



Statens vegvesen

Salt SMART

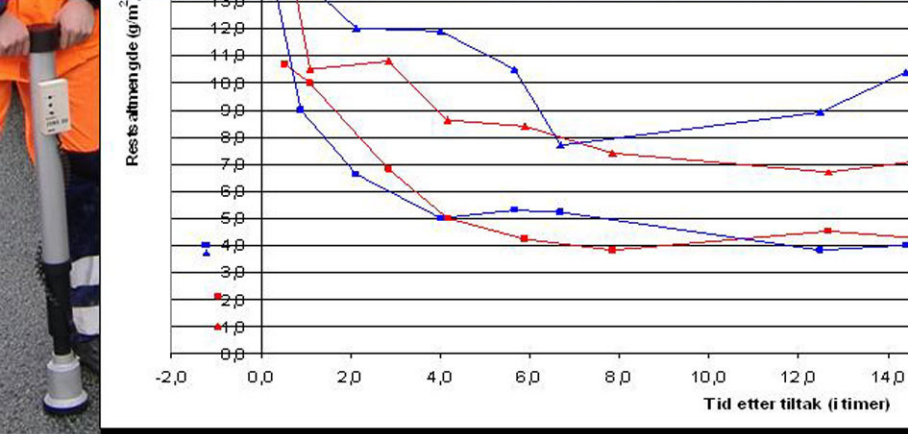
Levetid av ulike spredemetoder

Forsøk i Dalane vinteren 2008/2009

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2563





Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2563

Tittel

Salt SMART Levetid av ulike spredemetoder Forsøk i Dalane vinteren 2008/2009

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Anders Svanekil

Dato:

2009-06-30

Saksbehandler

Anders Svanekil

Prosjektnr:

602069

Kontrollert av

Torgeir Vaa

Antall sider og vedlegg:

40/8

Sammendrag

Vinteren 2008/2009 har det blitt gjennomført fem feltforsøk i Dalane i Rogaland. Her har ulike spredemetoder av natriumklorid blitt vurdert i forhold til hvilken spredemetode som gir lengst levetid.

Feltforsøkene viser at preventiv salting på en bar veg bør gjøres med saltløsning, dersom man ønsker lengst mulig levetid av tiltaket. Med levetid menes hvilken spredemetode som har minst tap under utlegging og etter utlegging, og som dermed har lengst varighet.

Bruk av saltløsning som preventivt tiltak er eneste reelle metode dersom man ønsker salttiltak som reduserer saltbruken, men opprettholder framkommelighet og trafikksikkerhet. Her er potensialet for besparing av saltmengde minimum 30-70 % i forhold til bruk av tørt salt, befuktet salt eller slurry.

Summary

During the 2008/2009 winter five in field experiments has been done in Dalane in Rogaland. The goal of these experiments has been to establish which spreading method of sodium chloride that produces the longest lasting results.

The field experiments shows that preventive spreading of road salt on a bare road surface produces the best results by using a salt solution as this achieves the longest life span. Here, the term life span refers to the method for spreading road salt that has the least amount of loss during and after spreading - hence, has a long life span.

Currently preventive use of salt solutions is the only possible method to reduce usage of road salt without affecting either road safety or driveability. The potential for reduction of road salt using salt solutions is estimated to be between 30 and 70 percent compared to using dry salt, prewetted salt or crushed prewetted salt (slurry).

Emneord:

Samferdsel - Communication
Veg - Road
Vinterdrift - Winter maintenance
Salting - Salting

Forord

Det har blitt gjennomført feltforsøk og driftsforsøk vinteren 2008/2009 som en del av Statens vegvesens etatsprosjekt Salt SMART, seksjon for Vegteknologi ved Teknologivdelingen i Trondheim (Tekt-T) i samarbeid med Kolo veidekke og Statens vegvesen Region vest.

Forsøkene har blitt gjennomført i Rogaland under funksjonskontrakt 1101 Dalane (2007-2012) på E39.

I dagens vinterdrift er det hovedsakelig natriumklorid (NaCl) som blir benyttet, dette blant annet på grunn av lav kostnad og enkel tilgjengelighet i forhold til andre kjemikalier. Prosjektet "*Ap 1-2 Levetid av ulike spredemetoder*" tar således kun for seg bruken av natriumklorid.

Målsetningen med prosjektet er å komme med anbefaling til hvilken spredemetode av NaCl som har lengst levetid under forskjellige forhold (føreforhold, værforhold, trafikkmengde, osv.).

Med levetid menes hvilken spredemetode som har minst tap under utlegging og etter utlegging, og som dermed har lengst varighet.

Denne rapporten er en delrapport for forsøk gjennomført vinteren 2008/2009.

Det er mange personer som har blitt involvert i dette prosjektet. Tore Menne og Stein Hoseth (NTNU/SINTEF) har assistert under datainnsamlingen, Sigvald Grøstfjeld og Sigvart Rinden (Kolo Veidekke) har bidratt med praktisk hjelp og Harald Norem har deltatt i diskusjoner og gitt innspill til bearbeiding av resultatene.

Det rettes også en takk til Per Skårland (byggherre i Statens vegvesen Region vest), Leif Sigve Myklebust (anleggsleder i Kolo Veidekke) og Vidar Jansen (Pon Equipment) for viktig bistand under gjennomføringen av prosjektet.

Alt av bakgrunnsmateriale som er brukt i denne oppgaven finnes tilgjengelig på forespørsel, og det oppfordres til å ta kontakt ved eventuelle spørsmål og/ eller kommentarer til rapporten.

Anders Svanekil

Trondheim, 30.06.2009

Sammendrag

Det har blitt gjennomført feltforsøk og driftsforsøk vinteren 2008/2009 som en del av Statens vegvesens etatsprosjekt Salt SMART, seksjon for Vegteknologi ved Teknologivdelingen i Trondheim (Tekt-T) i samarbeid med Kolo veidekke og Statens vegvesen Region vest.

Denne rapporten tar for seg rapportering av feltforsøkene under vinteren 2008/2009, driftsforsøkene vil bli omtalt i ett eget notat.

Forsøkene har blitt gjennomført i Rogaland under funksjonskontrakt 1101 Dalane (2007-2012) på E39.

I dagens vinterdrift er det hovedsakelig natriumklorid (NaCl) som blir benyttet, dette blant annet på grunn av lav kostnad og enkel tilgjengelighet i forhold til andre kjemikalier. Prosjektet ”Ap 1-2 Levetid av ulike spredemetoder” i Salt SMART og denne rapporten tar således kun for seg bruken av natriumklorid.

Det finnes flere ulike metoder og måter å spre salt på. Per dags dato har vi fire ulike spredemetoder; saltløsning, slurry, befuktet salt og tørt salt. Det har gjennom tiden blitt gjennomført mange ulike prosjekter som prøver å komme fram til hvilken spredemetode som er optimal under ulike forhold. Resultatene spriker, men en gjengs oppfatning i bransjen er at befuktet salt har en bedre varighet enn tørt salt.

Målsetningen med dette prosjektet er å finne hvilken spredemetode som har minst salttap under og etter utlegging (lengst levetid).

En annen målsetning med prosjektet er å revidere salttabellen.

Måten feltforsøkene er lagt opp på bygger på tidligere erfaringer fra feltforsøk gjennomført av både Kai Rune Lysbakken og Anders Svanekil.

Vinteren 2008/2009 har det blitt gjennomført fem feltforsøk hvor forløpet i saltmengde på veg er registrert med mer enn 1200 saltmålinger. Hver enkelt merknad i figuren for de fire forsøkene er ett gjennomsnitt av 10 restsaltmålinger.

Samtlige av disse feltforsøkene er gjennomført som preventive tiltak.

Saltet benyttet under forsøkene er steinsalt 0,2-3,2 mm, og prøvestrekningen har en ÅDT på ~5000.

Fuktigheten på vegbanen (nedbør) er den mest avgjørende faktoren for hvor lenge et salttiltak varer. Dersom det er bløtt vil spredemetoden i mindre grad være avgjørende for et salttiltaks varighet. Det er derfor essensielt å få fjernet mest mulig fuktighet (vann, snø, slaps) før salt blir tilført vegoverflaten. Økt mekanisk fjerning før salttiltak er det tiltaket med mest potensial for å redusere saltbruket og få en enda bedre framkommelighet på vegnettet.

Feltforsøkene viser at preventiv salting på en bar veg bør gjøres med saltløsning, dersom man ønsker lengst mulig levetid av tiltaket, med levetid menes hvilken spredemetode som har minst tap under utlegging og etter utlegging, og som dermed har lengst varighet.

Disse resultatene stemmer godt overens med prosjektets hypotese og tidligere undersøkelser. Preventiv salting på en fuktig veg viser at bruk av saltløsning er en mer optimal metode en tørt salt, befuktet salt eller slurry. Resultater tyder på at man minimum kan spare 25 % salt og oppnå samme varighet av tiltaket.

Innhold

Sammendrag	2
Innhold	4
Definisjoner / Forklaringer	6
1 Innledning	7
2 Krav til salt	8
3 Bakgrunn/tidligere undersøkelser	10
4 Hypotese	13
5 Feltforsøk	14
5.1 Innledning.....	14
5.2 Rutiner for dokumentasjon av effekter.....	17
5.2.1 Restsaltmengde.....	17
5.2.2 Fuktighet.....	18
5.2.3 Saltkonsentrasjon	19
5.2.4 Klimadata.....	20
5.3 Forsøk 1, tørt salt og varmbefuktet slurry	20
5.3.1 Generelt.....	20
5.3.2 Resultater	22
5.4 Forsøk 2, befuktet salt og tørt salt.....	24
5.4.1 Generelt.....	24
5.4.2 Resultater	24
Forsøk 3, saltløsning og befuktet salt.....	27
5.4.3 Generelt.....	27
5.4.4 Resultater	29
5.5 Forsøk 4, saltløsning og befuktet salt.....	31
5.5.1 Generelt.....	31
5.5.2 Resultater	31
5.6 Forsøk 5, saltløsning	32
5.6.1 Generelt.....	32
5.6.2 Resultat.....	33
5.7 Diskusjon.....	34
5.7.1 Forsøk 1.....	34
5.7.2 Forsøk 2.....	34
5.7.3 Forsøk 3.....	34
5.7.4 Forsøk 4.....	35
5.7.5 Forsøk 5.....	35
6 Konklusjoner	36
7 Videre arbeid	37
8 Referanseliste	40
9 Vedlegg	41
9.1 Siktekurver	42
9.2 Produktblad	45
9.3 Varslingsplan.....	46
9.4 ÅDT for prøvestrekning	47

Figur 2-1: Krav til natriumklorid per mai 2009 (SVV 2009).....	8
Figur 2-2: Krav til salt i kontrakter som lyses ut høsten 2009.	9
Figur 3-1: Nyttegrad av befuktet salt og tørt salt i høyre hjulspor (Svanekil 2007).	11
Figur 3-2: Avviklingsforløp for saltmengde direkte etter salting ved tidspunkt 0 ved ulike metoder og fuktighet på vegbanen. A er saltmengde før salting og B er tilført saltmengde (Ericsson 1995).	13
Figur 5-1: Prøvestrekning på E39 - hp 04 - km 8,4 til 14,4 markert med rødt (NVDB 2009).	14
Figur 5-2: Radar og nedbørsmåler E39 hp 4 km 11,9.	15
Figur 5-3: Spredere benyttet under feltforsøkene	15
Figur 5-4: Massetyper for stamvegnettet og riksvegnettet (NVDB 2009).....	16
Figur 5-5: Bilde av Sobo20 benyttet under feltforsøkene.	17
Figur 5-6: Bruk av Wettex til oppsamling av fuktighet	18
Figur 5-7: Definisjon av tørr, fuktig og våt vegbane (Lysbakken og Norem 2008).	18
Figur 5-8: Konduktivitetmåler for å måle saltkonsentrasjon.....	19
Figur 5-9: Sammenheng mellom konduktivitet (ledningsevne) og saltkonsentrasjon.	19
Figur 5-10: Bilde av strekningene før tiltak og salttiltak (10 g/m ² tørt salt).	21
Figur 5-11: Restsaltmengde for varmbefuktet slurry og tørt salt under meget våte vegbaneforhold.....	22
Figur 5-12: Bilde tatt med 10 minutters mellomrom kl 1210 og 1220	23
Figur 5-13: Bilde av strekning 15 min før tiltak, 3 timer etter – og 4 timer etter tiltak.	24
Figur 5-14: Restsaltmengde for befuktet salt og tørt salt under våte forhold.	26
Figur 5-15: Bilder 1 time før tiltak, 1 time, 4 timer, 14 og 20 timer etter tiltak. 1 står for strekning 1 (saltløsning) 2 står for strekning 2 (befuktet salt).	28
Figur 5-16: Resultat saltløsning og befuktet salt.....	29
Figur 5-17: Sammenstilte resultater	30
Figur 5-18: Forsøk 4 saltløsning og befuktet salt.....	31
Figur 5-19: Bilder fra forsøk 5, under tiltak, 3 timer etter tiltak, 21 timer etter tiltak (begynner å snø) og 23 timer etter tiltak (snø).	32
Figur 5-20: Forsøk 5 20 g saltløsning og 40 g saltløsning (23 %).	33
Figur 6-1: Rodeinndeling med ulike spredemetoder for salt 1101 Dalane.	38

Definisjoner / Forklaringer

Rs	Restsaltmengde i g/m^2 målt med restsaltmåleren Sobo20.
Rs H	Restsaltmengde i høyre hjulspor.
Rs M	Restsaltmengde i mellom hjulspor.
Fukt H	Fuktighet på vegbanen, målt med wettex-klut i høyre hjulspor, oppgitt i g/m^2 .
Fukt M	Fuktighet på vegbanen, målt med wettex-kluter i og mellom hjulspor, oppgitt i g/m^2 .
Teoretisk saltmengde	Teoretisk saltmengde = Restsaltmengde like før tiltak + den utlagte mengden salt (NaCl), oppgitt i g/m^2 .
Befuktet salt	Standard befuktning er tørt salt som blir befuktet med væske, forholdet er 70 vektprosent tørrstoff og 30 vektprosent væske.
Slurry	Befuktet salt (tradisjonelt 70 % salt, 30 % væske) som er knust og rørt ut til en grøtaktig masse
Varmbefuktet salt	Salt som blir befuktet med varmt vann ($95\text{ }^\circ\text{C}$).
NaCl	Kjemisk betegnelse for saltet natriumklorid.
Preventiv salting	Salting på vegbane for å forhindre at det blir glatt som følge av nedbør eller riming.
ÅDT	Årsdøgntrafikk er gjennomsnittlig antall kjøretøyer som passerer i løpet av et døgn. Den defineres som summen av antall kjøretøy i året dividert med antall dager i året (365).
Fasediagram	Beskriver løseligheten av et ismeltemiddel og relaterer den kjemiske konsentrasjonen til frysetemperaturen.
Sobo20	Restsaltmåler som måler ledningsevne, og som oppgir saltmengde i gram per kvadratmeter (g/m^2).
Konduktivitet	Ett mål for ledningsevne, oppgitt i mS/cm . Kan ved hjelp av en kalibreringstabell gi vektkonsentrasjon av en NaCl-løsning. Den beste løsningen for få en nøyaktig og riktig saltkonsentrasjon.

1 Innledning

Vinteren 2008/2009 har det blitt gjennomført fem feltforsøk i Rogaland E39 Bjerkreim – Vikeså.

ÅDT for denne vegen er ~5000 og forsøkene er gjennomført på et Ab11 dekke, lagt i 2008.

Under forsøkene er det blitt benyttet steinsalt 0,2-3,2 mm..

Restsaltmåleren Sobo20 er blitt benyttet under samtlige feltforsøk. Når saltet er oppløst er dette et godt dokumentasjonsverktøy, dersom man repeterer målingene en del ganger. Ved tørre forhold der saltet ikke er oppløst har måleutstyret en begrenset nøyaktighet.

Hver enkelt restsaltmåling som presenteres under kapittel 5, baserer seg på gjennomsnittet av 10 restsaltmålinger, dette for å negligjere eventuelle tilfeldige avvik som følge av usikkerhet ved måleutstyret.

Det finnes flere ulike metoder og måter å spre salt på. Per dags dato har vi fire ulike spredemetoder; saltløsning, slurry, befuktet salt og tørt salt. Det har gjennom tiden blitt gjennomført mange ulike prosjekter som prøver å komme fram til hvilken spredemetode som er optimal under ulike forhold. Resultatene spriker, men en gjengs oppfatning i bransjen er at befuktet salt har en bedre varighet enn tørt salt.

Målsetningen med dette prosjektet er å komme med en anbefaling omkring hvilken spredemetode som har lengst levetid under ulike føre- og værforhold.

En annen målsetning med prosjektet er å revidere salttabellen.

Oppgaven bygger på tidligere erfaringer fra feltforsøk gjennomført av både Kai – Rune Lysbakken og Anders Svanekil.

Hensikten med feltforsøkene er å prøve å finne optimale spredemetoder under ulike vær- og føreforhold. Det ble utført forsøk på to strekninger på rundt 3 km lengde for hver av metodene, prøvestrekningens totale lengde var altså på 6 km. Målinger har blitt gjort omtrent midt på delstrekningene i så raske tidsintervaller som det var praktisk mulig. Spredestyr, spredemetode og saltmengde som er blitt benyttet er varierende og presentert i hvert forsøks generelle beskrivelse.

Bakgrunn for bruk av salt, beskrivelse av strategier, beskrivelse av egenskaper til salt og annen kjent informasjon rundt natriumklorid (NaCl) blir ikke presentert i denne rapporten.

For å finne informasjon omkring disse temaene henvises det til tidligere utgitt litteratur.

2 Krav til salt

Krav til salt finner man i kontraktsmalen fil IE9300a-KravTilSalt, denne stiller krav til NaCl i forhold til saltinnhold, vanninnhold, antibakemiddel, maks kornstørrelse og siktekurve. Avvik fra siktekurve skal ikke overstige $\pm 10\%$. Overstørrelser tillates ikke, det vil si maks kornstørrelse iht. tabell "krav til natriumklorid" (Figur 2-1).

Statens vegvesen

Drift og vedlikehold

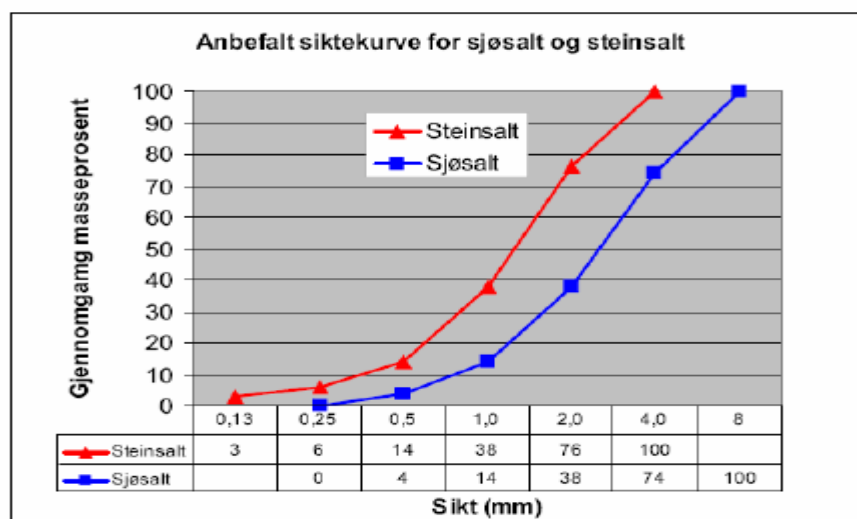
Fil: IE9300a-KravTilSalt

Henv. fra kap: E 95 Breyting, rydding, stroing m.m.

Krav til natriumklorid

Kvalitetskrav	Sjøsalt	Steinsalt
Saltinnhold	Min. 99 % NaCl	
Vanninnhold	Maks 3 %	Maks 0,5 %
Antibakemiddel	100 - 120 ppm	30 - 60 ppm
Kornstørrelse	Maks 8 mm	Maks 4 mm

Krav til siktekurve for Natriumklorid



Avvik fra anbefalt siktekurve skal ikke overstige $\pm 10\%$. Overstørrelser tillates ikke, dvs. maks kornstørrelse iht. tabell "Krav til natriumklorid"

Funksjonskontrakt med oppstart 2009	Vedleggsmappe I vedlegg IE9300a - 2008-07-01	Side 1 av 1
-------------------------------------	--	-------------

Figur 2-1: Krav til natriumklorid per mai 2009 (SVV 2009).

For de nye kontraktene som skal lyses ut høsten 2009 og med oppstart 2010 gjelder kravene gjengitt i Figur 2-2.

Fil: IE9300a-KravTilSalt

Henv. fra kap. E 95 Brøyting, rydding, strøing m.m.

Krav til natriumklorid

Kvalitetskrav	Sjøsalt/steinsalt
Vann-uoppløselige stoffer, % av tørrvekt	Maks. 1,0 %
Totalt innhold vann-oppløselige stoffer (SO ₄ , Ca, Mg), % av tørrvekt	Maks. 1.0 %
Vanninnhold, % av tørrvekt	Maks. 4,0 % / Maks. 1,0 %
Antiklumpemiddel, innhold av ferrocyanidkompleks	Maks. 100 mg/kg
Kornstørrelse	Maks. 8 mm

Krav til kornstørrelse gjelder for natriumklorid som legges på veg som tørt salt eller befuktet salt.

Kornkurve

Siktstørrelse (mm)	Gjennomslipp %
8	100
4	80 - 100
1	20 - 100
0,125	0 - 5

Figur 2-2: Krav til salt i kontrakter som lyses ut høsten 2009.

3 Bakgrunn/tidligere undersøkelser

I 2008 ble det gjennomført fem feltforsøk i Bodø som fokuserte på levetiden av salt på veg. I rapporten er det beskrevet hva man mener med levetid av salt på veg, samt hvilke tapsmekanismer som fjerner salt fra vegbanen (Klein-Paste 2008);

”Levetid av salt på veg

Levetiden av salt på veg kan defineres av tiden salt er fysisk tilstede på vegbanen og beskrives vanligvis med forløpet av saltmengde i tid, eller akkumulert trafikk. Levetiden av salt, og dermed varighet av et salttiltak, er et tema som er fortsatt under aktiv forskning. Mitchell m.fl. (2004) beskriver en enkel empirisk modell for saltmengdeforløpet for saltlake av natriumklorid på tørr veg, Raukola m.fl. (2004) utførte feltmålinger med saltlake av natriumklorid, saltlake av kalsiumklorid og befuktet natriumklorid, Svanekil (2007) utførte feltmåling med varmbefuktet, kaldbefuktet og tørr natriumklorid på relativ tørre vegbaner, og Lysbakken og Norem (i trykk) beskriver ulike tapsmekanismer av salt, basert på feltmålinger av befuktet natriumklorid på fuktige og våte vegbaner.

En tapsmekanisme er forstått som en fysisk prosess som fjerner salt fra vegbanen. Man kan skille mellom initial tap (tap som forekommer under utleggingen) og tap som foregår etter utleggingen. I det siste tilfelle kan salt tapes (1) i uoppløst form enten pga. vind og luftturbulens fra trafikk (såkalt blow-off), (2) i oppløst form ved vannsprut fra kjøretøy, (3) i oppløst form gjennom avrenning av vann fra vegbanen, eller (4) ved mekanisk fjerning av snø, eller slaps.”

Bakgrunn for Ap1-2 ”Levetid for ulike spredemetoder” er å dokumentere levetiden av ulike spredemetoder av NaCl.

I 2007 publiserte undertegnede en masteroppgave på NTNU i Trondheim med navnet ”Forsøk med varmbefuktet salt for å bedre friksjonen på vinterveger”, (Svanekil 2007).

Rapporten ga en vurdering av bruk av varmbefuktet salt for å bedre friksjonen på vinterveger, sammenligningsgrunnlaget var kaldbefuktet salt og tørt salt. Prosjektet baserte seg på standard befuktning, det vil si 70 vektprosent salt og 30 vektprosent vann. Saltet som ble benyttet i prosjektet var natriumklorid, som også er det mest brukte kjemikaliet i vinterdrift per dags dato.

Det ble under disse forsøkene benyttet sjøsalt med fraksjon 0 – 8 mm.

Det ble gjennomført en kjemisk / fysisk analyse, laboratorieforsøk og feltforsøk.

Analysene og forsøkene viste ingen eller minimale fordeler ved å befukte salt med 30 vekt - % med varmt eller kaldt vann kontra å spre saltet tørt på en tørr veg.

De mest oppsiktsvekkende resultatene kom fra de fire feltforsøkene som ble gjennomført (3 på tørr veg og ett på fuktig/våt veg). Oppfølgingen på disse feltforsøkene var ekstremt tett og det ble fokusert på å måle restsalt i hjulspor og mellom hjulspor med tre repetisjoner.

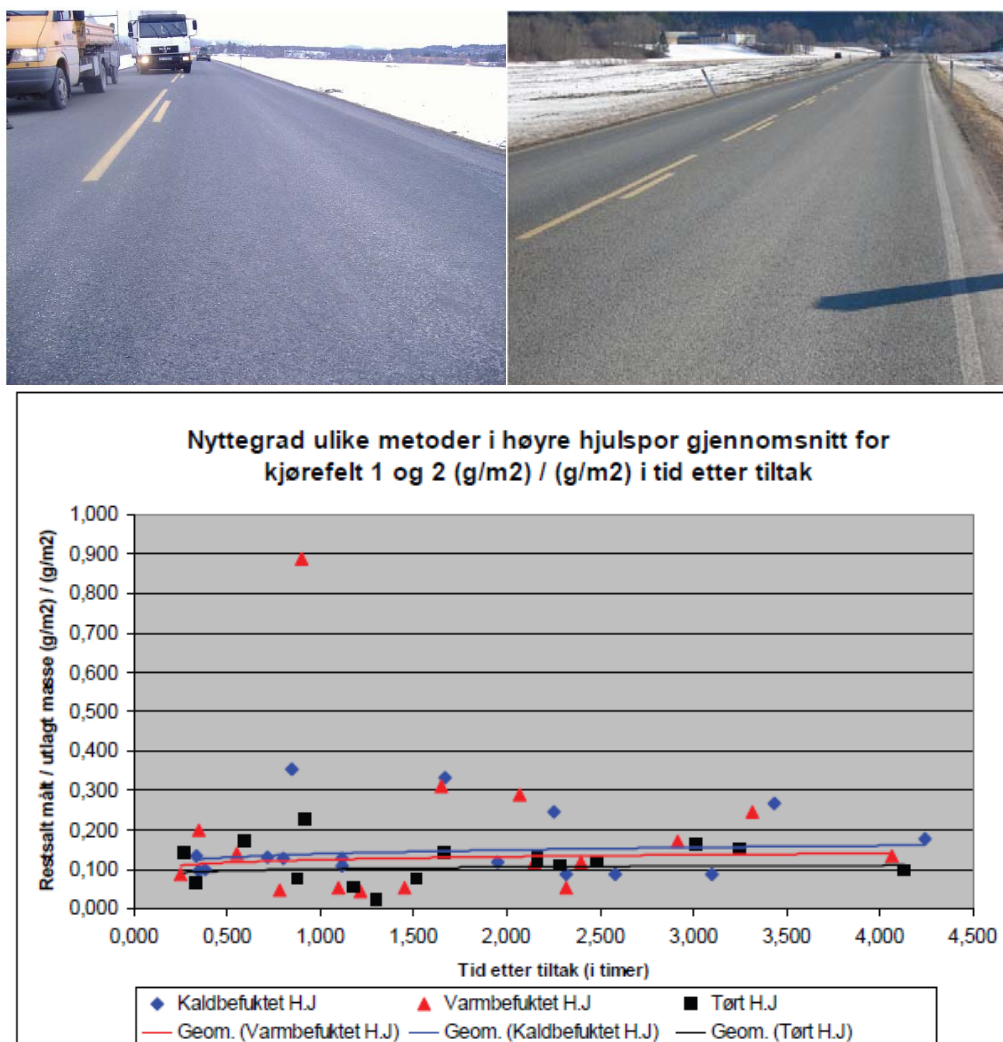
Resultatene viser at 80 – 90 % av saltet uavhengig av spredemetode forsvinner fra vegen innen 15 minutter etter tiltak. Det vil si at man kan nytte seg av kun 10 – 20 % av saltet som spres dersom det blir gjennomført ett preventivt tiltak på tørr, eller fuktig veg.

Dette ”strider” mot de fleste rapporter og anbefalinger ved bruk av salt, i etterkant av disse forsøkene var derfor ønsket om å teste mer bruk av saltløsning under feltforsøk, men også å teste tørt salt, befuktet salt og slurry under andre vær- og føreforhold.

Nedenfor er hovedresultatene fra Svanekil 2007 forklart noe mer i detalj:

Til tross for stor usikkerhet rundt hvilke mengder salt som er utlagt under feltforsøkene, er det gjort noen enkle betraktninger rundt dette. Dersom man tar utgangspunkt i fiberdukens resultater for hva som er utlagt og sammenligner dette med resultatene fra restsaltmålingene kan man få en viss indikasjon på hvor mye av saltet som blir liggende igjen på vegen i tiden etter tiltak for en tørr eller fuktig veg.

Framgangsmåten er at alle verdier målt i forsøk 2, 3 og 4 er samlet sammen i ett diagram, se Figur 3-1. På denne måten er det forsøkt å finne sammenheng med hvor mye nytte man kan forvente å få ut av et preventivt tiltak på en tørr, eller fuktig bar veg.



Figur 3-1: Nyttegrad av befuktet salt og tørt salt i høyre hjulspor (Svanekil 2007).

Som man ser av figuren så varierer resultatene mye. En registrering har en nyttegrad på hele 90 % men dette ser ut som å være et tilfeldig avvik. Dersom man tar utgangspunkt i trendlinjene for de forskjellige metodene så ser man at det *ikke* er vesentlige forskjeller på varmbefuktet salt, kaldbefuktet salt eller tørt salt. Det viser seg også at nyttegraden i liten grad er avhengig av tiden etter tiltak. Det kan synes som at 80 – 90 % av saltet forsvinner fra kjørefeltet før det har gått 15 minutter. Nyttegraden ligger i gjennomsnitt på 0,1 – 0,2 for alle metodene.

Det vil si at man kan nytte seg av kun 10 – 20 % av saltet som spres dersom det blir gjennomført et preventivt tiltak på tørr, eller fuktig bar veg. 80 – 90 % av saltet synes som å forsvinne fra vegen tidlig etter tiltak er gjennomført.

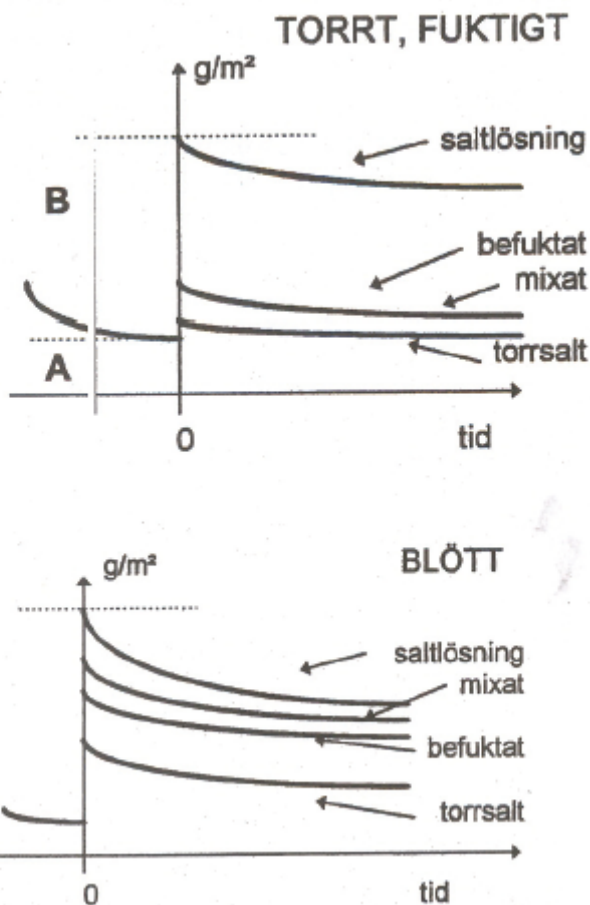
En feilkilde i dette arbeidet er at restsaltmåleren Sobo20 har en begrenset nøyaktighet under tørre vegbaneforhold.

Forsøkene baserer seg på en trafikkintensitet på cirka 150 – 200 kjt/t, med en ukjent tungtrafikkandel (ÅDT ~ 5000).

Denne enkle analysen som baserer seg på tre av feltforsøkene viser også at befuktning (varm og kald) gir liten eller ingen store fordeler med tanke på varighet av tiltak og oppløsningshastighet.

En annen rapport som tar opp restsaltforløpet til ulike spredemetoder ble publisert i Sverige i 1995, (Ericsson 1995).

Ericsson utviklet en datamodell for blant annet å beregne restsaltmengden på vegbanen. Den bygger på feltmålinger av fuktighet og saltkonsentrasjon. Erfaringene fra det svenske prosjektet er gjengitt i Figur 3-2.



Figur 3-2: Avviklingsforløp for saltmengde direkte etter salting ved tidspunkt 0 ved ulike metoder og fuktighet på vegbanen. A er saltmengde før salting og B er tilført saltmengde (Ericsson 1995).

Av figuren kan man lese at saltløsning ikke gir noe initialtap, mens øvrige metoder har initialtap. Størst forskjell er det ved spredning på tørr vegbane, der tørt salt og befuktet salt nesten ikke har noen effekt.

4 Hypotese

Ved preventive tiltak vil bruk av saltløsning føre til mindre tapsmekanismer under og etter saltutlegging enn bruk av tørt salt, befuktet salt og slurry. Dette fører til at man under salttiltak kan redusere saltbruken betraktelig ved å bruke mer saltløsning, uten at det verken går utover trafiksikkerhet eller framkommelighet.

5 Feltforsøk

5.1 Innledning

Hensikten med feltforsøkene er å prøve å finne optimale spredemetoder under ulike vær- og føreforhold. Det ble utført forsøk på to strekninger på rundt 3 km lengde for hver av metodene, prøvestrekningens totale lengde var altså på 6 km. Målinger har blitt gjort omtrent midt på delstrekningene i så raske tidsintervaller som det var praktisk mulig. Spredestyr, spredemetode og saltmengde som er blitt benyttet er varierende og presentert i hvert forsøks generelle beskrivelse.

Prøvestrekningen ligger på E39 hp 4 km 8,4 – 14,4, Bjerkreim – Vikeså.



Figur 5-1: Prøvestrekning på E39 - hp 04 - km 8,4 til 14,4 markert med rødt (NVDB 2009).

Prøvestrekningen var skiltet ned fra 80 til 50 km/t under forsøkene gang. Varslingsplan for forsøkene ligger i vedlegg 9.3.

For å finne eksakte tall for antall kjøretøy som passerer forsøksstrekningene under registreringsperioden ble det valgt å sette ut en trafikk teller. Trafikk telleren som er blitt benyttet er Radar 449, programmet som er blitt benyttet registrerer blant annet antall biler for og mot (i hvert kjørefelt), fart og til hvilken tid kjøretøyene passerer. Radaren er brukt i henhold til bruksveiledning, (NTNU 2008).

Radar og nedbørsmåler ble plassert på E39 hp 4 km 11,9 ved hvert forsøk.



Figur 5-2: Radar og nedbørsmåler E39 hp 4 km 11,9.

Utstyr benyttet under feltforsøkene er:

Falköping C-7HES (HighEnergySalting) tallerkenspreder (kapasitet 7 m³ tørrstoff og 1,8 m³ vann).

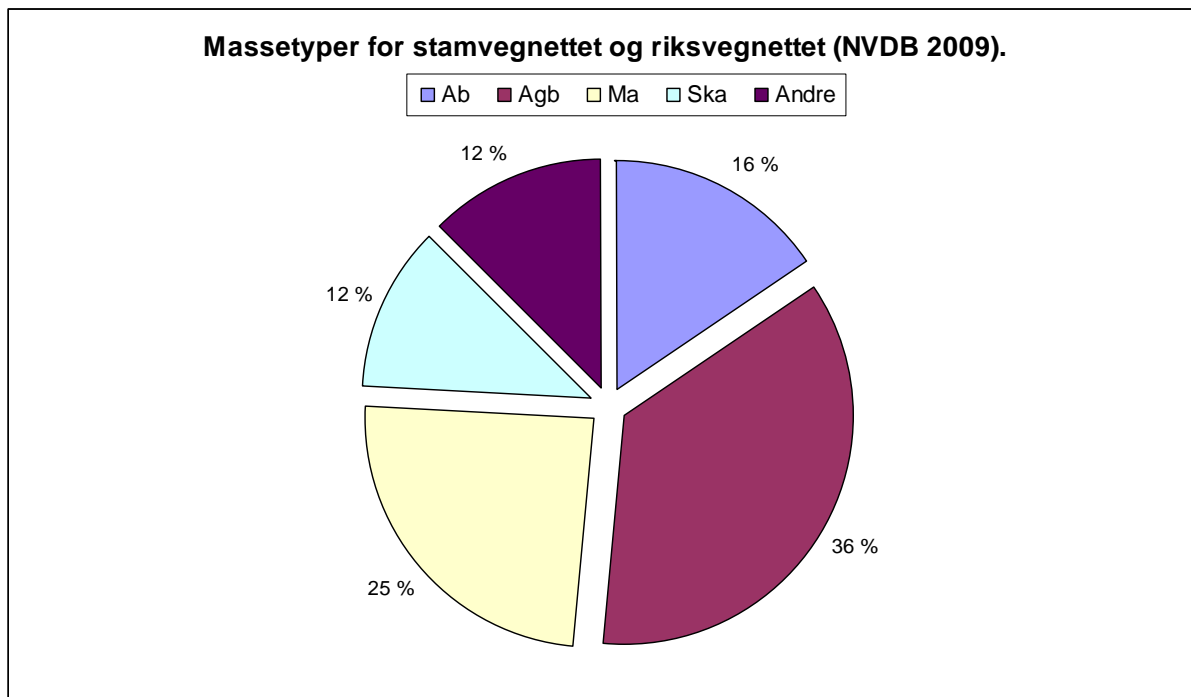
Falköping CLC-647 Kombispreder modifisert saltløsningstanker (kapasitet 6,4 m³ tørrstoff og 4,2 m³ væske).



Figur 5-3: Spredere benyttet under feltforsøkene

Det ble benyttet steinsalt 0,2-3,2 mm under feltforsøkene (Vedlegg 9.1).

På prøvestrekningen i Rogaland ligger det en Ab11 som ble lagt i 2008. Fordelingen av massetyper fordelt på stamvegnettet og riksvegnettet er gjengitt i Figur 5-4.



Figur 5-4: Massetyper for stamvegnettet og riksvegnettet (NVDB 2009).

Som man ser av Figur 5-4 så har man i hovedsak fire ulike massetyper som ligger på det norske vegnettet, nemlig Agb (36 %), Ma (25 %), Ab (16 %) og Ska (12 %). Disse massetypene er igjen inndelt i forskjellige steinstørrelser helt fra 8 mm til 22mm. Ulike massetyper og steinstørrelser på dekket, samt helning på dekket vil ha påvirkning på hvordan saltet ligger på vegen, men i første omgang bruker vi ett Ab 11 dekke for å undersøke effekten av ulike spredemetoder.

Det er dog viktig å være klar over at ulike dekketyper vil oppføre seg ulikt i forhold til restsaltmengder.

5.2 Rutiner for dokumentasjon av effekter

5.2.1 Restsaltmengde

Til måling av saltmengde ble det benyttet Sobo20, se Figur 5-5.



Figur 5-5: Bilde av Sobo20 benyttet under feltforsøkene.

Sobo20 er et instrument som baserer seg på måling av den elektroniske ledningsevnen 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 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 (Vaa 2005).

Det ble valgt å gjennomføre målingene midt på de to strekningene. Erfaringsmessig er høyest saltkonsentrasjon i tverrprofilet av vegen midt i mellom hjulsporene. Lavest saltkonsentrasjon finner man i høyre hjulspor. Det er på grunnlag av dette valgt å gjennomføre målinger for disse punktene. Samtidig er det valgt å gjennomføre 10 målinger per målested for å neglisjere eventuelt tilfeldig høye eller lave restsaltverdier.

Bruk og vedlikehold av Sobo20 er gjort i henhold til manual utarbeidet av et dansk vinterutvalg i 2003 (Vinterudvalget 2003).

5.2.2 Fuktighet

Til oppsamling av fuktigheten på vegoverflaten ble det benyttet en fiberduk av typen Wettex, se Figur 5-6.



Figur 5-6: Bruk av Wettex til oppsamling av fuktighet

Hensikten med å samle opp fuktigheten med Wettex-kluter er primært å bestemme vannmengden for å kunne beregne frysepunktet i væsken på vegen. Den samlede fuktigheten ble målt ved å ta utgangspunkt i klutens vekt etter bruk fratrukket tørr egenvekt. Ved å videre ta hensyn til klutens areal kan man beregne fuktigheten i g/m^2 . Denne metoden vil også egne seg for å få et objektivt mål på opptørkingstiden i forbindelse med salttiltak (Vaa 2005).

Fuktigheten ble målt i høyre hjulspor og mellom hjulsporene. Arealet på kluten er 26,5 mm x 31,5 mm og det går således ~ 12 kluter på en kvadratmeter (1 m^2).

En klassifisering av fuktighet av en vegbane gjøres av Lysbakken og Norem (2008), her defineres en overflate med $0 \text{ g}/\text{m}^2$ som en tørr veg, $0\text{-}100 \text{ g}/\text{m}^2$ som en fuktig veg, og $>100 \text{ g}/\text{m}^2$ som en våt veg.

Road surface wetness	Amount of water [g/m^2]	Equivalent water film thickness [mm]
Dry	0	0
Moist	0-100	0-0.1
Wet	>100	>0.1

Figur 5-7: Definisjon av tørr, fuktig og våt vegbane (Lysbakken og Norem 2008).

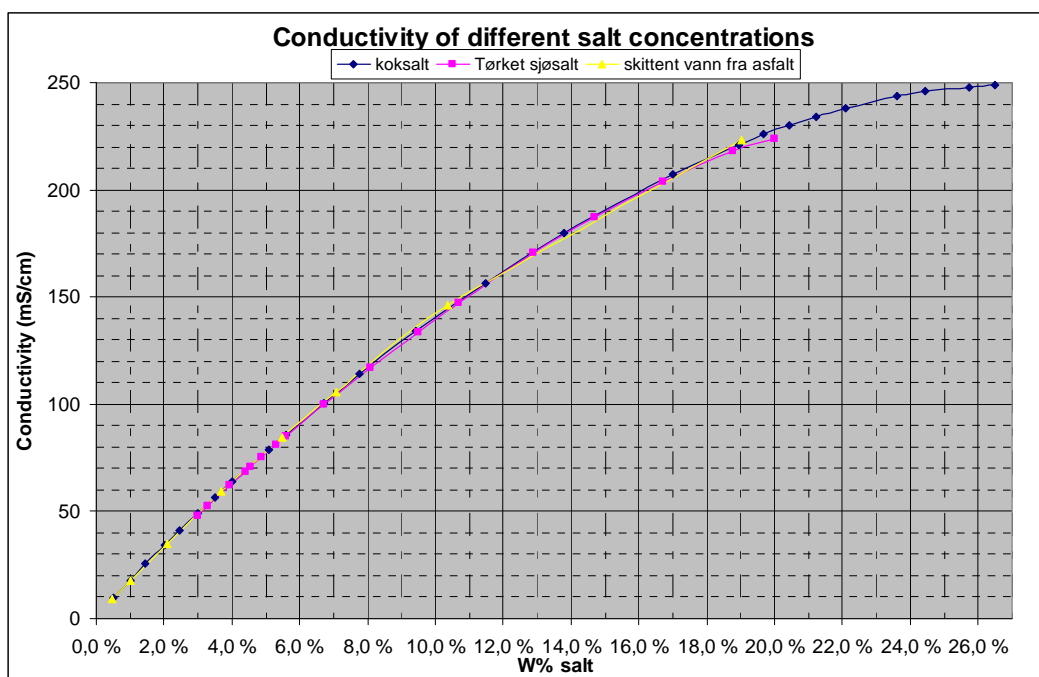
5.2.3 Saltkonsentrasjon

Saltkonsentrasjonen til saltløsning er kontrollert ved å bruke en konduktivitetsmåler (Figur 5-8).



Figur 5-8: Konduktivitetsmåler for å måle saltkonsentrasjon

Konduktivitetsmåleren måler ledningsevne i mS/cm. Ved å se på en kalibreringstabell kan vi sette inn resultatet fra konduktivitetsmåleren og få ut vekt konsentrasjonen til væsken. Denne kalibreringskurven er gjengitt i Figur 5-9 og er utarbeidet av Anders Svane kil vinteren 2008/2009.



Figur 5-9: Sammenheng mellom konduktivitet (ledningsevne) og saltkonsentrasjon.

Figuren viser tre ulike kalibreringer med henholdsvis koksalt, tørket sjøsalt og sjøsalt med skittent vann fra asfalt. Dette for å se på om det påvirker konduktiviteten nevneverdig. Som man ser av resultatene påvirker verken salttype (NaCl) eller det å bruke skittent vann konduktiviteten i noen særlig grad. Denne kalibreringskurven og konduktivitetsmåling er derfor en meget god måte å måle saltkonsentrasjon på.

5.2.4 Klimadata

Det ble gjort målinger på lufttemperatur, vegbanetemperatur og duggpunktstemperatur.

5.3 Forsøk 1, tørt salt og varmbefuktet slurry

5.3.1 Generelt

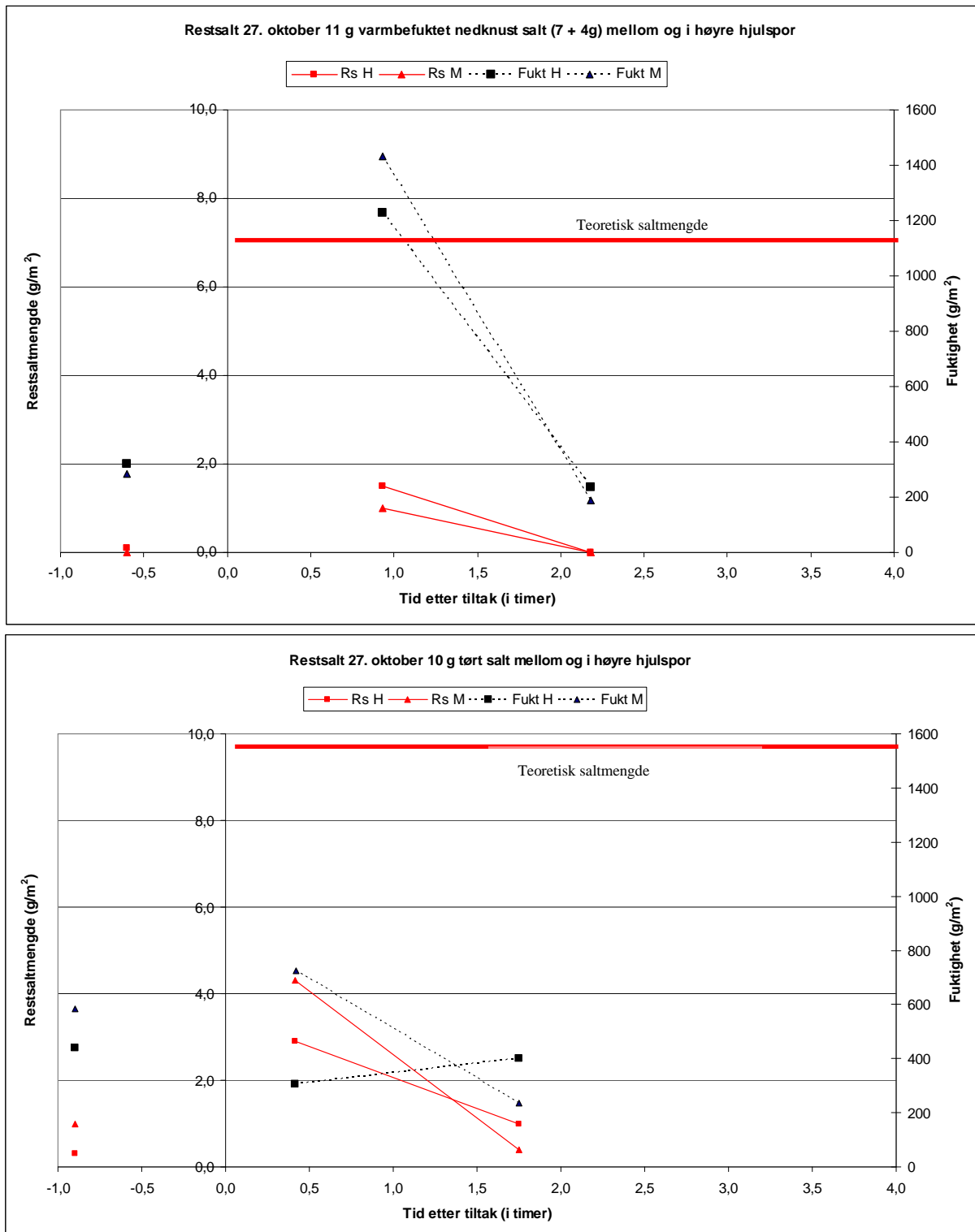
Forsøket ble gjennomført 27. oktober 2008 kl 1200. Det var særdeles vekslende vær hele dagen med innslag av sol, regn og hagl. Lufttemperaturen holdt seg på mellom 4 til 6 °C. Det ble saltet fra kl 11:55 til 12:03. Strekning 1 ble saltet med 10 g/m² tørt salt, mens strekning 2 ble saltet med 10 g/m² varmbefuktet slurry (70 vektprosent salt og 30 vekt - % vann). Det ble saltet i retningen Bjerkreim – Vikeså. Vegen var våt / meget våt under hele tiltaket. Fra 1130 til 1320 ble det registrert hele 4,2 mm nedbør (regn og hagl), resten av registreringsperioden (1320 – 1430) var det opphold. Spredbredden var på 6 meter med venstredreid strøbilde (Figur 5-10). Sprederen som ble benyttet var en Falköping C-7HES (HighEnergySalting) tallerkenspreder. Utstyret var ikke kalibrert for anledningen. Saltet ble spredt i en hastighet på ~ 40 km/t.

Bildene i Figur 5-10 viser strekningene før og under tiltak i forbindelse med det første forsøket.



Figur 5-10: Bilde av strekningene før tiltak og salttiltak (10 g/m^2 tørt salt).

5.3.2 Resultater



Figur 5-11: Restsaltmengde for varmbefuktet slurry og tørt salt under meget våte vegbaneforhold

Figur 5-11 viser restsaltforløpet for tørt salt og varmbefuktet slurry under meget våte vegbaneforhold. Med en fuktighet på vegbanen på mellom 300 og 1400 g/m² når man salter ser man på kurvene for både tørt salt og varmbefuktet slurry at vi etter 2 timer ikke har noe restsalt igjen på vegbanen.

Figur 5-12 illustrerer hvor stor påvirkning fuktighet på vegbanen har å si for salttapet. Det øverste bildet er tatt kl 1210 like etter en kraftig regn/hagl – byge, ti minutter etterpå kl 1220 er det andre bildet tatt. Som man kan se er det stor fuktighet på vegbanen kl 1210, vegen tørker opp på bare 10 minutter, men allerede på denne tiden har vi hatt ett stort salttap. Spesielt vil lastebiler føre til store salttap når vegen er meget fuktig.



Figur 5-12: Bilde tatt med 10 minutters mellomrom kl 1210 og 1220

5.4 Forsøk 2, befuktet salt og tørt salt

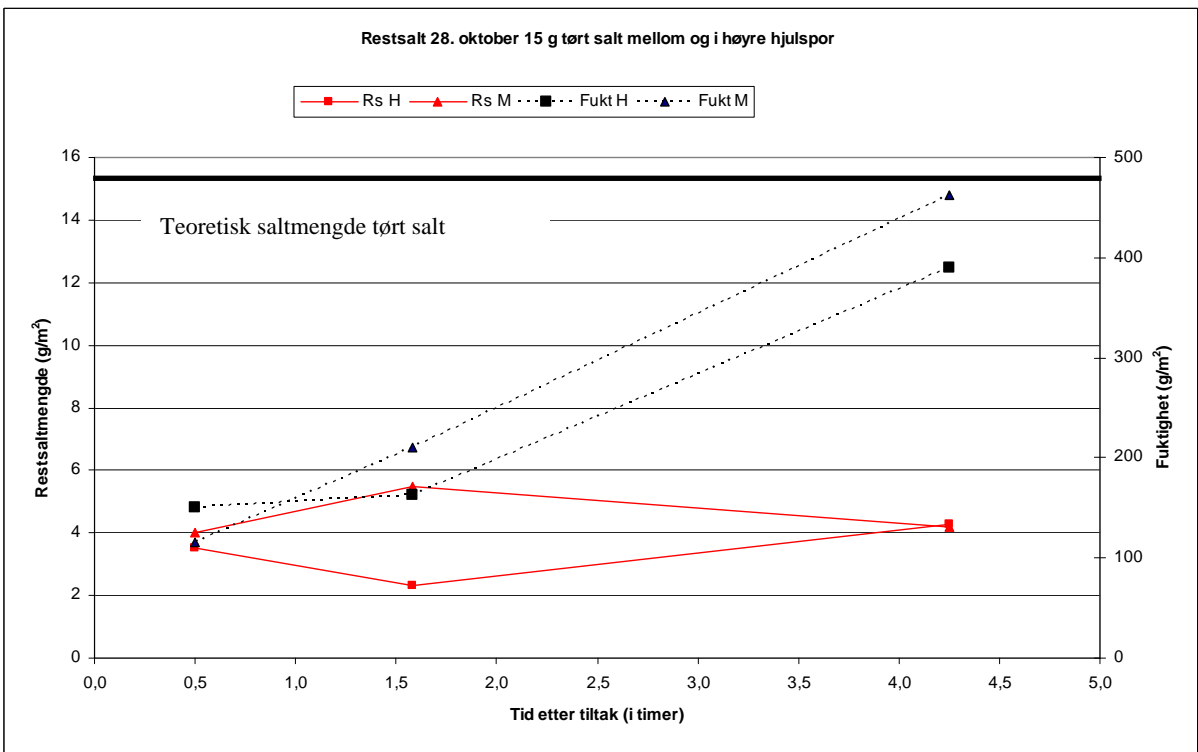
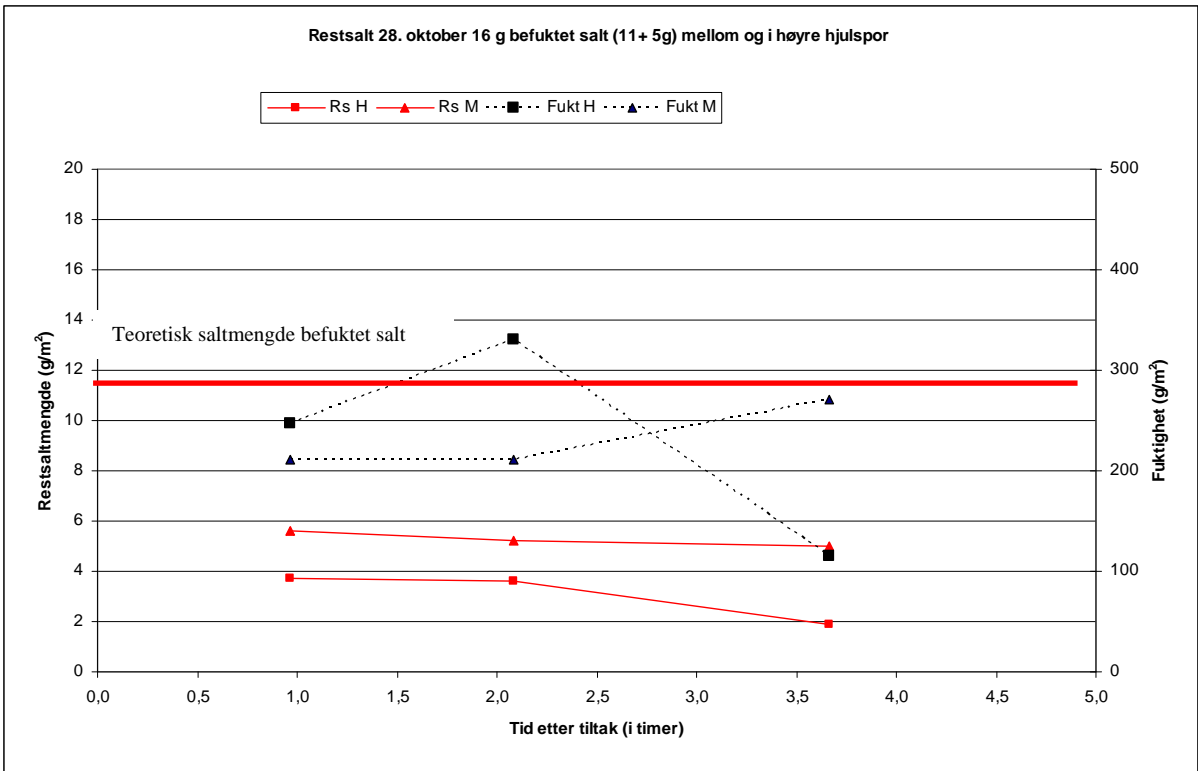
5.4.1 Generelt

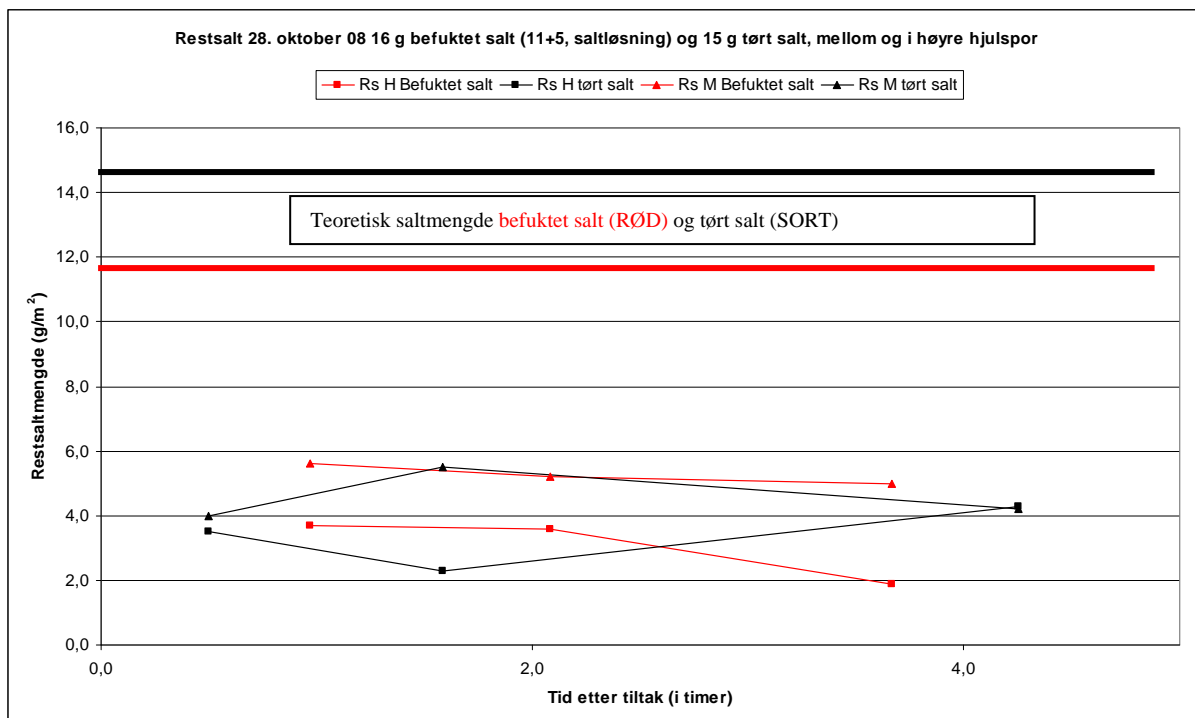
Forsøket ble gjennomført 28. oktober 2008. Det var overskyet hele denne natta, med noe innslag av regn. Lufttemperaturen holdt seg på mellom 1 til 4 °C, men vegbanen var i området 0-1 °C. Det kom totalt 1,0 mm nedbør mellom 0330 og 0930. Strekning 1 ble saltet med 15 g befuktet salt (70 vekt - % salt og 30 vekt - % 20 % saltløsning). Strekning 2 ble saltet med 15 g tørt salt. Det ble saltet i retningen Bjerkreim – Vikeså. Vegen var fuktig/våt denne morgenen. Tiltaket ble gjennomført 0440. Spredbredden var på 6 meter med venstredreid strøfbilde. Sprederen som ble benyttet var en Falköping CLC-647 Kombispreader. Utstyret var ikke kalibrert for anledningen. Saltet ble spredt i en hastighet på ~ 40 km/t.



Figur 5-13: Bilde av strekning 15 min før tiltak, 3 timer etter – og 4 timer etter tiltak.

5.4.2 Resultater





Figur 5-14: Restsaltmengde for befuktet salt og tørt salt under våte forhold.

Med en fuktighet på over 150 g/m^2 så har vi ett relativt stort initialtap av salt. Det måles ca. 4 g/m^2 både for tørt salt og befuktet salt en time etter tiltak, dette vil si at man har en større effekt av å spre befuktet salt enn tørt salt, siden det ble spredt 12 g salt i det befuktede saltet, kontra 15 g med tørt salt. 4 timer etter tiltak ser man derimot at mengden for befuktet salt i spor er nede på 2 g , kontra 4 g for tørt salt. Dersom man ser på saltmengde i mellom spor er denne noe større for befuktet salt enn tørt salt.

Forsøk 3, saltløsning og befuktet salt

5.4.3 Generelt

Forsøket ble gjennomført 9. og 10. desember 2008. Det ble registrert 0,7 mm nedbør i perioden 9. desember kl 08:00 til 11. desember kl 11:40, noe som tilsvarer en gjennomsnittlig nedbørsintensitet på 0,01 mm/t, det vil si ingen nedbør under forsøk 3 og 4. Forsøk 3 hadde en varighet på 26 timer og under forsøket var det stabilt nedbørsmessig. Ellers var været skiftende med tåke, overskyet og klare værforhold. Lufttemperaturen varierte fra 0 til -4 °C, og med en vegbanetemperatur på mellom -0,6 til -6,5 °C.

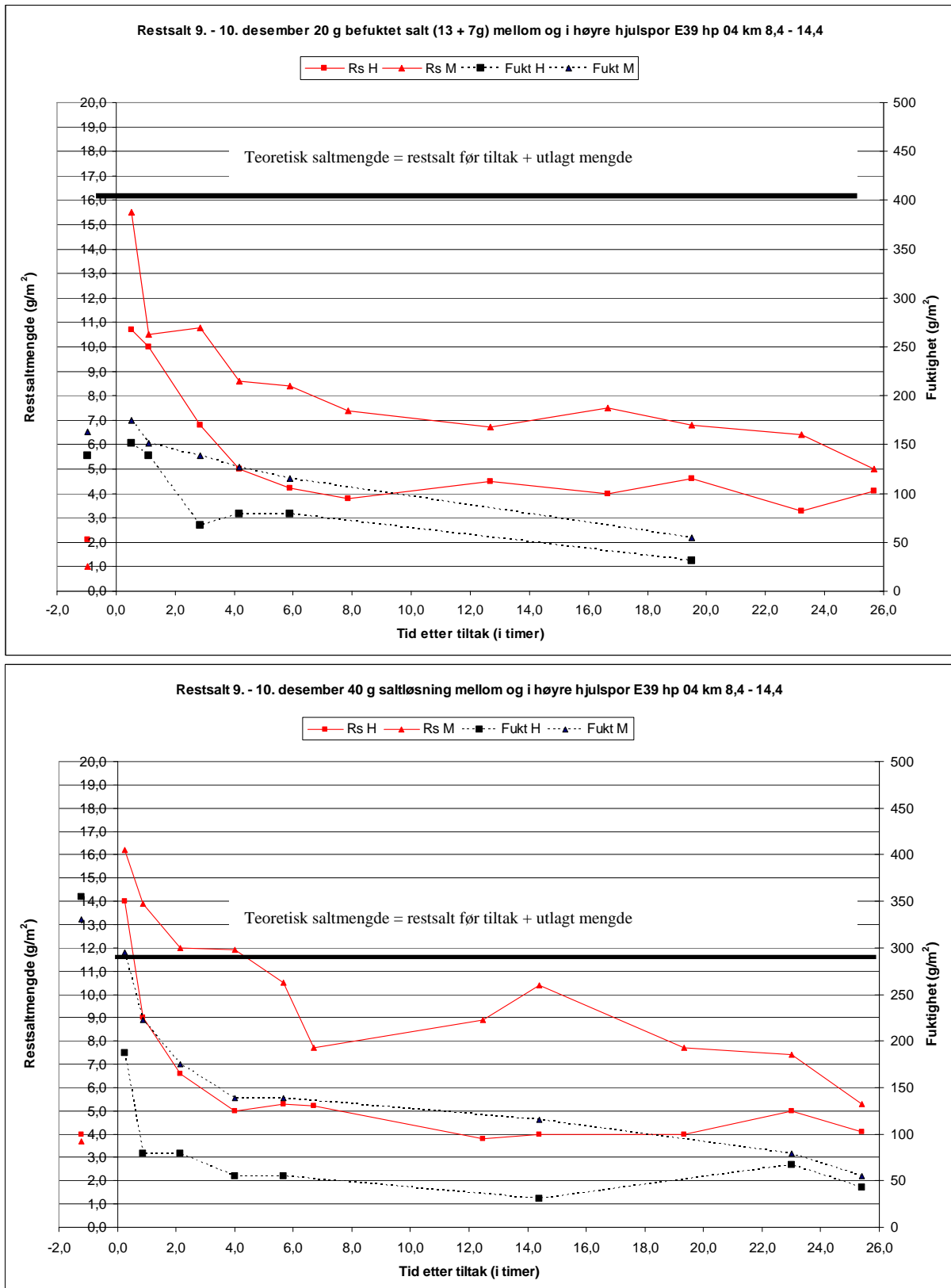
Strekning 1 ble saltet med 40 g saltløsning (20 % saltløsning). Strekning 2 ble saltet med 20 (13+7) g befuktet salt (70 vekt - % salt og 30 vekt - % 20 % saltløsning). Tilført saltmengde på strekning 1 er således 8 g, mens det for strekning 2 er i overkant av 14 g. Det ble saltet i retningen Bjerkreim – Vikeså. Vegen var fuktig/våt i starten av tiltaket, men stabilt tørt / fuktig resterende tid av tiltaket.. Tiltaket ble gjennomført 9. desember kl.17:50. Spreddebredden var på 6 meter med venstredreid strøbilde. Spredderen som ble benyttet var en Falköping CLC-647 Kombispreder. Utstyret var ikke kalibrert for anledningen. Saltet ble spredt i en hastighet på ~ 40 km/t.





Figur 5-15: Bilder 1 time før tiltak, 1 time, 4 timer, 14 og 20 timer etter tiltak. 1 står for strekning 1 (saltløsning) 2 står for strekning 2 (befuktet salt).

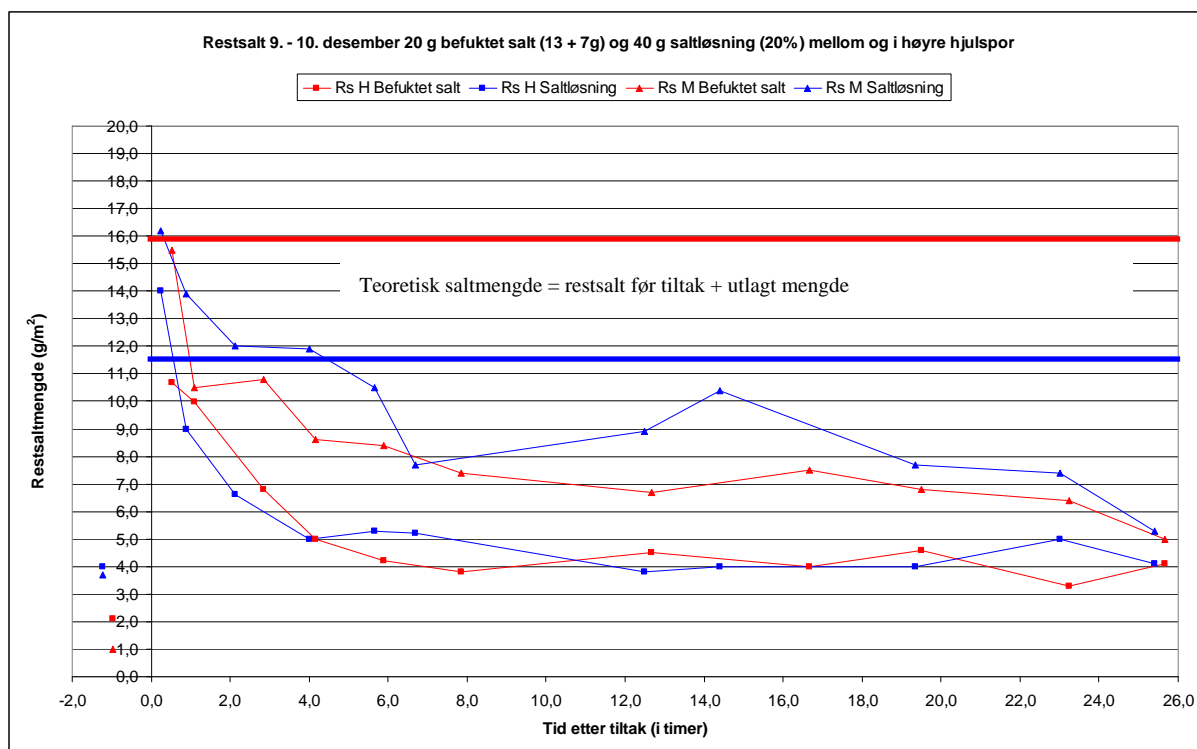
5.4.4 Resultater



Figur 5-16: Resultat saltløsning og befuktet salt

Figur 6 viser at varigheten på tiltakene med 40g/m² saltløsning og 13+7 g/m² med befuktet salt, som vi ser av figurene var det rundt en fuktighet på ca 150 g/m² i høyre hjulspor da saltet

ble spredt. Dette defineres av Lysbakken og Norem (2008) som en våt veg, men underveis under tiltakets gang så blir fuktigheten $<100 \text{ g/m}^2$, den blir definert således som en tørr eller fuktig veg. Under tiltaket ble det ikke registrert noen nedbør. Restsaltmengden og fuktighetsmengden er størst i mellom hjulsporene, noe som stemmer godt overens med tidligere forsøk. I Figur 5-17 har vi sammenstilt resultatene fra feltene med saltløsning og befuktet salt. Av figuren kan man lese at restsaltverdiene for henholdsvis saltløsning og befuktet salt er like høye. Således kan det ut ifra diagrammet tolkes som at man ved å bruke saltløsning på en fuktig veg kan redusere saltmengden ved å bruke saltløsning kontra å bruke befuktet salt. Den kraftige horisontale linjen presenterer den teoretiske saltmengden vi har på vegen rett etter tiltak, som inkluderer restsaltmengde før tiltak + utlagt mengde.



Figur 5-17: Sammenstilte resultater

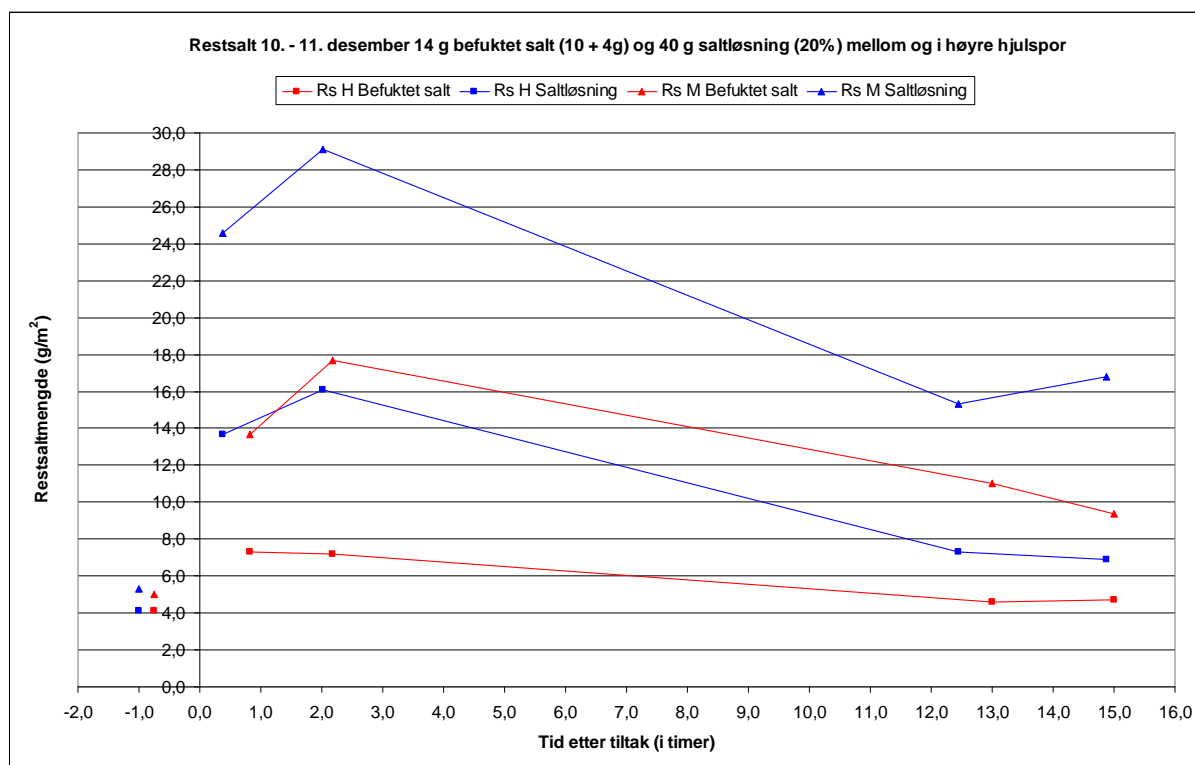
5.5 Forsøk 4, saltløsning og befuktet salt

5.5.1 Generelt

Det ble ikke registrert noe nedbør under forsøket. Det var klart og pent under hele forsøket. Tiltaket ble gjennomført 10. desember 2008 kl 20:15 og ble fulgt opp til 11. desember kl 11:15, det vil si 15 timer. Lufttemperaturen varierte fra +1 til -4 °C, og med en vegbanetemperatur på mellom -3,3 til -6,7 °C.

Strekning 1 ble saltet med 40 g saltløsning (20 vekt - % saltløsning). Strekning 2 ble saltet med 14 (10+4) g befuktet salt (70 vekt - % salt og 30 vekt - % saltløsning). Tilført saltmengde på strekning 1 er således 8 g, mens det for strekning 2 er tilført ca. 11 g. Veggen var tørr (noe fuktighet) under hele tiltaket. Spredbredden var 6 m, og det var et venstredreid størbilde. Det ble benyttet en Falköping CLC-647 Kombispreader. Saltet ble spredt i en hastighet på ~40 km/t.

5.5.2 Resultater



Figur 5-18: Forsøk 4 saltløsning og befuktet salt

Figur 5-18 viser unormalt høye verdier for saltløsning, spesielt i mellom hjulspor. Veggen var tørr, <math><100 \text{ g/m}^2</math> under hele forsøket. Det kan synes som at spredningen av saltløsning fra tallerken har lagt mer salt i mellom hjulsporene og at det derfor kan være hensiktsmessig å spre i 3 meter spredbredde med saltløsning under feltforsøk, spesielt når det er tørre forhold. Dette for å oppnå en mer jevnt fordeling av salt i begge kjørefelt.

5.6 Forsøk 5, saltløsning

5.6.1 Generelt

Forsøk 5 ble gjennomført tirsdag 3. februar 2009 kl 11:40. Det første døgnet var det overskyet, men med en vegbanetemperatur på $>+2$ °C, vegbanen var dette døgnet knusk tørt. 4. februar begynte det å snø kl 0930 (ca. 21 timer etter tiltak). Det snødde 2,3 mm på 4 timer, som ga en nedbørsintensitet på ca 0,5 – 0,6 mm/t. Fra kl 0800 til 1600 onsdag 4. februar varierte lufttemperaturen fra $+1$ °C til -1 °C, og vegbanetemperaturen mellom $+2$ °C til -2 °C.

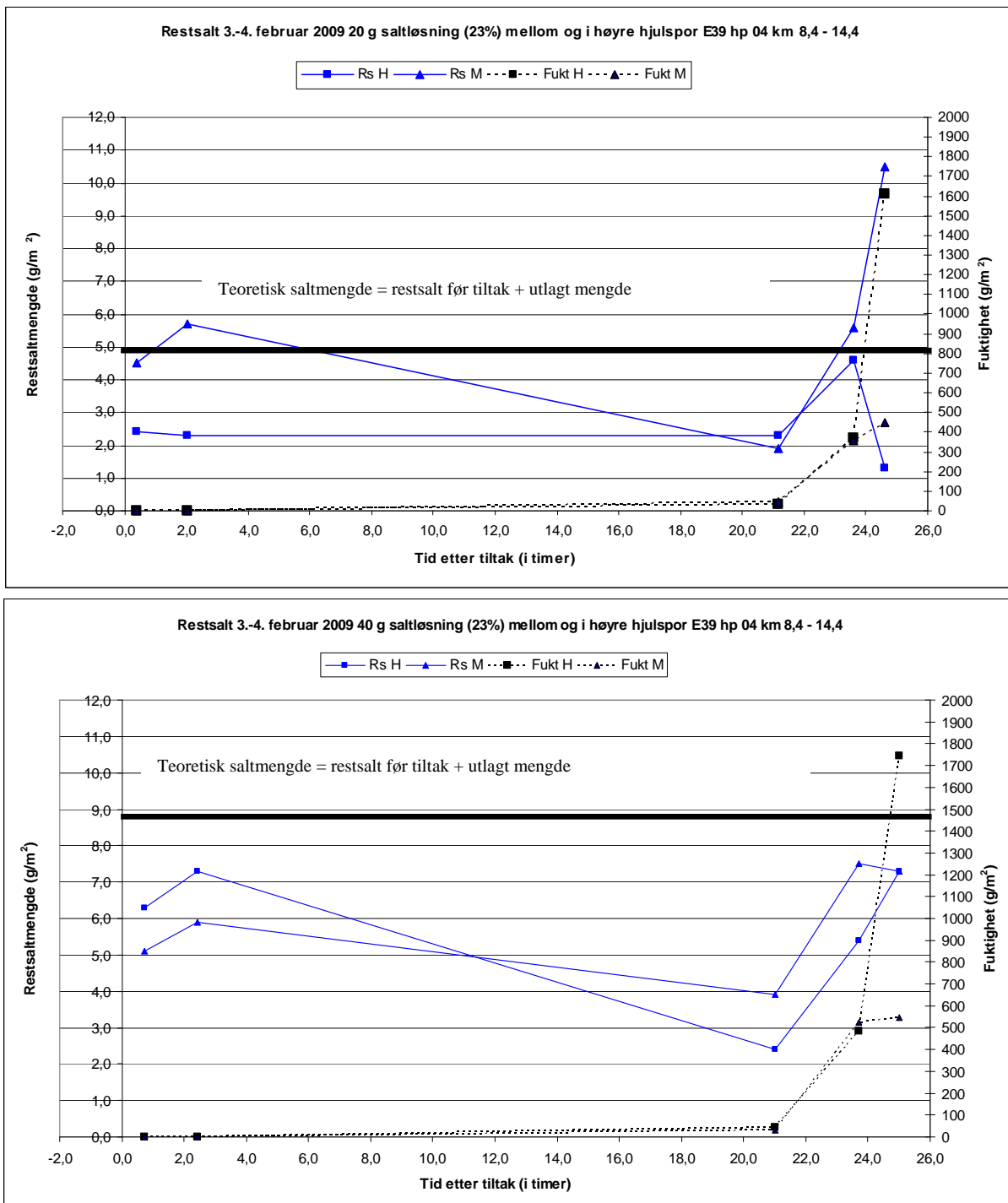
Strekning 1 ble saltet med 20 g saltløsning (23 vekt - % saltløsning) Strekning 2 ble saltet med 40 g saltløsning (23 vekt - %). Tilført saltmengde på strekning 1 er således ca. 5 g salt ($20 * 23$ %), mens det for strekning 2 ble tilført ca 9 gram salt ($40 * 23$ %). Spredbredden var 6 m, med ett venstredreid strøbilde. Det ble benyttet en Falköping CLC-647 Kombispreder. Saltløsningen ble spredt i en hastighet på ca. 40 km/t.

Før tiltak ble det ikke registrert restsalt i og mellom hjulspor. Det var knusk tørt på vegbanen, i disse situasjonene kan Sobo20 ha store problemer å detektere saltmengde, noe som gjør at de målte verdiene er noe usikre.



Figur 5-19: Bilder fra forsøk 5, under tiltak, 3 timer etter tiltak, 21 timer etter tiltak (begynner å snø) og 23 timer etter tiltak (snø).

5.6.2 Resultat



Figur 5-20: Forsøk 5 20 g saltløsning og 40 g saltløsning (23 %).

Figur 5-20 viser at vi har en jevn nedgang i restsaltmengde målt inntil ca 21 timer etter tiltak. Vegbanen var her så å si knusktørr. Her kan det synes som at jo mer av saltet som tørker inn og blir utkrystallisert, desto større problem har Sobo20 med å detektere saltet. Interessant er det derfor å se på når det begynner å snø at restsaltmengden øker drastisk både mellom og i høyre hjulspor opptil den restsaltmengden som ble registrert etter tiltak. Ett avvik på mellom hjulspor for 20 g saltløsningsstrekningen etter 24 timer er noe vanskelig å forklare.

Resultatene stemmer godt overens med modellering i Figur 3-2, (Ericsson 1995). I det saltløsningen igjen går i løsning har vi 85-95 % av saltet tilgjengelig på vegbanen. Resultatene bygger således opp under teorier og tidligere resultater, om at saltløsning er en meget godt preventivt tiltak som vil gjøre at store deler av saltet ligger på vegen helt fram til man får nedbør eller avsetning av fukt. Når det gjelder bruk av befuktet salt eller tørt salt på en tørr veg viser tidligere resultater (Svanekil 2007) og (Ericsson 1995) at man i størrelsesorden har 10 – 20 % av saltet tilgjengelig i en senere fase da det er behov for saltet.

5.7 Diskusjon

I diskusjonsdelen velges det å fokuseres på hjulsporene, som er det området det er kritisk om det blir glatt.

5.7.1 Forsøk 1

I forsøk 1 har vi en meget våt vegbane i det vi sprer tørt salt og varmbefuktet slurry. Med fuktighet fra 300 g/m² til hele 1400 g/m² ser vi at det ikke er noe restsalt igjen på vegbanen allerede etter 2 timer. Det var bløtt når tiltaket ble gjennomført, men det kom også en god del nedbør under forsøkets gang. Dersom man skal gjennomføre preventiv salting på såpass bløte forhold vil det være hensiktsmessig å prøve å få fjernet fuktigheten før saltet spredes, hvis ikke er tiltaket bortkastet. Ved så våte forhold er det essensielle at saltet uavhengig av spredemetode vil bli transportert ut av vegbanen meget raskt.

5.7.2 Forsøk 2

I forsøk 2 har vi en våt vegbane. Under forsøket blir det tilført ca 1 mm med nedbør og vi registrerer fuktighet på vegbanen mellom 150 – 400 g/m². Vi sprer 15 g/m² med tørt salt og 11 + 5 g/m² (det tilsettes 12 g/m² med salt) med befuktet salt. I starten måler vi like mengder med tørt salt og befuktet salt, men etter 4 timer måler vi større mengde med tørt salt enn befuktet salt.

Det er ikke mulig å komme med bastante konklusjoner om hvilken spredemetode som er mest effektiv i forsøk 2.

5.7.3 Forsøk 3

I forsøk 3 har vi en relativt tørr vegbane med fuktighet <150 g/m² under hele forsøkets gang. Restsaltmengden før tiltak var på 4 g på saltløsningsstrekningen både i mellom hjulspor og i høyre hjulspor, denne er henholdsvis 2 g (høyre hjulspor) og 1 g (mellom hjulspor) for befuktet salt. Vi tilfører strekningen 40 g med 20 % saltløsning, teoretisk sett skal vi da ha 12 g med salt på strekningen med saltløsningen. I hjulspor måler vi verdier like etter tiltak på 14 g, mens det etter 26 timer fortsatt er 4 g med salt igjen. Området med befuktet salt har før tiltak 2 g med salt, vi tilsetter 14,4 g med salt, teoretisk sett skal vi da ha 16,4 g med salt på strekningen. Vi måler en verdi på 11 g kort tid etter tiltak, og etter 26 timer har vi fortsatt 4 g med restsalt igjen.

Det kan synes som at vi i forsøk 3 har ett større initialtap med befuktet salt enn med saltløsning og at vi derfor kan redusere saltbruken betraktelig under fuktige, tørre forhold ved å bruke saltløsning i stedet for befuktet salt.

5.7.4 Forsøk 4

I forsøk 4 er det registrert unormalt høye restsaltmengder for strekningen saltet med saltløsning. Det finnes ingen andre gode forklaringer på dette enn at det har blitt spredt mer salt på strekningen enn det vi trodde. Forsøket viser dog at begge metoder har en lang varighet når fuktigheten er $<100 \text{ g/m}^2$.

5.7.5 Forsøk 5

I forsøk 5 er det registrert en knust tørr veg i 21 timer, tiltak med 20 g og 40 g saltløsning ligger på vegen helt fram til nedbør registreres. Resultatene viser at 85-95 % av saltet man sprer er tilgjengelig på vegen hele 21 timer etter tiltak. Resultatene bygger således opp under teorier og tidligere resultater, om at saltløsning egner seg meget godt som preventivt tiltak og vil gjøre at store deler av saltet ligger på vegen helt fram til man får nedbør eller avsetning av fukt. Når det gjelder bruk av befuktet salt eller tørt salt på en tørr veg viser tidligere resultater (Svanekil 2007) og (Ericsson 1995) at man i størrelsesorden har 10 – 20 % av saltet tilgjengelig i en senere fase da det er behov for saltet.

Bruk av saltløsning som preventivt tiltak er eneste reelle metode på tørr veg dersom man ønsker salttiltak som reduserer saltbruken, men opprettholder framkommelig og trafikk sikkerhet.

6 Konklusjoner

- Fuktigheten på vegbanen (nedbør) er den mest avgjørende faktoren for hvor lenge ett salttiltak varer. Dersom det er bløtt vil spredemetode i mindre grad være avgjørende for ett salttiltaks varighet. Det er derfor essensielt å få fjernet mest mulig fuktighet (vann, snø, slaps) før salt blir tilført vegoverflaten. Økt mekanisk fjerning før salttiltak er det tiltaket med mest potensial for å redusere saltbruket og få en enda bedre framkommelighet på vegnettet.
- Bruk av saltløsning som preventivt tiltak er eneste reelle metode dersom man ønsker salttiltak som reduserer saltbruken, men opprettholder framkommelighet og trafiksikkerhet. Her er potensialet for besparing av saltmengde minimum 30-70 % i forhold til bruk av tørt salt, befuktet salt eller slurry.
- Under tørre, fuktige forhold er saltløsning en god metode for å bevare mest mulig av saltet på vegbanen.
- Bruk av saltløsning som preventivt tiltak på en tørr veg vil føre til at 85-95 % av saltet er tilgjengelig i lang tid etter tiltak (dokumentert 22 timer under forsøk 5). Bruk av befuktet salt eller tørt salt på en tørr veg viser at man har kun 10-20 % salt tilgjengelig allerede 15 minutter etter tiltak.
- Forskjellene mellom bruk av saltløsning og befuktet salt eller tørt salt på en fuktig veg viser mindre forskjeller, men saltløsning vil også her gi en lenger levetid (restsalt på vegen) av tiltaket med en mindre bruk av salt.
- Resultatene fra feltforsøkene stemmer godt overens med tidligere undersøkelser, Svanekil (2007), Ericsson (1995).
- Det er behov for å utvikle en restsaltmåler som fungerer bedre under tørre forhold og i den fasen der saltet tørker inn og blir utkrystallisert.
- Forsøkene viser hvor vanskelig FOU innenfor salting kan være. Med enormt mange parametere som varierer (temperaturer, vindforhold, værforhold, føreforhold, trafikkforhold, vegdekke, topografi, mm) er feltforsøk med tett oppfølging den eneste holdbare måten å undersøke hvilken spredemetode som er mest effektiv (bevarer mest salt på vegen) under ulike vær - og føreforhold.

7 Videre arbeid

Vinteren 2009/2010 legges det opp til å videreføre prosjektet i Egersund, med fortsatt fokus på preventiv salting. Det er ønskelig å flytte prøvestrekningen til ett typisk problemområde i Dalane – kontrakten, nemlig Runarskar. Hvorfor det?

Det skal anskaffes en slurry-kværn på den kombinasjonssprederen som er benyttet mest under feltforsøkene, i tillegg vil det være ønskelig å anskaffe både steinsalt 0,2-3,2 mm, sjøsalt 0-8 mm, samt i tillegg vakuumsalt. Dette for å eventuelt se om vi kan registrere noen forskjeller på disse ulike "salttypene", og eventuelt kunne vurdere om hva som er optimalt tilslag for NaCl.

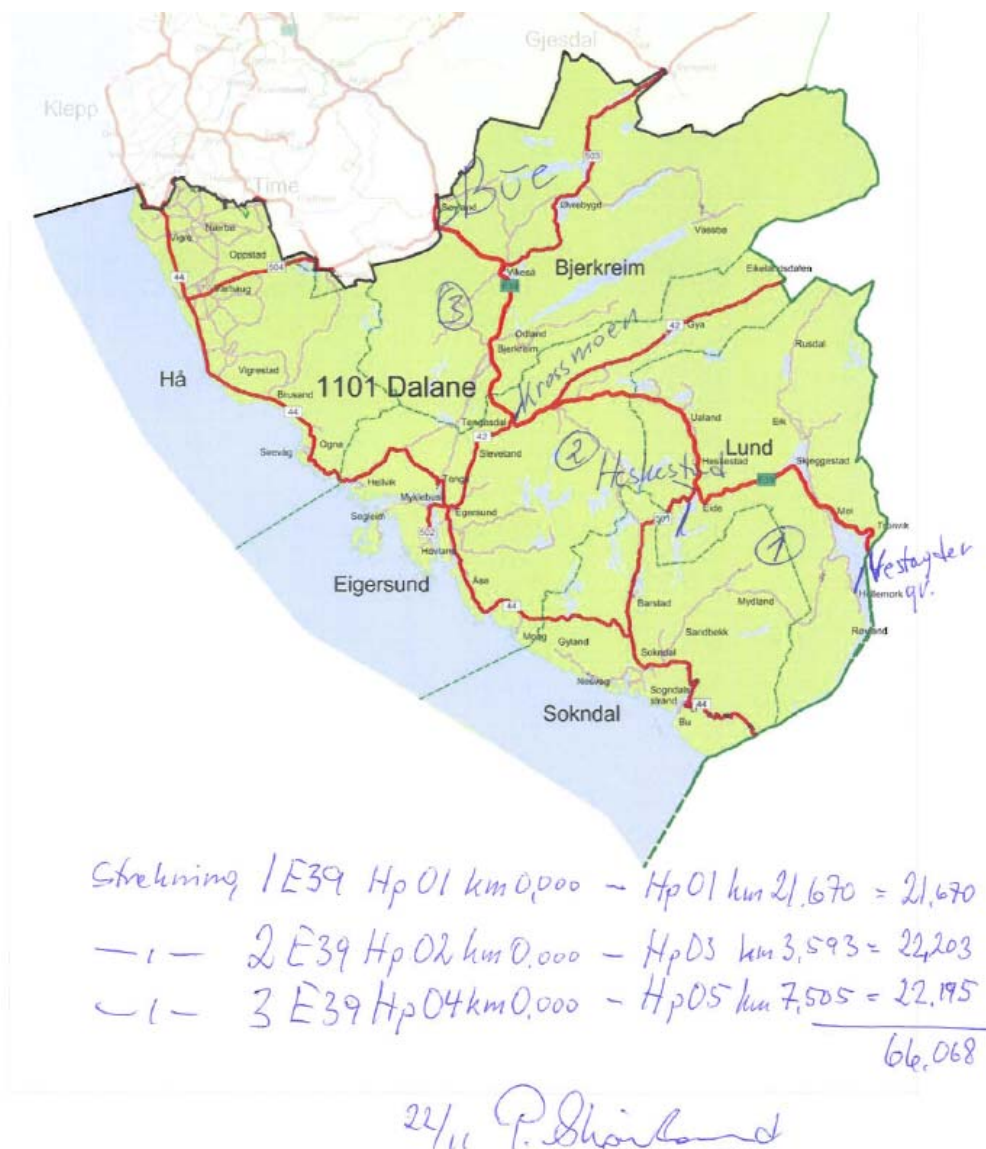
Hypotesen i forhold til kornstørrelse er at jo finere kornstørrelse du har, desto lenger vil saltet ligge på veggen.

Med ligge på veggen menes det to forhold:

1. Dersom det er såpass tørt at saltet ikke løses opp (salt trenger ca 3 ganger så mye fuktighet for å løse seg opp), det vil si i de situasjonene det er relativt tørt på veggen, er hypotesen at det er mer fornuftig med små korn, dette fordi det vil være flere korn per gram salt på veggen når disse er spredt. Tanken er at flere små korn vil bli liggende på veggen, enn det er tilfelle ved store korn.
2. Små korn går i raskere oppløsning enn store korn (Mullin 2001), salt som er oppløst ligger lengre og bedre på veggen enn uoppløst salt.

Det er behov for dokumentasjon rundt disse forholdene, i tillegg vil det videre bli lagt fokus på å bruke saltløsning under de fleste forhold.

Når det gjelder optimal siktekurve eller optimalt tilslag så har ikke det blitt vurdert i dette prosjektet vinteren 2008/2009. Ett mål for aktiviteten i 2009/2010 er å dokumentere hvilken salttype (sjøsalt, steinsalt, vakumsalt) og siktekurve som er det optimale å bruke. Dette for å prøve å finne hvilken salttype og/eller kornfordeling som har minst tap under utlegging og som blir liggende på veggen under påvirkning av trafikken.



Figur 7-1: Rodeinndeling med ulike spredemetoder for salt 1101 Dalane.

Det deles inn i tre roder, som dersom forholdene ligger til rette for det blir spredt med følgende metoder:

Rode 1: Varmbefuktet salt (70/30)

Rode 2: Befuktet salt (70/30 med løsning)

Rode 3: Saltløsning (+ slapsekaren dersom det er forhold til rette for dette)

På rode 3 der Ramsland og sønner har ansvaret for strøing og brøyting er det innført følgende instruks:

Instruks for Ramsland og sønner og slapsekaren:

Saltløsning skal benyttes når det er forhold for dette! Det vil si;

Tørre forhold 20 g/m²

Fuktig veg 20 g/m² dette gjelder for temperaturer ned til -5 °C ved temperaturer under dette brukes det 30 g/m²

Under snøvær skal saltmengde varieres på bakgrunn av nedbørsintensitet, kosteresultat, temperatur og vanskelige områder som for eksempel Runarskar, her skal det benyttet 30-40 gram/m², med slapsekaren bør det under tett snøvær brukes opp til 60-80 g/m², med ved moderate mengder eller slaps 30-40 g/m².

Vinteren 2009/2010 skal det fokuseres mer på datainnsamling og at skjemaer fra sjåfører blir fulgt, i tillegg skal og må alt av klimadata bli tilgjengelig i en lesbar form.

I tillegg vil det i to andre kontakter bli gjennomført feltforsøk, med fokus på fjerning av snø/slaps og fuktighet før spredning av saltløsning. Dette er kontakt 1502 Sunnmøre og kontrakt 0402 Sør- Østerdalen.

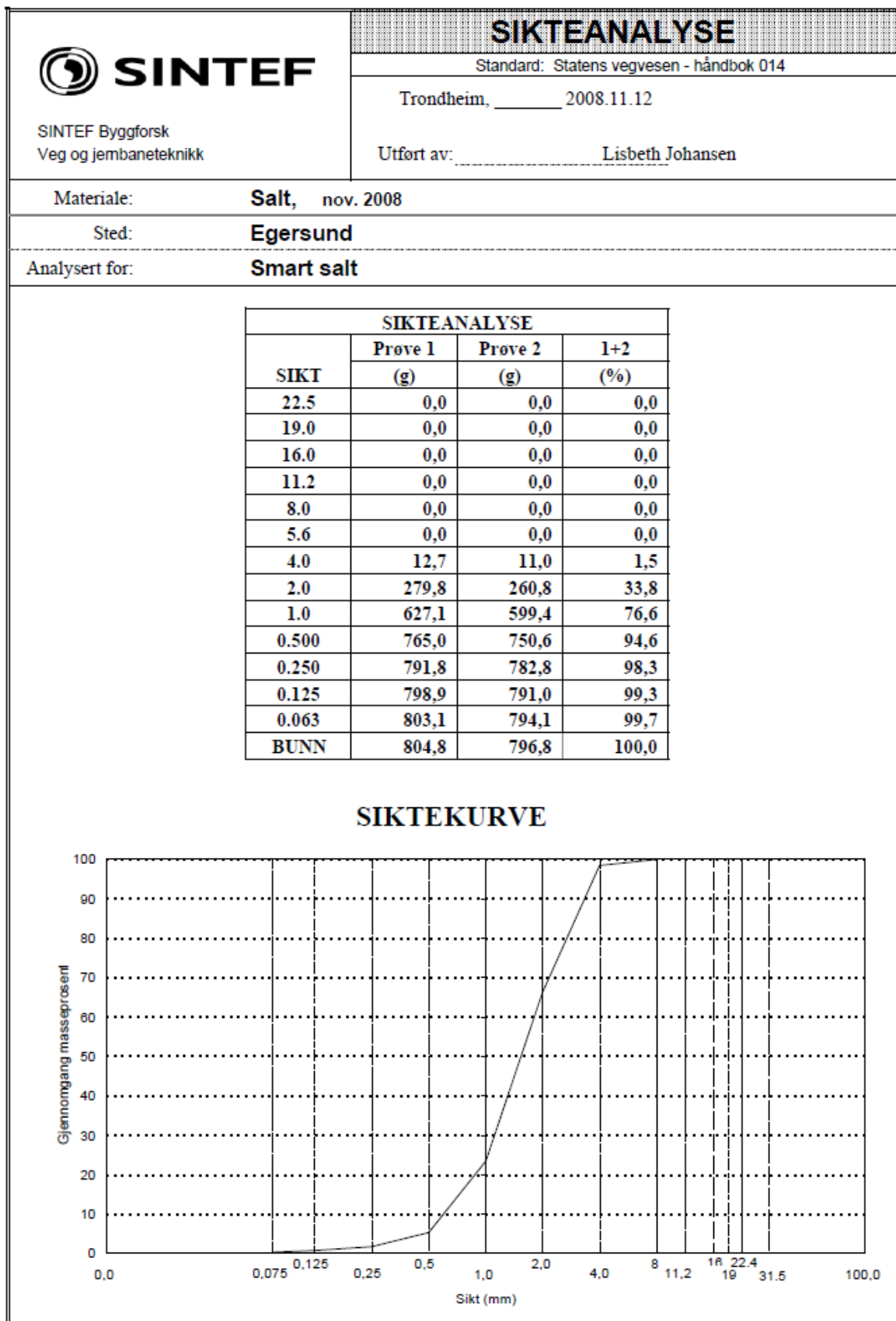
8 Referanseliste

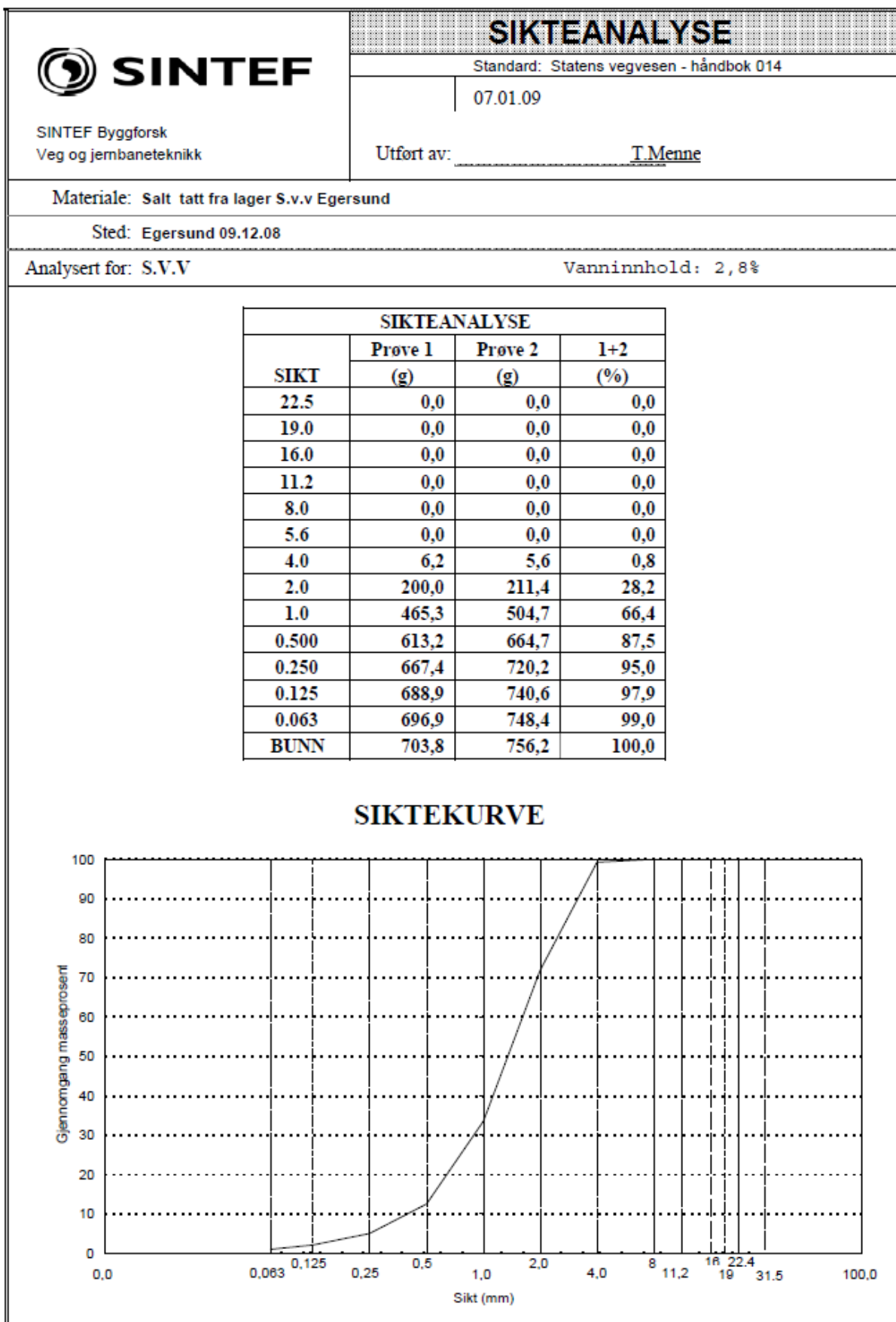
NTNU (2008); <i>Forenklet brukerveiledning for Radar449 og Traffic6</i> , ukjent forfatter. Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet 2008.
Svanekil A (2007); <i>Forsøk med varmbefuktet salt for å bedre friksjonen på vinterveger</i> , masteroppgave NTNU våren 2007, Anders Svanekil
Vaa T(2005:1), <i>Salt befuktet med varmt vann. Forsøk sesongen 2004/2005</i> , Torgeir Vaa, SINTEF Teknologi og samfunn, desember 2005.
Vaa T(2005:2), <i>Forsøk med befuktning med magnesiumkloridløsning på Gjøvik / Toten. Sesongen 2004/2005</i> , SINTEF Teknologi og samfunn, desember 2005.
Vinterudvalget (2003), <i>Rapport om Restsaltmåleren SOBO 20</i> , Vinterudvalget, oktober 2003.
NVDB (2009); <i>Bruk av nasjonal vegdatabank våren 2009</i> ,
Ericsson (1995), <i>Prosjekt Restsalt – En sammanfattning av kunnskapsläget</i> , Bergab, Vägverket. Borlänge, 1995.
Mullin (2001), <i>Crystallization- fourth edition</i> . J.W Mullin, Emeritus Professor of Chemical Engineering, University of London.
SVV (2009), <i>Drift og vedlikeholds kontrakt med funksjonsansvar. Mal for kontrakter med utlysning høsten 2008 og oppstart 1. september 2009</i> , Statens vegvesen 2008, Vegdirektoratet.
Klein-Paste (2008), <i>SaltSMART – Reduksjon av saltforbruk ved bruk av tilsetningsstoffer – Feltforsøk vinter 2007/2008</i> . Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Tek-T.
Lysbakken og Norem (2008), <i>The Amount of Salt on Road Surfaces after Salt Application – a Discussion of Mechanisms and Parameters</i> , Transportation Research Board pp 85-101, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.


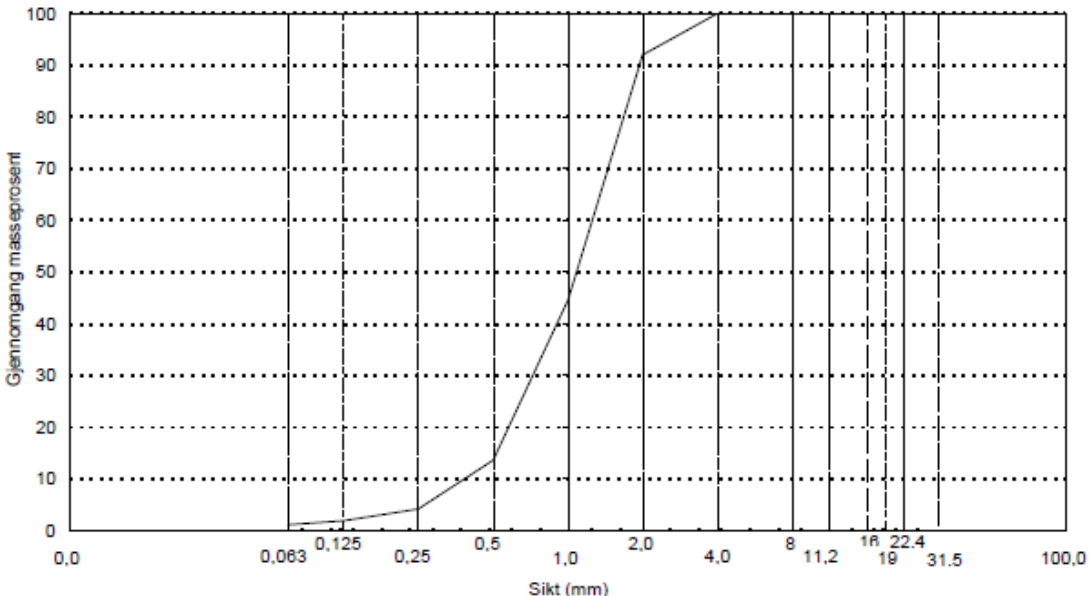
9 Vedlegg

<u>9</u>	<u>Vedlegg</u>	41
<u>9.1</u>	<u>Siktekurver</u>	42
<u>9.2</u>	<u>Produktblad</u>	45
<u>9.3</u>	<u>Varslingsplan</u>	46
<u>9.4</u>	<u>ÅDT for prøvestrekning</u>	47

9.1 Siktekurver





 SINTEF SINTEF Byggeforsk Veg og jernbaneteknikk	SIKTEANALYSE																																																																					
	Standard: Statens vegvesen - håndbok 014																																																																					
	07.01.09																																																																					
	Utført av: <u>T.Menne</u>																																																																					
Materiale: Salt Kvernet (etter kvern på bil)																																																																						
Sted: Egersund 09.12.08																																																																						
Analysert for: S.V.V		Vanninnhold: 6%																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">SIKTEANALYSE</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">SIKT</th> <th>Prove 1</th> <th>Prove 2</th> <th>1+2</th> </tr> <tr> <th>(g)</th> <th>(g)</th> <th>(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>22.5</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>19.0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>16.0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>11.2</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>8.0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>5.6</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>4.0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>46,9</td><td>63,1</td><td>8,0</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>340,4</td><td>419,4</td><td>55,4</td></tr> <tr><td>0.500</td><td>536,0</td><td>648,5</td><td>86,4</td></tr> <tr><td>0.250</td><td>596,6</td><td>717,5</td><td>95,8</td></tr> <tr><td>0.125</td><td>611,8</td><td>734,1</td><td>98,2</td></tr> <tr><td>0.063</td><td>617,0</td><td>739,7</td><td>98,9</td></tr> <tr><td>BUNN</td><td>623,5</td><td>747,7</td><td>100,0</td></tr> </tbody> </table>				SIKTEANALYSE				SIKT	Prove 1	Prove 2	1+2	(g)	(g)	(%)	22.5	0,0	0,0	0,0	19.0	0,0	0,0	0,0	16.0	0,0	0,0	0,0	11.2	0,0	0,0	0,0	8.0	0,0	0,0	0,0	5.6	0,0	0,0	0,0	4.0	0,0	0,0	0,0	2.0	46,9	63,1	8,0	1.0	340,4	419,4	55,4	0.500	536,0	648,5	86,4	0.250	596,6	717,5	95,8	0.125	611,8	734,1	98,2	0.063	617,0	739,7	98,9	BUNN	623,5	747,7	100,0
SIKTEANALYSE																																																																						
SIKT	Prove 1	Prove 2	1+2																																																																			
	(g)	(g)	(%)																																																																			
22.5	0,0	0,0	0,0																																																																			
19.0	0,0	0,0	0,0																																																																			
16.0	0,0	0,0	0,0																																																																			
11.2	0,0	0,0	0,0																																																																			
8.0	0,0	0,0	0,0																																																																			
5.6	0,0	0,0	0,0																																																																			
4.0	0,0	0,0	0,0																																																																			
2.0	46,9	63,1	8,0																																																																			
1.0	340,4	419,4	55,4																																																																			
0.500	536,0	648,5	86,4																																																																			
0.250	596,6	717,5	95,8																																																																			
0.125	611,8	734,1	98,2																																																																			
0.063	617,0	739,7	98,9																																																																			
BUNN	623,5	747,7	100,0																																																																			
SIKTEKURVE																																																																						
																																																																						

9.2 Produktblad

Under feltforsøkene i Dalane kontrakten er følgende salt blitt benyttet:

PRODUCT DATA SHEET

Version: Isbryter'n 070102




Isbryter'n 3,2-0,2 mm












Published:	2. January 2007/KSH			
Product:	Isbryter'n 3,2-0,2 mm			
Quality:	Sodiumchloride (dried)			
Use:	De-icing			
Characteristic:	Saltet setter hurtig i gang tineprosessen på is og snø. Produktet er klart til bruk, selv etter utelagring i kuldegrader (forutseter at det er skjermet for fuktighet).			
Chemical Analysis:	NaCl (dried)	98,5 %		
	Ca+Mg	0,30 %		
	SO ₄	0,70 %		
	H ₂ O-insoluble	0,15 %		
			Anti-caking-agent:	
			E535	70-100 mg/kg
Granulometry:	< 5,0 mm	100,00 %		
	< 3,15 mm	95 ± 2 %		
	< 1,6 mm	55 ± 15 %		
	< 0,80 mm	25 ± 15 %		
	< 0,16 mm	4 ± 1 %		
Physical Properties:	Boiling point :	1461° C	Bulketthet:	1 050-1 250 kg/m ³
	Smeltepunkt:	801° C	Oppløselig i vann	359g/l (20° C)
	Tetthet:	2,1615g/cm ³	Color:	White, some grey/back by-mineral
Codex:	EAN 1:			
	EC-NR:	231-598-3		
	CAS NR:	7647-14-5		
	EPD (KK)			
	NKL:			
Emballasje:	Enhet: sekk	25 kg eller 1 000 kg		
	Pall: Euro	42 stk		
Referanse:	lesco - european salt company GmbH & Co.KG, Germany/ Vesion 1.8 Printing 8.11.2005			
Lagring:	Lagres tørt og temperert.			

Ved spørsmål, kontakt: GC Rieber Salt AS, Tlf.: 23 03 50 90, Fax: 22 19 77 07, e-Mail: salt.oslo@gcrieber.no

Tilhørende HMS Datablad: HMS datablad Isbryter'n - 060410

9.3 Varlingsplan

 Statens vegvesen							
Plan for varslings og sikring av vegarbeide							
Plan nr.:				Vedtaks nr.:			
Veg nr.:		E39		fra Hp/km:		4/7,778	
				til Hp/km:		4/13,831	
Strekning: Bjerkreim - Vikeså				Sted: Bjerkreim			
Arbeid som skal utføres: Prøvefelt Salt smart.							
Ansvarshavende: Kurt Sigvald Grøsfjeld				Tlf.: 40645035			
Start				Slutt			
Dato	9	mars	2009	Kl.:	0700	Dato:	13
							1500

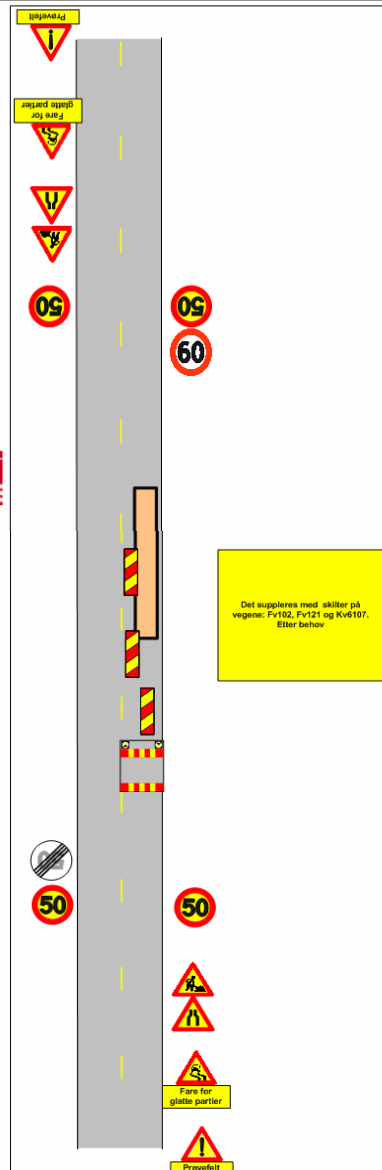
Varslingsmaterieill:	
	Skilt nr.: 110 Ant.: Etter behov
	106,1 etter behov
	156 Etter behov
	808 Etter behov
	Varselpanel 1
	362-50 Etter behov
	362.6 1
	364-50 1
	116 Etter behov
	808 Etter behov
	906 Etter behov

Merknader:
1. Underskrevet plan er vedtak med hjemmel i skiltforskriftens §29 og §30. Særskilt vedtak for trafikkregulerende tiltak skal vedlegges.
2. Strekket på E39 er 6km langt. Det skal suppleres med skilt ut fra alle kryss.
3. LOGGBOK FØRES.

Blankettfordeling:
<input type="checkbox"/> Distriktsvegkontoret
<input type="checkbox"/> Entreprenør
<input type="checkbox"/> Ansvarshavende
<input type="checkbox"/> Politiet
<input type="checkbox"/> _____

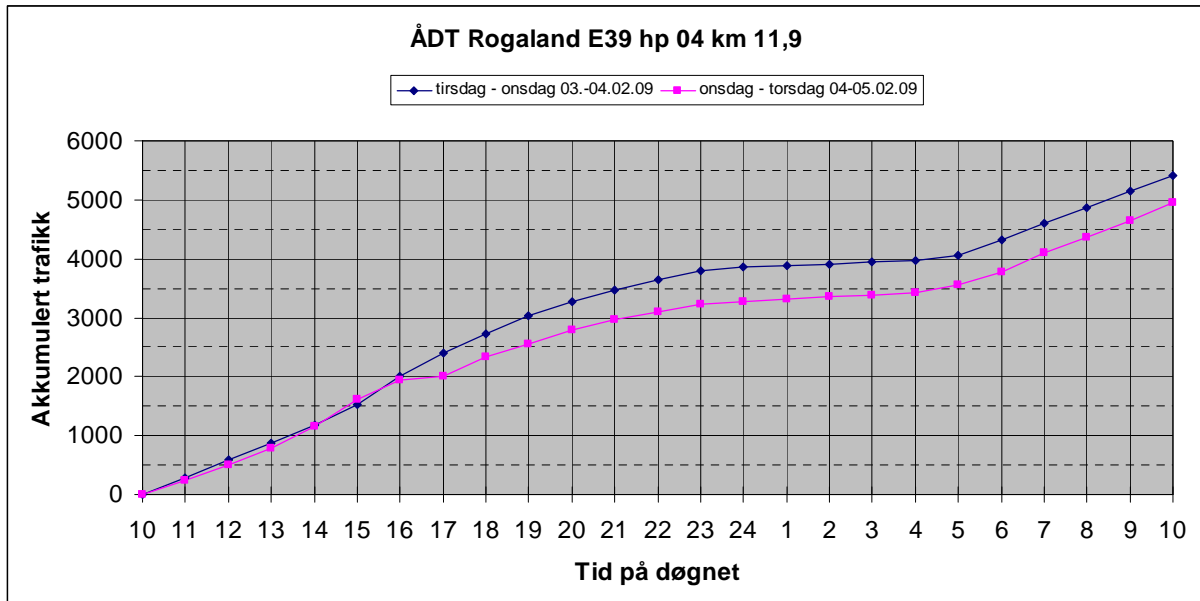
Sted/dato

Sign. (etter fullmakt)



Det suppleres med skilt på vegene: Fv102, Fv121 og Kv4107. Etter behov

9.4 ÅDT for prøvestrekning





Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005