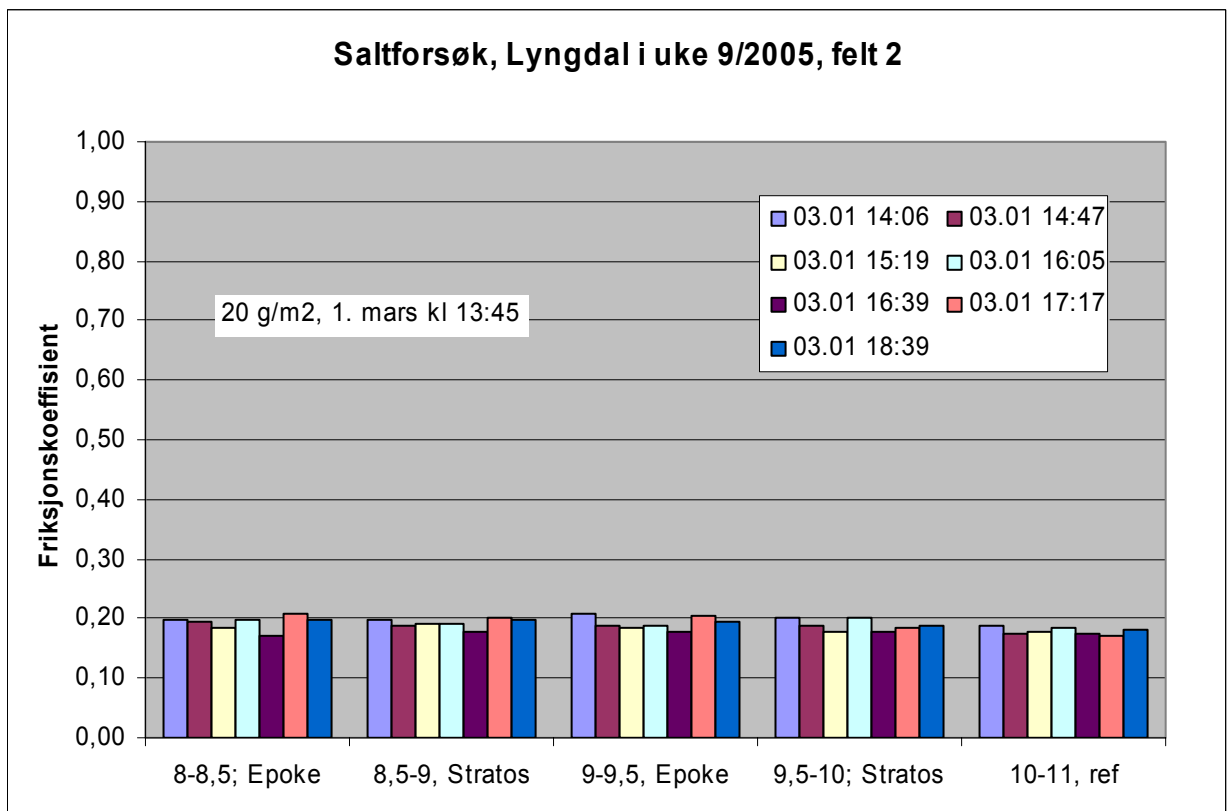
Figur 5.1: Friksjonsutvikling på delfelt 1-4. 1. mars 2005, felt 1



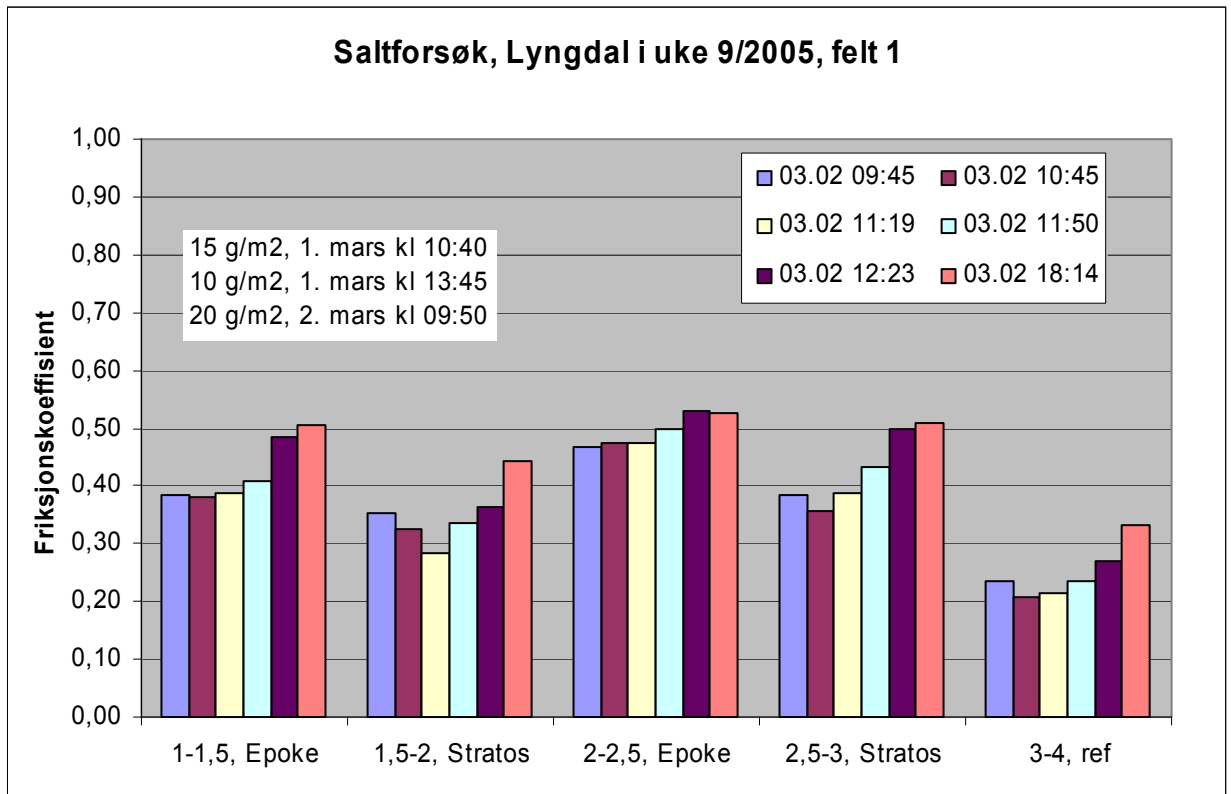
Figur 5.2: Friksjonsutvikling på delfelt 1-4. 1. mars 2005, felt 2



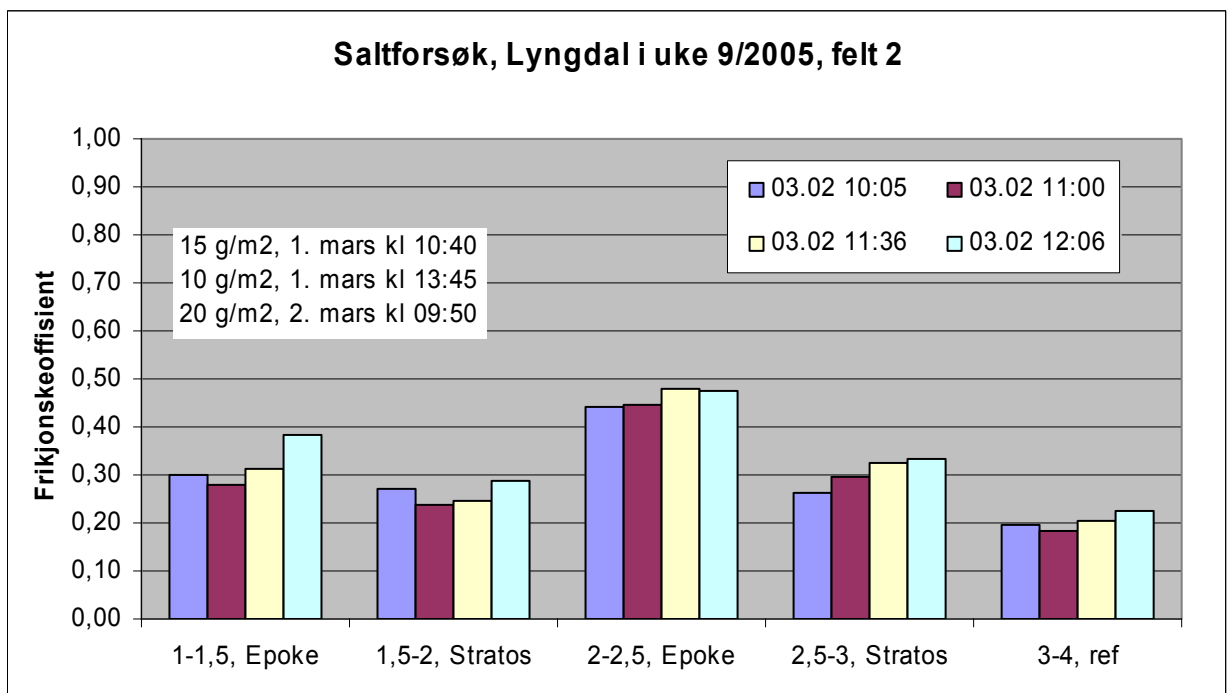
Figur 5.3: Friksjonsutvikling på delfelt 7-10. 1. mars 2005, felt 1



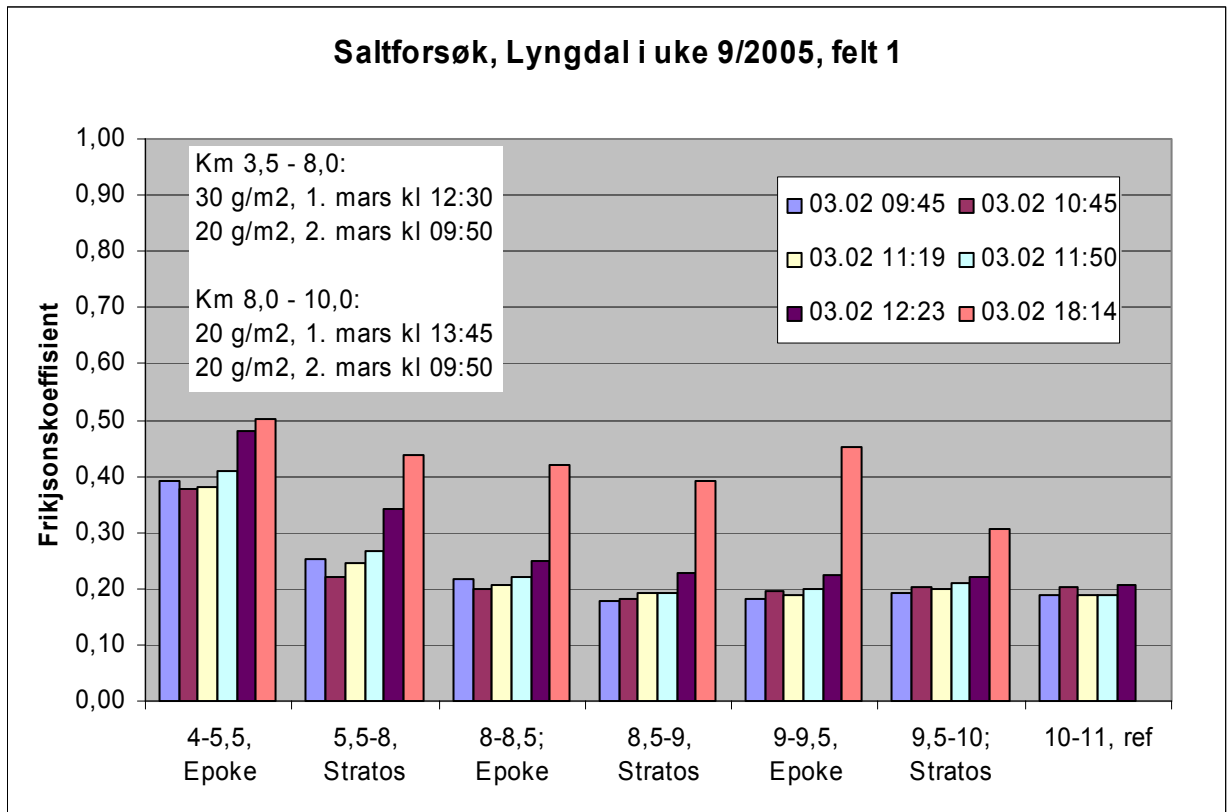
Figur 5.4: Friksjonsutvikling på delfelt 7-10. 1. mars 2005, felt 2



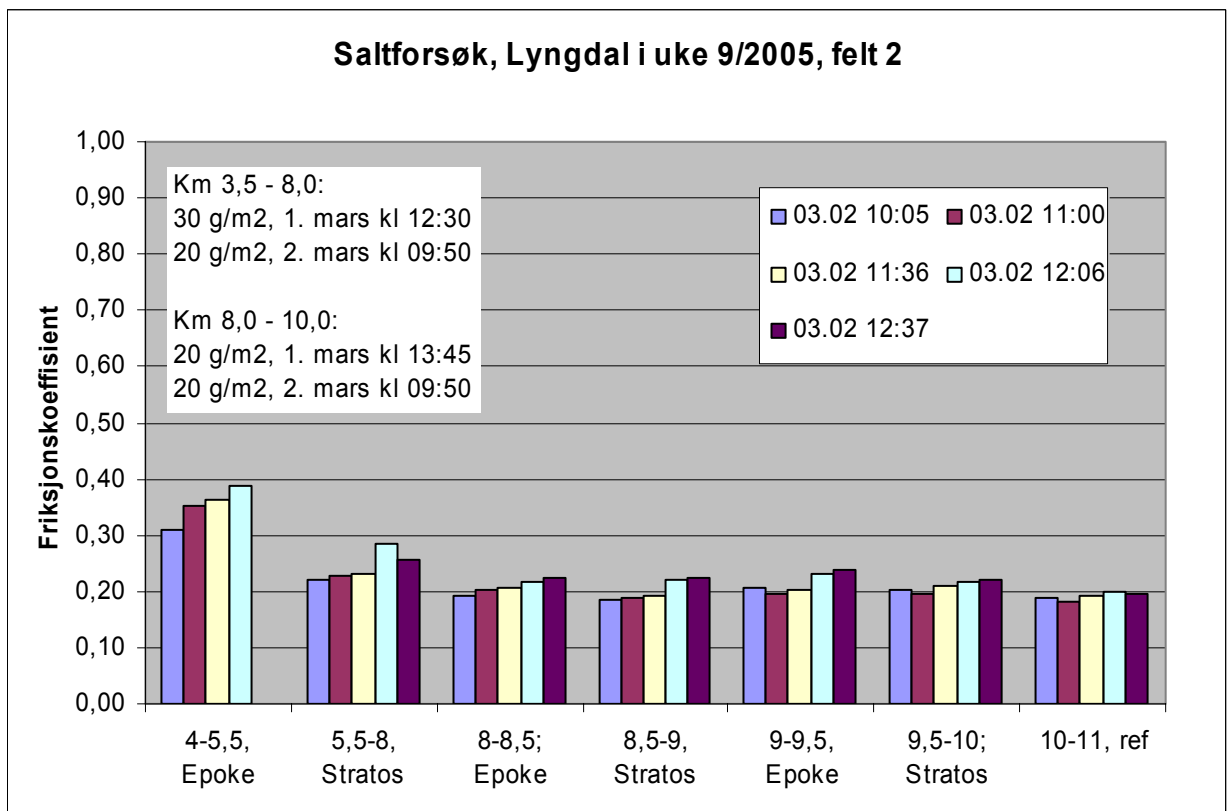
Figur 5.5: Friksjonsutvikling på delfelt 1-4. 2. mars 2005, felt 1



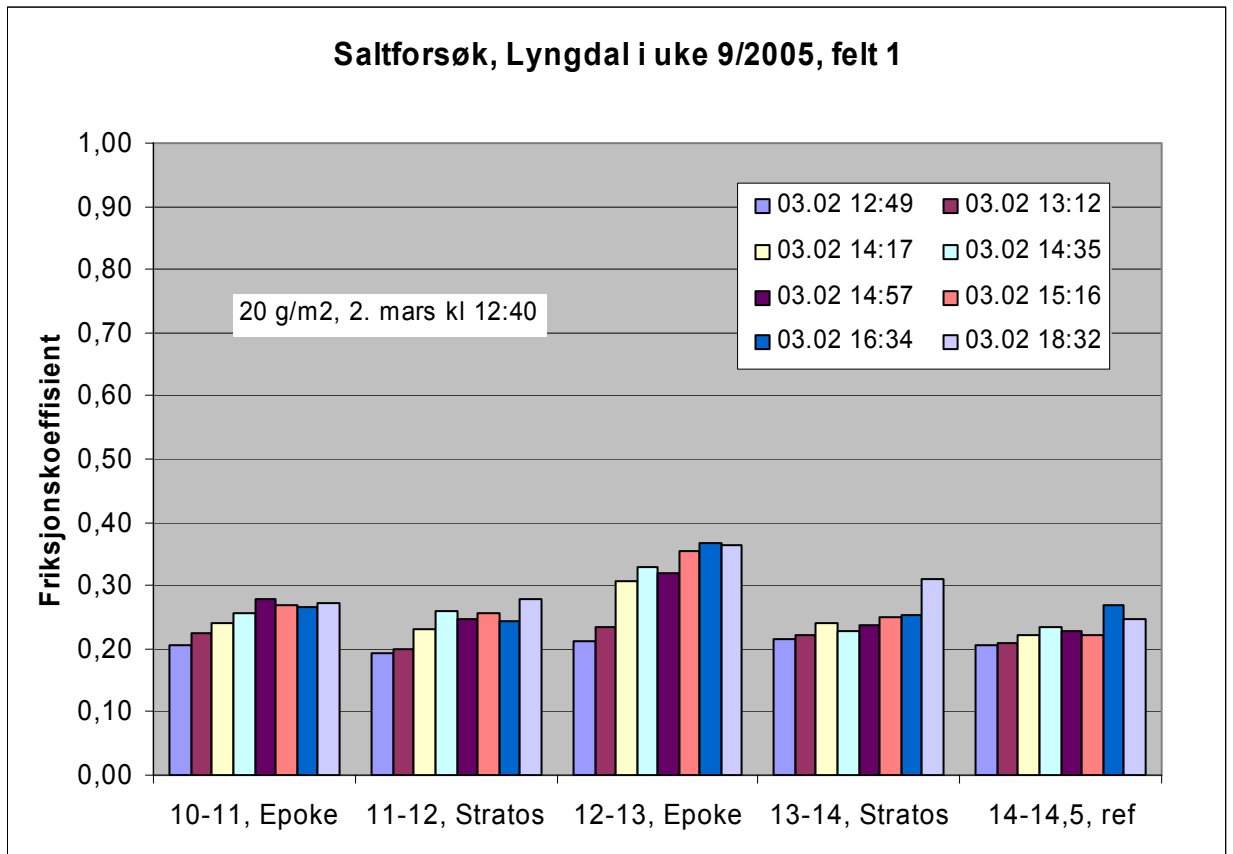
Figur 5.6: Friksjonsutvikling på delfelt 1-4. 2. mars 2005, felt 2



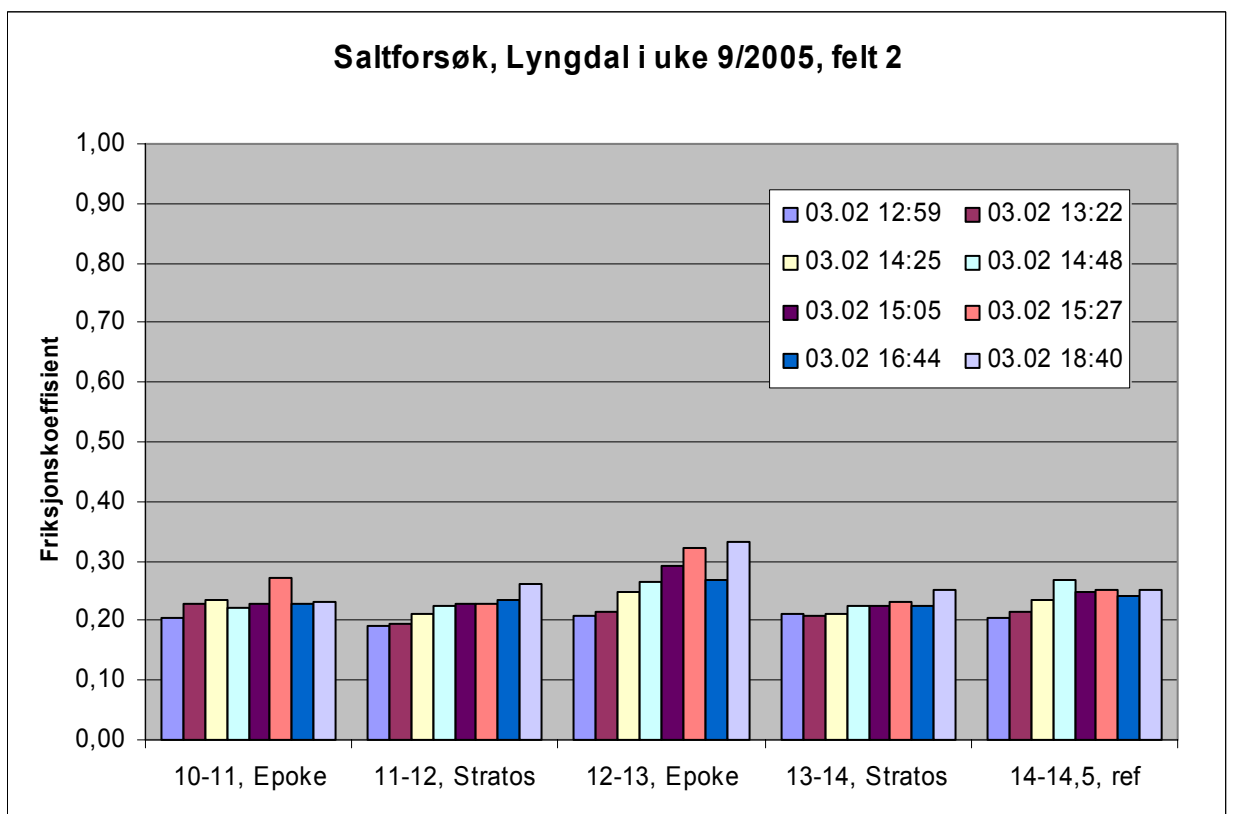
Figur 5.7: Friksjonsutvikling på delfelt 5-10. 2. mars 2005, felt 1



Figur 5.8: Friksjonsutvikling på delfelt 5-10. 2. mars 2005, felt 2



Figur 5.9: Friksjonsutvikling på delfelt 11-14. 2. mars 2005, felt 1



Figur 5.10: Friksjonsutvikling på delfelt 11-14. 2. mars 2005, felt 2



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 814 2 Dep
N - 003 3 Oslo

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

ISSN 1504- 500 5