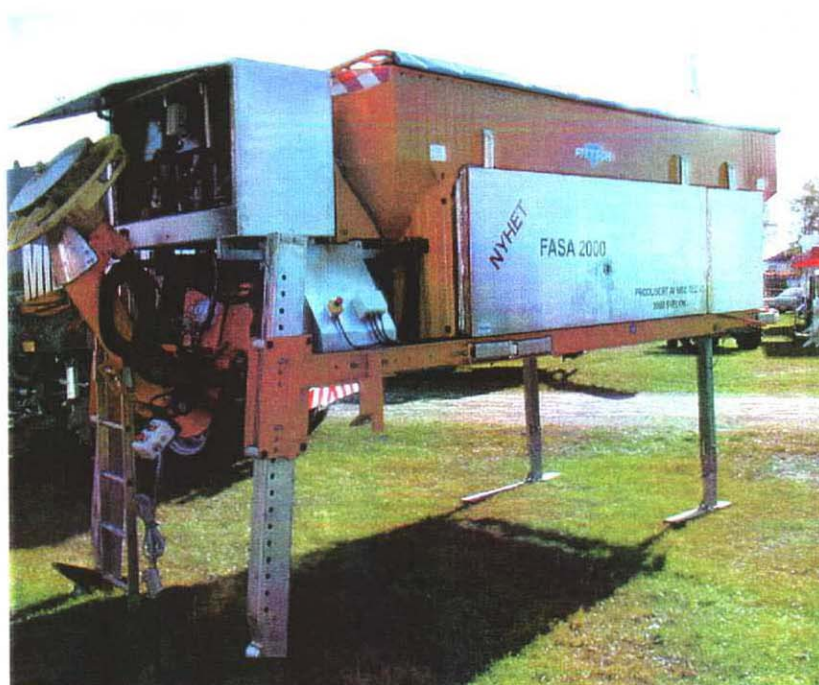


Rapport nr. 108

Vinterfriksjonsprosjektet – resultater fra sandingsforsøk sesongen 1999/2000



November 2000



Laboratorieserien, rapport nr. 108

Vinterfriksjonsprosjektet – resultater fra sandingsforsøk sesongen 1999/2000

Sammendrag

I denne rapporten presenteres hovedresultatene fra de vitenskapelige forsøkene som er gjennomført som en del av Vinterfriksjonsprosjektet sesongen 1999/2000. På bakgrunn av de anbefalingene som ble gitt etter testingen av nye sandingsmetoder forrige vinter, ble det for sesongen 1999/2000 besluttet å gjøre ytterligere forsøk med den varmsandmetoden som kom best ut av testene vinteren 1998/99. Dvs våtsandmetoden som er basert på bruk av etterhengende spreder og tilsetning av varmt vann til strøsand.

Med bakgrunn i anbefalinger om videre satsing på våtsandmetoden, tok Vegdirektoratet sammen med vegkontorene i Hedmark, Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag et initiativ for å få bygd opp 2 norske strøbiler basert på våtsandprinsippet med tilsetning av varmt vann. En viktig føring for arbeidet med de nye strøbilene var å ta hensyn til de svakhetene som ble påpekt ut fra erfaringene med bruk av den svenske prototypen (Friction Maker).

Den primære hensikten med forsøkene sesongen 1999/2000 har vært å teste ut de nye strøbilene opp mot den svenske prototypen. Under diskusjonene rundt utviklingen av nye sandingsmetoder har det vært stilt spørsmål om det er mulig å benytte tallerkenspreder i stedet for etterhengende spreder, og også til betydningen av vanntemperaturen for å oppnå den ønskede effekten på vegen. Dette er bakgrunnen for at det er foretatt tester med tallerkenspreder både med varmt og kaldt vann, samt temperert masse (oppvarming av grusen ved bruk av eksosen).

Forsøkene som er gjennomført bekrefter resultatene fra forrige sesong. Det er oppnådd meget gode resultater også med de norske bilene, og tallerkenspreder med tilsetning av varmt vann ser ut til å være et godt alternativ til tilsvarende løsning med etterhengende spreder.

Selv om det ikke er dokumentert avgjørende ulemper som begrenser bruken av varmbefuktet sand, er det fortsatt et behov for å videreutvikle metoden og ikke minst skaffe seg mer erfaringer med metoden i praktisk bruk. Det bør gjennomføres ytterligere sandingsforsøk med vekt på vannmengde, vanntemperatur, dosering og strøbredde. Tallerken blir et viktig forsøksobjekt i forhold til strøbredde og langtidsvirkning.

Emneord: *Vinterdrift, sandingsmetoder, friksjon*

Kontor: *Produksjonsteknisk*

Saksbehandler: *Jon Dahlen/Roar Støtterud*

Statens vegvesen
Vegteknisk

Rapporten kan fås ved henvendelse til Vegteknisk avdeling, Arkivet:
Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo Telefon: 22 07 35 00 Telefax: 22 07 32 65



**SINTEF Bygg og miljøteknikk
Samferdsel**

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

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Vinterfriksjonsprosjektet - resultater fra sandingsforsøk
sesongen 1999/2000**

FORFATTER(E)

Torgeir Vaa

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen Vegdirektoratet, Produksjonsteknisk kontor

RAPPORTNR. STF22 00566	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Roar Støtterud	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-01781-5	PROSJEKTNR. 22j151.01	ANTALL SIDER OG BILAG 76 + 4 sider vedlegg
ELEKTRONISK ARKIVKODE T:\22j151\VR_sand_2000	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Torgeir Vaa	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Terje Giæver <i>Terje Giæver</i>	
ARKIVKODE	DATO Oktober 2000	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Tore Knudsen <i>Tore Knudsen</i>	

SAMMENDRAG

Målsettingen med Vinterfriksjonsprosjektet er å finne frem til hvilke friksjonstiltak og metoder som bør benyttes under gitte forhold (hensyn tatt til stedlige, trafikkmessige og klimatiske forhold). Prosjektet er driftsorientert, og målet er å komme frem til praktisk anvendelige metoder og anbefalinger. Særlig viktig er det å finne ut mer om hvordan trafikkvolumet og trafikkvariasjonen over døgnet spiller inn når det gjelder effekten av tiltak.

Prosjektet omfatter alle former for friksjonsforbedrende tiltak, og målsettingen er også å se ulike tiltak i sammenheng. Dvs at en behandler både salting, sanding og brøyting/høvling.

Både sesongen 1998/99 og 1999/2000 har forsøk med nye sandingsmetoder vært prioritert. I denne rapporten presenteres hovedresultatene fra de vitenskapelige forsøkene som er gjennomført som en del av Vinterfriksjonsprosjektet sesongen 1999/2000. Det er foretatt uttesting av 2 nye norske prototyper for tilsetning av varmt vann som er sammenlignet med andre enheter for befuktet sand og tradisjonell sanding med tørr sand.

Selv om det gjenstår en del uttesting, er den nye sandingsmetoden nå så mye utprøvd at en faktisk kan si metoden vil egne seg under alle forhold hvor det er aktuelt å strø med sand. I mange situasjoner vil varmbefuktet sand (Fastsand) også være betydelig mer effektiv enn tradisjonell strøing med tørr sand.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Samferdsel	Transport
GRUPPE 2	Veg	Road
EGENVALGTE	Vinterdrift	Winter Maintenance
	Sanding	Gritting
	Friksjon	Friction

Innholdsfortegnelse

Innhold	i
Sammendrag	iii
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Hensikten med prosjektet	1
1.3 Feltforsøk	1
1.3.1 Generelt om feltforsøk	1
1.3.2 Forsøk sesongen 1998/99	1
1.3.3 Rapportering av forsøk sesongen 1999/2000	1
2 Forsøksopplegg sesongen 1999/2000	2
2.1 Bakgrunn	2
2.2 Hensikten med forsøkene	2
2.3 Oversikt over gjennomførte forsøk og beskrivelse av testområdene	3
2.4 Utstyr og metoder som er testet ut	3
2.4.1 Svensk prototype	3
2.4.2 Norske våtsandspredere med tilsetning av varmt vann	4
2.4.3 Spreader for strøing av temperert masse	5
2.4.4 Spreader for tilsetning av kaldt vann	5
2.4.5 Spredere for utlegging av tørr sand	6
2.5 Materialkvaliteter	6
2.6 Strøbiler	7
3 Forsøksgjennomføring	8
3.1 Generelt	8
3.2 Forsøksstrekninger	8
3.3 Etablering av forsøksstrekninger og forsøksbetingelser	11
3.4 Oppfølgingsrutiner	13
3.4.1 Klimadata	13
3.4.2 Trafikk	13
3.4.3 Friksjon	14
3.4.4 Bilder	14
4 Resultater	15
4.1 Generelt	15
4.2 Funksjonalitet	15
4.3 Analysegrunnlag	21
4.4 Beskrivende analyse (gjennomsnitt)	22
4.4.1 Generelt	22
4.4.2 Føreforholdenes betydning	22
4.4.3 Sammenligning mellom ulike metoder	25
4.4.4 Oppnådde effekter med norske spredere for varmbefuktet sand	25
4.4.5 Vanntemperaturens betydning for effekten av våtsandmetoden	27
4.4.6 Langtidseffekter og føreforholdenes innvirkning	27
4.4.7 Materialkvaliteter	30
4.4.8 Massehåndtering	32
4.5 Flerfaktoranalyse	33
4.5.1 Forhold som virker inn på friksjonsnivået etter tiltak på snø og is alle metoder sett under ett	33

4.5.2	Forhold som virker inn på effekten av befuktet sand.....	35
4.5.3	Forhold som virker inn på effekten av tørr sand.....	39
4.6	Oppsummering av resultatene fra sandingsforsøkene sesongen 1999/2000.....	40
5	Anbefalinger.....	42
5.1	Hovedkonklusjoner.....	42
5.2	Utstyr	42
5.3	Strømetode	43
5.3.1	Varmbefuktet sand	43
5.3.2	Tradisjonell sanding med tørre materialer.....	43
5.4	Grusmaterialer	44
5.4.1	Varmbefuktet sand	44
5.4.2	Tradisjonell sanding med tørre materialer.....	44
5.5	Anvendelsesområder for varmbefuktet sand.....	44
6	Resultater fra de enkelte forsøkene.....	46
6.1	Generelt	46
6.2	Forsøk på E6 v/ Øyer, 23. november.....	46
6.2.1	Forsøksbetingelser.....	46
6.2.2	Metoder.....	46
6.2.3	Resultater	46
6.3	Forsøk på E136 v/ Lesja, 11. - 14. januar.....	48
6.3.1	Forsøksbetingelser.....	48
6.3.2	Materialer.....	48
6.3.3	Metoder/strøbiler.....	49
6.3.4	Resultater	49
6.4	Forsøk på E136 v/ Lesja, 8. - 11. februar.....	55
6.4.1	Forsøksbetingelser.....	55
6.4.2	Materialer.....	55
6.4.3	Metoder/strøbiler.....	55
6.4.4	Resultater	55
6.5	Forsøk på E6 og Rv 30 v/ Støren, 16. - 18. februar.....	61
6.5.1	Forsøksbetingelser.....	61
6.5.2	Materialer.....	61
6.5.3	Metoder/strøbiler.....	61
6.5.4	Resultater	61
6.6	Demonstrasjon på Norsk Trafikksenter, 23. februar	63
6.6.1	Forsøksbetingelser.....	63
6.6.2	Materialer.....	63
6.6.3	Metoder.....	63
6.6.4	Resultater	63
6.7	Forsøk på Rv 40 og Fv 120 v/ Geilo, 14. - 17. mars	65
6.7.1	Forsøksbetingelser.....	65
6.7.2	Materialer.....	65
6.7.3	Metoder/strøbiler.....	65
6.7.4	Øvrig maskinelt utstyr	65
6.7.5	Resultater	66
	Vedlegg 1: Oversikt over forsøkene som ligger til grunn for resultatene i kap 4.....	70

Sammendrag

Bakgrunn

I denne rapporten presenteres hovedresultatene fra de vitenskapelige forsøkene som er gjennomført som en del av Vinterfriksjonsprosjektet sesongen 1999/2000.

På bakgrunn av de anbefalingene som ble gitt etter testingen av nye sandingsmetoder forrige vinter, ble det for sesongen 1999/2000 besluttet å gjøre ytterligere forsøk med den varmsandmetoden som kom best ut av testene vinteren 1998/99. Dvs våtsandmetoden som er basert på bruk av etterhengende spreder og tilsetning av varmt vann til strøsand.

Utvikling av norske våtsandspreder

Med bakgrunn i anbefalinger om videre satsing på våtsandmetoden, ble det våren 1999 etablert et "spleiselag" mellom Hedmark, Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Vegdirektoratet for oppbygging av 2 norske strøbiler som er basert på våtsandprinsippet. En viktig føring for arbeidet med de nye strøbilene har vært å ta hensyn til de svakhetene som er blitt påpekt ut fra erfaringene med bruk av den svenske prototypen (Friction Maker).

Den ene norske enheten for tilsetning av varmt vann (enhet 1) er bygd opp på Hamar (Statens vegvesen). Strøbilen som benyttes er påmontert en vanlig tradisjonell tallerkenspreder og en etterhengende spreder. Det er montert et tanksystem med en isolert tank foran sandbeholderen. Vannet fylles ferdig oppvarmet med en temperatur på 95^o C. Temperaturen på tanken på bilen holdes oppe ved hjelp av en vedlikeholdsvarmer. Til forhåndsoppvarming av vann er det bygd opp en egen tank hvor oppvarmingen skjer ved bruk av to dieselmotoren. Denne tanken må anses som relativt stasjonær, men kan flyttes også i fylt tilstand f eks på en henger.

Den andre norske enheten for tilsetning av varmt vann (enhet 2) er bygd opp av firmaet Mec Tec AS i Svelvik. Denne strøbilen er også påmontert en vanlig tradisjonell tallerkenspreder og en etterhengende spreder. Hovedforskjellen mellom de to enhetene er at enhet 2 har en dieselmotor påmontert for oppvarming av vannet under transport.

De norske våtsandsprederne er i prinsippet bygd opp på samme måten som våtsandbilen i Oppland som ble anskaffet til sesongen 1998/99. Dvs at varmt vann fordeles via et dyserør som sitter like over utleggervalsen. Begge de norske prototypene skiller seg fra den svenske modellen ved at strøgrusen mates fram med band. I motsetning til den svenskbygde bilen er det derfor ikke nødvendig å kjøre med lasteplanet oppe under utstrøing. På de 2 norske bilene er dessuten tallerkenen beholdt slik at det kan benyttes både etterhengende spreder og tallerkenspreder. Under forsøkene sesongen 1999/2000 var det bare bilen fra Hedmark som var forberedt for tilsetning av varmt vann også ved bruk av tallerken.

Vitenskapelige forsøk sesongen 1999/2000

Sesongen 1999/2000 er det gjennomført totalt 6 forsøk med ulike sandingsmetoder. I tillegg til våtsandbiler med etterhengende spreder og tilsetning av varmt vann, er det under de vitenskapelige forsøkene benyttet både etterhengende spreder og tallerkenspreder for strøing med tørre materialer med og uten salttilsetning.

Den primære hensikten med sandingsforsøkene sesongen 1999/2000 har vært å teste ut våtsandmetoden og de nye strøbilene opp mot vanlig tørr sand. Under diskusjonene rundt utviklingen av nye sandingsmetoder har det vært lansert alternativer til å blande sand og varmt

vann i etterhengende spreder. Det har også vært stilt spørsmål om det er mulig å benytte tallerkenspreder i stedet for etterhengende spreder, og også til betydningen av vanntemperaturen for å oppnå den ønskede effekten på vegen. Dette er bakgrunnen for at det er foretatt tester med tallerkenspreder både med varmt og kaldt vann, samt temperert masse (oppvarming av grusen ved bruk av eksosen).

For de ulike måtene å tilsette vann på er både funksjonaliteten og virkemåten til selve utstyret samt effekten på vegen testet ut og sammenlignet med tørr sand. Forsøkene har også vært lagt opp med tanke på å se på effekten av å bruke ulike materialkvaliteter både med vanntilsetning og ved tradisjonell sanding. Det har også vært et mål å få gjennomført forsøk på våt is. Når det gjelder grustyper er det benyttet både naturgrus og knust fjell i ulike fraksjoner. I tillegg til de tradisjonelle gruskvalitetene er det dessuten i mindre utstrekning også gjort forsøk med andre materialtyper som kalkstein uten salttilsetning og brent leire tilsatt magnesiumklorid.

Ved måling av effekter og sammenligning mellom ulike metoder og materialtyper er det lagt hovedvekt på friksjonsforholdene. Friksjonen uttrykt ved friksjonskoeffisienten er målt før tiltak, like etter tiltak og deretter er det foretatt målinger så lenge som mulig innenfor virkningstida av tiltaket.

Oppsummering av resultatene fra sandingsforsøk sesongene 1999/2000

Befuktet sand

- For både snø- og isføre er friksjonen etter tiltak høyere med varmbefuktet sand enn med tørr sand. Forskjellen mellom varmbefuktet sand og tørr sand er større på is- enn på snøføre. Mens effekten av varmbefuktet sand er dobbelt så stor på snøføre sammenlignet med tørr sand, er forskjellen tre ganger så høy på isføre
- Både på snøføre og isføre er det oppnådd omtrent like god effekt rett etter tiltak med varmbefuktet sand ved bruk av tallerkenspreder som ved bruk av etterhengende spreder
- Et hovedresultat fra forsøkene som er gjennomført er at det er oppnådd like gode og til dels bedre resultater med de norske våtsandsprederne sammenlignet med den svenske prototypen. Mest stabile og best resultater er oppnådd med den norske prototypen hvor varmeenheten er montert på bilen. Dette sikrer best kontroll på vanntemperaturen
- Forsøkene med tallerkenspreder underbygger at det er viktig med en høy arbeidstemperatur på vannet. Når det gjelder bruk av tallerkenspreder med varmt vann sammenlignet med temperert masse tilsatt vann, er friksjonen etter tiltak klart høyere ved tilsetning av varmt vann (varmbefuktet sand). Selv om en temperert blanding av grus og vann gir en forbedret effekt sammenlignet med tørre materialer, ligger det en betydelig tilleggseffekt i å øke vanntemperaturen opp mot kokepunktet
- Varmbefuktet sand har en klar virkning på snø, men friksjonstilskuddet øker ikke vesentlig hverken med økende grusmengde. Dette indikerer at det ikke er noe vesentlig å hente på å øke doseringen hensyn tatt til kostnadsøkningen ved å øke sandmengden og derav også redusert rekkevidde for utstyret
- Bruk av varmbefuktet sand på isføre viser avtagende friksjon med økende lufttemperatur
- På isføre øker effekten av varmbefuktet sand med økende vanntemperatur/massetemperatur
- Hverken for snøføre eller isføre er friksjonen etter tiltak med varmbefuktet sand vesentlig forskjellig for de ulike materialkvalitetene som er undersøkt (0,5-4mm, 0-4mm og 0-6 mm). Det ser heller ikke ut som andelen finstoff er utslagsgivende for friksjonen som kan oppnås etter tiltak med varmbefuktet sand

Tørr sand

- For tørr sand er det foretatt en sammenligning mellom 0-4 mm og 0-7 mm. Heller ikke for tørr sand tyder resultatene på at siktekurven er av vesentlig betydning for friksjonsnivået etter tiltak
- Ved strøing med tørr sand ser mengden finstoff ut til å ha en klar innvirkning på friksjonstilskuddet. Dette taler klart for at betydningen av de grove fraksjonene ikke er så stor som tidligere antatt, og at det kan være tilstrekkelig å operere med samme gradering for både den nye sandingsmetoden og ved bruk av tørr sand
- For tørr sand avtar friksjonen etter tiltak med økende lufttemperatur
- Det ser ikke ut for at tilsetning av salt eller saltmengden har noen vesentlig betydning for den friksjonen som kan oppnås rett etter tiltak ved strøing med tørr sand. Det presiseres at det foreliggende materialet ikke er tilstrekkelig til å trekke konklusjoner med hensyn til nødvendig saltmengde for at saltet i strøsand skal ha en smeltevirkning under forskjellige forhold

Hovedkonklusjoner fra sandforsøk sesongen 1999/2000 og anbefalinger

Vitenskapelige forsøk som er gjennomført vinteren 1999/2000 bekrefter at tiltak utført med våt sand basert på tilsetning av varmt vann varer vesentlig lenger enn når det anvendes tradisjonelle sandingsmetoder med tørr sand uten vanntilsetning. Også sammenlignet med alternative metoder for strøing med våtsand med kaldt vann eller temperert sand kombinert med vann, gir tilsetning av varmt vann et vesentlig tilskudd både i form av friksjonsøkning og varigheten av tiltaket.

Ut fra de forsøk som er gjort er det konkludert med at våtsandmetoden basert på tilsetning av varmt vann har et bredt anvendelsesområde, og kan derfor anbefales som supplement til eksisterende strømetoder. Det er viktig å poengtere at varmbefuktet sand også kan brukes under forhold en normalt ikke strør med tradisjonelle metoder. Varmbefuktet sand gir helt andre muligheter for å opprettholde friksjonsstandarden under forhold hvor det med dagens metoder strøs for sjelden til å holde friksjonskravet.

Med bakgrunn i sandingsforsøkene som er gjennomført sesongene 1998/1999 og 1999/2000 ser det ut for at en nå har kommet fram til hovedkonseptet for varmbefuktet sand. Den nye sandingsmetoden er nå så mye utprøvd at en faktisk kan si metoden vil egne seg under alle forhold hvor det er aktuelt å strø med sand, og i mange situasjoner vil varmbefuktet sand (Fastsand) være betydelig mer effektiv enn tradisjonell strøing med tørr sand. Metoden vil være et alternativ til tradisjonell sanding i de aller fleste tilfeller hvor det anses aktuelt å iverksette sanding for å bedre friksjonsforholdene. Bruksområdet spenner fra våt is med varmegrader i lufta til kuldegrader og tynne ishinner. Best effekt og lengst varighet vil metoden ha på et hardt snø- og isdekke under stabile værforhold med kuldegrader.

Alt tyder på at varmbefuktet sand er den riktige metoden å satse på som alternativ til strøing med tørr sand. Ut fra erfaringene med det norske utstyret, anbefales metoden tatt i bruk i større omfang som et supplement til eksisterende sandingsmetoder. På bakgrunn av de erfaringene en nå sitter med, anbefales det å gå til anskaffelse av 1-2 enheter for varmbefuktet sand i fylker hvor bruk av sand er en viktig del av vinterdriften for å opprettholde gode friksjonsforhold på vegnettet. Konseptet som anbefales for videre satsing på varmbefuktet sand er den løsningen som er basert på at oppvarmingen av vannet skjer på bilen.

Grunnenheten for en Fastsandbil (varmbefuktet sand) vil bestå i:

- Strøaggregat med tallerkenspreder
- Kobling for etterhengende spreder
- Oppvarmingssystem for vann
- Isolerte vanntanker og rørsystem for kobling til valgt spredertype
- Sandbeholder og framming som sikrer tilfredsstillende massehåndtering

Hva som er mest tjenlig med hensyn på valg av spredertype vil måtte vurderes ut fra lokale behov. Rent praktisk vil det imidlertid være klare fordeler ved bruk av tallerken framfor etterhengende spreder, og dette anbefales derfor som standard utrustning.

Det er viktig å være klar over at alle forsøk som er gjort klart viser at nøkkelen til den store forbedringen både i friksjonsnivå og varigheten av et sandingstiltak ligger i å blande strøgrusen med varmt vann opp mot kokepunktet. En vil derfor frarå å satse på løsninger basert på tilsetning av kaldt vann eller temperert masse med den metoden som ble forsøkt vinteren 1999/2000 hvor eksosen ble benyttet til oppvarming.

Resultatene med tallerkenspreder er så gode, at dette anses som et fullgodt alternativ til bruk av etterhengende spreder. Det ligger imidlertid fortsatt et behov for å gjøre ytterligere tester og sammenligninger mellom de 2 hovedtypene spreder. Det vil også være et utviklingsbehov for å komme fram til en optimal løsning ved bruk av tallerken. Det som er viktig nå er å sørge for å ha begge mulighetene ved oppbygging av nye biler for varmbefuktet sand. Dvs at bilene bør ha tallerken som standard utrustning, og samtidig være forberedt for tilkobling av etterhengende spreder.

Tallerkenen må være av en slik konstruksjonsmessig utforming at det ikke oppstår separasjon av vann og grus. Den etterhengende sprederen må være av en slik utførelse at det sikres jevn blanding av vann og grus. Det er også viktig at det oppnås jevn varmfordeling i hele strøbredden.

Selv om det ikke er dokumentert avgjørende ulemper som begrenser bruken av varmbefuktet sand, er det fortsatt et behov for å videreutvikle metoden og ikke minst skaffe seg mer erfaringer med metoden i praktisk bruk. Det bør gjennomføres ytterligere sandingsforsøk med vekt på vannmengde, vanntemperatur, dosering og strøbredde. Tallerken blir et viktig forsøksobjekt i forhold til strøbredde og langtidsvirkning. Strøing på våt is er også et tema som det bør arbeides mer med.

Med hensyn til grusmaterialer, er det mye som tyder på at det er mulig å benytte den samme materialkvaliteten til både tørr sand og varmbefuktet sand i en fraksjon på 0-4 eller 0-6 mm, og at det kan benyttes stedlige masser. Det ser ikke ut til å være noen avgjørende forskjell på effekten om det benyttes naturgrus eller knust fjell. Også når det gjelder grusmaterialer gjenstår det en del uttesting for å få verifisert resultatene fra sesongen 1999/2000.

Definisjoner/forklaringer

Befuktet sand	Befuktet sand vil si at det tilsettes vann til sanden. Ingen bestemte temperaturkrav. Kan benyttes i kombinasjon både med etterhengende spreder og tallerkenspreder.
Varmbefuktet sand	Varmbefuktet sand vil si at vannet skal holde en temperatur på minimum 90 ^o C levert i tilkoplingspunktet på sprederen.
Fastsand	Fastsand er synonymt med varmbefuktet sand og benyttes som betegnelse på den nye strømetoden.
Friksjonskoeffisient	Friksjonskoeffisienten benevnes med den greske bokstaven μ , og er et mål for kreftene som virker mellom to flater. For is vil friksjonskoeffisienten vanligvis ligge i området 0,15-0,20 og for snøføre i området 0,25-0,30. En friksjonskoeffisient på 0,15 tilsvarer en bremselengde på 168 m ved en fart på 80 km/t. Med samme fart og friksjonskoeffisient på 0,30 er bremselengden 84 m.
Friksjonstilskudd	Friksjonstilskuddet er forskjellen (differansen) mellom friksjonen målt etter tiltak og friksjonen målt like før tiltak. Friksjonstilskuddet er også angitt som E = effekt av tiltak.
Flerfaktoranalyse	Flerfaktoranalyse (også kalt univariat variansanalyse) gjør det mulig å beregne sammenhengen mellom f eks friksjon etter tiltak (avhengig variabel) og ulike faktorer (uavhengige variable) som kan forklare variasjonen i den avhengige variable.
Avhengig variabel	Se flerfaktoranalyse
Uavhengig variabel	Se flerfaktoranalyse
Lineær regresjonslinje	Den enkleste form for sammenheng mellom to variable er at det er en lineær sammenheng. Det foretas en beregning av den rette linja som gir best tilpasning til datasettet med én avhengig og én uavhengig variabel. Faktoren R^2 er et uttrykk for hvor god denne tilpasningen er.
Konfidensintervall	Et konfidensintervall for et datasett på 95% vil si at det er 95% sannsynlighet for at en observasjon vil falle innenfor dette intervallet.
Statistisk signifikant	Dersom konfidensintervallene for gjennomsnittsverdien av to grupper av data ikke overlapper hverandre, er forskjellen statistisk signifikant.
Emissivitet	Emissiviteten er et uttrykk for varmestrålingsevnen til et materiale, definert som hvor stor del av energien som blir sendt tilbake i forhold varmestrålingen fra en svart overflate (svart boks). En svart boks er et materiale som er perfekt på den måten at den stråler ut all varmeenergi som blir absorbert og har derved en emissivitet på 1,0.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Med utgangspunkt i rapporten "Friksjonsforbedrende tiltak - forprosjekt" (september 1997) ble det satt i gang et hovedprosjektet høsten 1997 med tittelen "Vinterfriksjonsprosjektet".

Vinterfriksjonsprosjektet inngår i etatsprosjektet "Effektiv vinterdrift", og sluttrapportering skal etter planen skje i år 2002.

Produksjonsteknisk kontor er har prosjektledelsen for Vinterfriksjonsprosjektet, og SINTEF Bygg og miljøteknikk, avdeling Samferdsel er engasjert til å bistå med gjennomføringen av prosjektet.

1.2 Hensikten med prosjektet

Målsettingen er å finne frem til hvilke friksjonstiltak og metoder som bør benyttes under gitte forhold (hensyn tatt til stedlige, trafikkmessige og klimatiske forhold). Prosjektet er driftsorientert, og målet er å komme frem til praktisk anvendelige metoder og anbefalinger. Særlig viktig er det å finne ut mer om hvordan trafikkvolumet og trafikkvariasjonen over døgnet spiller inn når det gjelder effekten av tiltak.

Prosjektet omfatter alle former for friksjonsforbedrende tiltak, og målsettingen er også å se ulike tiltak i sammenheng. Dvs at en behandler både salting, sanding og brøyting/høvling.

1.3 Feltforsøk

1.3.1 Generelt om feltforsøk

Feltstudier vil være en sentral aktivitet gjennom hele prosjektet. Disse feltstudiene er delt inn i:

- Del 1. Forsøksfelt med vitenskapelige målinger, kan foregå både på veg og på lukket bane
- Del 2. Driftsmessige erfaringer gjennom oppfølging av strø- og brøyteroder (rodeoppfølging til faste tidspunkter)
- Del 2a. Spesialoppfølging på utvalgte roder (standardoppfølging for å undersøke varigheten av ulike typer tiltak)

1.3.2 Forsøk sesongen 1998/99

Sesongen 1998/99 ble det besluttet å prioritere sandingsforsøk med vekt på uttesting av varmbefuktet sand og oppvarmet grus. Begge metodene og resultatene fra forsøkene som ble gjennomført forrige sesong er dokumentert i Intern rapport nr 2105 "Uttesting av varmsandmetodene Hottstone og Friction Maker vinteren 1998/99", utgitt av Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling i oktober 1999.

1.3.3 Rapportering av forsøk sesongen 1999/2000

Denne rapporten inneholder en sammenfatning av resultatene fra vitenskapelige forsøk med sand som er gjennomført sesongen 1999/2000. Hvert av forsøkene er dokumentert i egne notater. Disse notatene inneholder dokumentasjon av forsøksopplegg og hovedresultater fra de enkelte forsøkene, men ingen sammenfattende analyser.

2 Forsøksopplegg sesongen 1999/2000

2.1 Bakgrunn

Med bakgrunn i anbefalinger om videre satsing på metoden basert på varmbefuktet sand, ble det våren 1999 etablert et "spleiselag" mellom Hedmark, Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Vegdirektoratet for oppbygging av 2 norske strøbiler som bygger på våtsandprinsippet. En viktig føring for arbeidet med de nye strøbilene har vært å ta hensyn til de svakhetene som er blitt påpekt ut fra erfaringene med bruk av den svenske prototypen (Friction Maker).

Den ene norske enheten (enhet 1) er bygd opp av Hedmarken produksjonsområde på Hamar (Statens vegvesen). Strøbilen er påmontert en vanlig tradisjonell tallerkenspreader og en etterhengende spreader. Det er montert et tanksystem med en isolert tank foran sandbeholderen. Vannet fylles ferdig oppvarmet med en temperatur på 95⁰ C. For oppvarming av vann er det bygd opp en egen tank hvor oppvarmingen skjer ved bruk av to dieselbrennere. Denne tanken må anses som relativt stasjonær, men kan flyttes også i fylt tilstand f eks på en henger. Temperaturen på tanken på bilen holdes oppe ved hjelp av en vedlikeholdsvarmer.

Den andre norske enheten (enhet 2) er bygd opp av firmaet Mec Tec AS i Svelvik. Denne strøbilen er også påmontert en vanlig tradisjonell tallerkenspreader og en etterhengende spreader. Hovedforskjellen mellom de to enhetene er at enhet 2 har en dieselbrenner påmontert for oppvarming av vannet under transport.

Enhet 1 var klar til uttesting i uke 1/2000. Denne enheten ble ikke vært satt inn i den ordinære strøberedskapsen sesongen 1999/2000. Foruten å bli benyttet til uttesting i Hedmark, ble den også stilt til disposisjon for vitenskapelige forsøk. Enhet 2 var ferdig i uke 5/2000. Den ble disponert av Møre og Romsdal (Åndalsnes) og Sør-Trøndelag (Støren) i fellesskap, som også skiftet på å operere bilen i forbindelse med vitenskapelige sandingsforsøk. Heller ikke denne enheten ble satt inn i vanlig drift den første vinteren fordi de vitenskapelige forsøkene har vært prioritert.

2.2 Hensikten med forsøkene

Den primære hensikten med sandingsforsøkene sesongen 1999/2000 har vært å teste ut den nye våtsandmetoden opp mot vanlig tørr sand. Forsøkene har vært lagt opp med tanke på å se på effekten av å bruke ulike materialkvaliteter både med vanntilsetning og ved tradisjonell sanding. Det har også vært et mål å få gjennomført forsøk på våt is.

Under diskusjonene rundt utviklingen av nye sandingsmetoder har det vært lansert alternativer til å blande sand og varmt vann i etterhengende spreader. Det har også vært stilt spørsmål om det er mulig å benytte tallerkenspreader i stedet for etterhengende spreader, og også til betydningen av vanntemperaturen for å oppnå den ønskede effekten på vegen. Dette er bakgrunnen for at det er foretatt tester med tallerkenspreader både med varmt, temperert og kaldt vann.

Sandingsforsøkene har primært vært lagt opp med sikte på å teste de 3 våtsandbilene med etterhengende spreader, og samtidig få undersøkt ulike alternativer med tallerkenspreader og vanntilsetning. Tørr sand har dessuten vært en viktig del av forsøket. For de ulike måtene å tilsette vann på er det både funksjonaliteten og virkemåten til selve utstyret, samt effekten på vegen som er testet ut og sammenlignet.

2.3 Oversikt over gjennomførte forsøk og beskrivelse av testområdene

Det er gjennomført følgende forsøk sesongen 1999/2000:

Forsøk I:	23. november:	Forsøk på E6 v/ Øyer
Forsøk II:	11. - 14. januar:	Forsøk på E136 v/ Lesja
Forsøk III:	8. - 11. februar:	Forsøk på E136 v/ Lesja
Forsøk IV:	16. - 18. februar:	Forsøk på E6 og Rv 30 v/ Støren
Forsøk V:	23. februar:	Demonstrasjon på Norsk Trafikksenter
Forsøk VI:	14. - 17. mars:	Forsøk på Rv 40 og Fv 120 v/ Geilo

Alle forsøkene er gjennomført som vitenskapelige forsøk med alternative sandingsmetoder/grusmaterialer med unntak av forsøket som ble gjort 16. - 18. februar i regi av produksjonsområdet på Støren. I dette forsøket ble det bare foretatt testing av Fastsand. I forsøket på Øyer inngikk ikke den nye våtsandmetoden.

I tillegg til sandingsforsøkene er det etablert en teststrekning for uttesting av ulike saltingsmetoder på E6 i Follo. Aktiviteten på teststrekningen ble begrenset til noen enkle tester vinteren 1999/2000, og det ble ikke gjennomført saltingsforsøk. Det foreligger imidlertid en del driftsdata fra strekningen som inngår i rodeoppfølgingen, og som en vil sammenholde med data fra målestasjonene på teststrekningen.

2.4 Utstyr og metoder som er testet ut

2.4.1 Svensk prototype

Den nye våtsandmetoden er basert på at det tilsettes varmt vann til sanden. Den svenske prototypen (Friction Maker) som benyttes i Oppland, se figur 2.1, er utstyrt med en vanntank som tar 2,5 m³ vann. Tankenheten består av pumpe og to dieseldrevne brennere. Vanntanken er montert i en ramme slik at lasteplanet kan tippes under utstrøing. Metoden er tilpasset etterhengende spreder hvor det er montert et dyserør like over utleggervalsen. Ved transport holder vannet i tanken en temperatur på 40⁰ C.



Figur 2.1: Svensk prototyp for strøing med varmbefuktet sand. Stasjonert i Oppland

Ved sanding økes vanntemperaturen til ca 95^o C. Vannet pumpes gjennom isolerte slanger ned til og ut gjennom dyserøret. Vannet holder da en temperatur på ca 85^o C. Blandingen med sand skjer delvis gjennom vanntrykk og delvis med hjelp av utleggervalsen i sprederen. Lastekapasiteten for sand er ca 6 m³. Blandingsforholdet mellom grus og vann er slik at det tilsettes ca 30 volumprosent vann til grusen. Hastigheten under utkjøring er anbefalt å ligg på ca 20 km/t.

2.4.2 Norske våtsandspredere med tilsetning av varmt vann

De norske våtsandsprederne, se figur 2.2 og 2.3 er i prinsippet bygd opp på samme måten som våtsandbilen i Oppland. Dvs at varmt vann fordeles via et dysrerør som sitter like over utleggervalsen.



Figur 2.2: Bilen som er bygd opp i Hedmark (enhet 1)

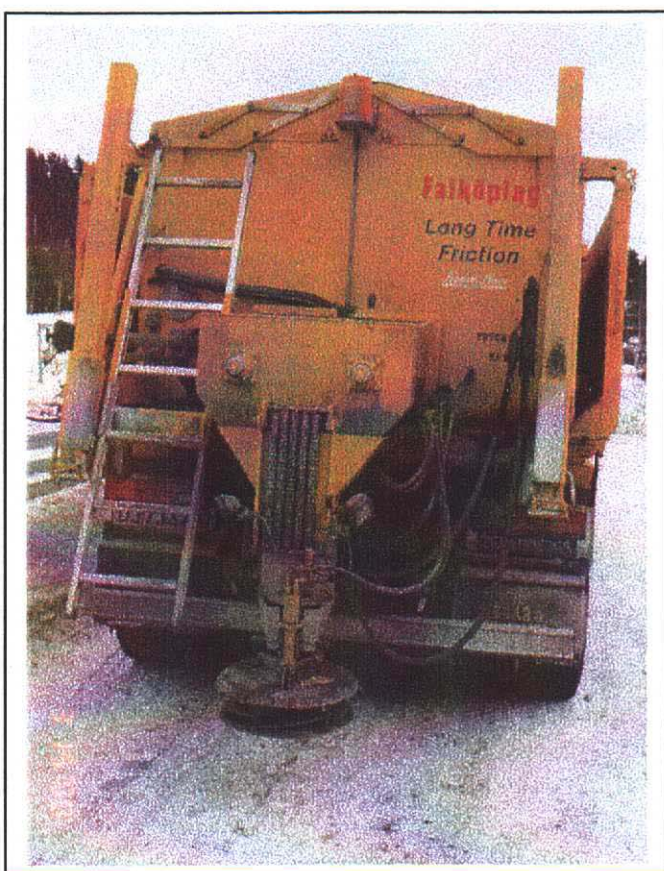


Figur 2.3: Bilen som er bygd opp av firmaet Mec Tec AS (enhet 2)

Begge de norske prototypene skiller seg fra den svenske modellen ved at strøgrusen mates fram med band. Dvs at det ikke er nødvendig å kjøre med lasteplanet oppe under utstrøing. På de 2 norske bilene er dessuten tallerkenen beholdt slik at det kan benyttes både etterhengende spreder og tallerkenspreader. Under forsøkene vinteren 1999/2000 var det bare bilen fra Hedmark som var forberedt for tilsetning av varmt vann også ved bruk av tallerken.

2.4.3 Spreder for strøing av temperert masse

Falköping har lansert en spreder med betegnelsen "Long Time Friction" basert på bruk av tallerken og tilsetning av vann, se figur 2.4. Grusmaterialene varmes av eksos som føres inn under skruen. Eksosen føres til tallerkenen for å utnytte energien best mulig. I tillegg får vannet litt varme fra hydraulikken (1-2^o C). Blandingen av grus og vann kan holde en temperatur på opp mot 20-30^o C.



Figur 2.4: Spreder med tilsetning av vann kombinert med temperert grus, levert av Falköping

Enheter av denne typen spreder fra Falköping ble bl a utlånt til Follo i Akershus og innkjøpt av OSL Gardermoen sesongen 1999/2000. Begge disse enhetene har vært stilt til disposisjon for deltagelse i sandingsforsøkene i vinter i henholdsvis forsøk III og forsøk VI.

2.4.4 Spreder for tilsetning av kaldt vann

Sesongen 1999/2000 ble det også gjort en enkelt test med bruk av tallerkenspreader med tilsetning av kaldt vann. Bilen som ble benyttet er en tradisjonell bil uten noen form for spesialtilpasning.

2.4.5 Spredere for utlegging av tørr sand

I tillegg til våtsandbiler med etterhengende spredere og tilsetning av varmt vann ble det under de vitenskapelige forsøkene benyttet både etterhengende spredere og tallerkenspredere for strøing med tørre materialer med og uten salttilsetning.

2.5 Materialkvaliteter

Tabell 2.1 viser en oversikt over hvilke materialkvaliteter og metoder som har vært testet sesongen 1999/2000.

Tabell 2.1: Materialkvaliteter som er benyttet ved testing av de ulike sandingsmetodene sesongen 1999/2000

Materialtype	Våt sand				Tradisjonell strøing
	Varmt vann og etterhengende spredere	Varmt vann og tallerkenspredere	Temperert masse og tallerkenspredere	Kaldt vann og etterhengende spredere	Tallerken eller etterhengende spredere
0-2 mm, knust fjell	x				
0-4, natur	x	x	x	x	x
0-4 mm, knust natur	x	x			x
0-4 mm, knust fjell	x				x
0,5-3,8 mm, natur			x		
0,5-4 mm, knust natur	x				x
0,5-4 mm, knust fjell	x		x		
2-4 mm, knust natur					x
1-5 mm, knust fjell					x
0-6 mm, knust natur	x				x
0-6 mm, knust fjell	x	x	x		
0-6, knust natur m/salt					x
0-6 mm knust fj. m/salt					x
2-6 mm, knust fjell					x
0-8 mm, natur					x
1-7 mm kalkstein					x
2-7 mm kalkstein					x
Brent og knust leire					x

I tillegg til tradisjonelle gruskvaliteter, ble det som det framgår av oversikten foretatt testing av kalkstein som grusmateriale. Dette er en steinsort som per i dag er lite benyttet til strøsand. Gjennom en henvendelse fra en produsent av et helt nytt produkt, ble det dessuten gjort avtale om å teste ut et nytt strømiddel bestående av knust leire tilsatt ca 10 volumprosent magnesiumklorid.

Totalt ble det således gjort forsøk med følgende materialtyper:

- natursand
- knust natursand
- knust fjell
- knust kalkstein
- brent og knust leire

Når det gjelder kalkstein og brent leire ble disse materialtypene testet i så liten utstrekning at de ikke er tatt med i resultatoversiktene som presenteres i denne rapporten, men dokumentasjon kan fremskaffes på forespørsel.

2.6 Strøbiler

Følgende enheter har deltatt i forsøkene med innblanding av vann i strømaterialene på ulike måter:

- Våt sand (Friction Maker), Oppland
- Våt sand (Fastsand), Hedmark
- Våt sand (Fastsand), Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag
- Strøbil m/ tallerkenspreder fra Akershus (Falköping)
- Strøbil m/ tallerkenspreder fra OSL (Falköping)
- Strøbil m/ tallerkenspreder fra Sør-Trøndelag (ingen spesialtilpasning)

I tabell 2.2 nedenfor er det satt opp en oversikt over kombinasjoner mellom type spreder og vanntemperatur for de ulike enhetene:

Tabell 2.2: Kombinasjoner mellom type spreder og vanntemperatur som er undersøkt

Enhet	Type spreder					
	Etterhengende			Tallerken		
	Vanntemperatur			Vanntemperatur		
	Varmt	Temperert masse	Kaldt	Varmt	Temperert masse	Kaldt
Oppland	x (90 ⁰)					
Hedmark ¹	x (90 ⁰)			x (90 ⁰)		
Møre og R/Sør-Tr.lag	x (95 ⁰)					
Akershus					x (30 ⁰)	
OSL Gardermoen					x (30 ⁰)	
Sør-Trøndelag						x (2 ⁰)

¹ I noen tilfeller holdt vannet i Hedmarksbilen lavere temperatur enn angitt

Bare bilen fra Hedmark ble forsøkt med både etterhengende spreder og tallerkenspreder. Når det gjelder tallerkenløsningen på Hedmarksbilen, har denne blitt vesentlig forbedret i løpet av vinteren. De første forsøkene med tallerken og varmt vann gir derfor ikke det riktige bildet av denne kombinasjonen.

Som det framgår av tabell 2.2 er det ikke gjort tester ved å variere vanntemperaturen systematisk for samme bil. Det er likevel mulig å analysere på betydningen av vanntemperaturen særlig for tallerkenløsningen. Når det gjelder bilene med etterhengende spreder var temperaturen noe høyere på bilen fra Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag enn på de andre 2 enhetene. En hadde også tilfeller hvor det ikke var full vanntemperatur på Hedmarksbilen pga ulike problemer med å holde vanntemperaturen vedlike. I ett tilfelle hvor bilen skulle stå over natta ble strømmen til vedlikeholdsvarmeren koblet ut.

Merk at de angitte temperaturene er omtrentlige og ikke direkte målt under alle forsøkene. Dette gjelder i særlig grad Falköpingbilene hvor det angitte temperaturen mer må oppfattes som en metode hvor det er tilført mindre energi enn bilene basert på varmbefuktet sand.

3 Forsøksgjennomføring

3.1 Generelt

Sikkerheten er viktig ved denne typen forsøk, og ved alle forsøkene på veg ble det foretatt skilting med følgende skiltkombinasjoner i hver retning på prøvestrekningene:

- Skilt 116 (glatt veg) med undertekst "Varierende føreforhold 0,1 - 8 km"
- Skilt 110 (vegarbeidere) med undertekst "Forsøk pågår"

Eksempel på skilting er vist i figur 3.1.



Figur 3.1: Eksempel på skilting av forsøksstrekning. Skilt 116 med undertekst. Den andre skiltkombinasjonen sees i bakgrunnen.

Under alle forsøkene på veg har det vært et godt samarbeid med vegstasjonene som er ansvarlige for det berørte vegnettet, dvs Øyer vegstasjon, Vågå vegstasjon og Hallingdal vegstasjon. Foruten å utarbeide varslingsplan og sørge for de nødvendige vedtak, har også vegstasjonene deltatt i gjennomføringen av forsøkene. Dette har bl a bestått i å stille lokale strøbiler til disposisjon, organisere tilkjøring av strøgrus og sørge for annen praktisk tilrettelegging bl a i form av baser for opplasting på strøbilene. Også Støren vegstasjon og Åndalsnes vegstasjon har ytt vesentlige bidrag til gjennomføringen av forsøkene.

3.2 Forsøksstrekninger

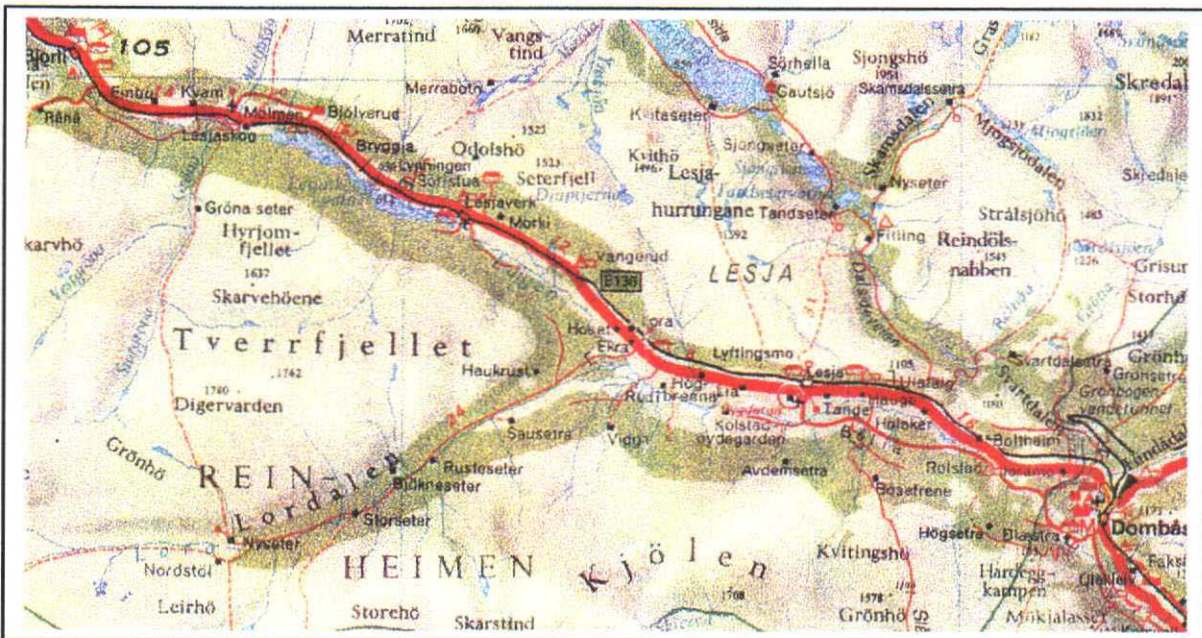
Følgende veger ble benyttet under forsøkene sesongen 1999/2000:

- E6 v/Øyer
- E136 v/ Lesja
- E6 sør for Støren
- Rv 30 mot Røros
- Rv 40 v/ Geilo
- Fv 120 mot Tunhovd
- Norsk Trafikksenter (lukket bane)

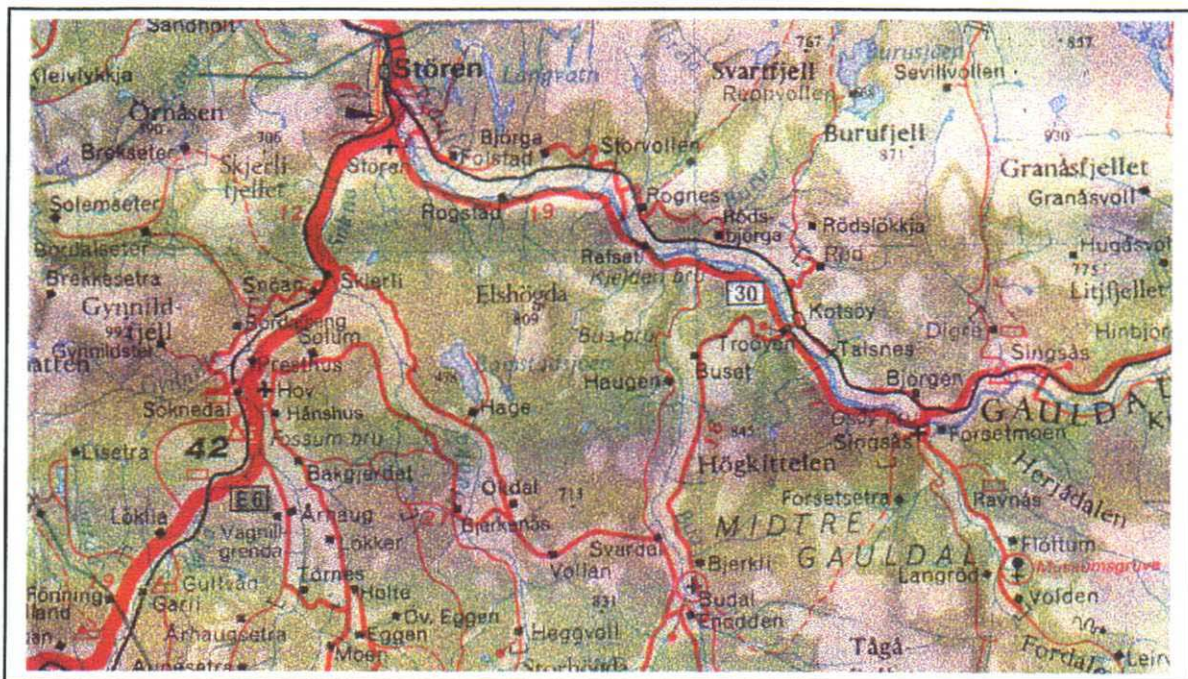
Lokaliseringen av de enkelte strekningene framgår av figurene 3.2 – 3.6.



Figur 3.2: Forsøk 1 ble foretatt på E6 nord for Øyer



Figur 3.3: Forsøk II og III ble foretatt på E136 vest for Lesja



Figur 3.4: Forsøk IV ble foretatt på E6 sør for Støren og Rv 30 mot Røros

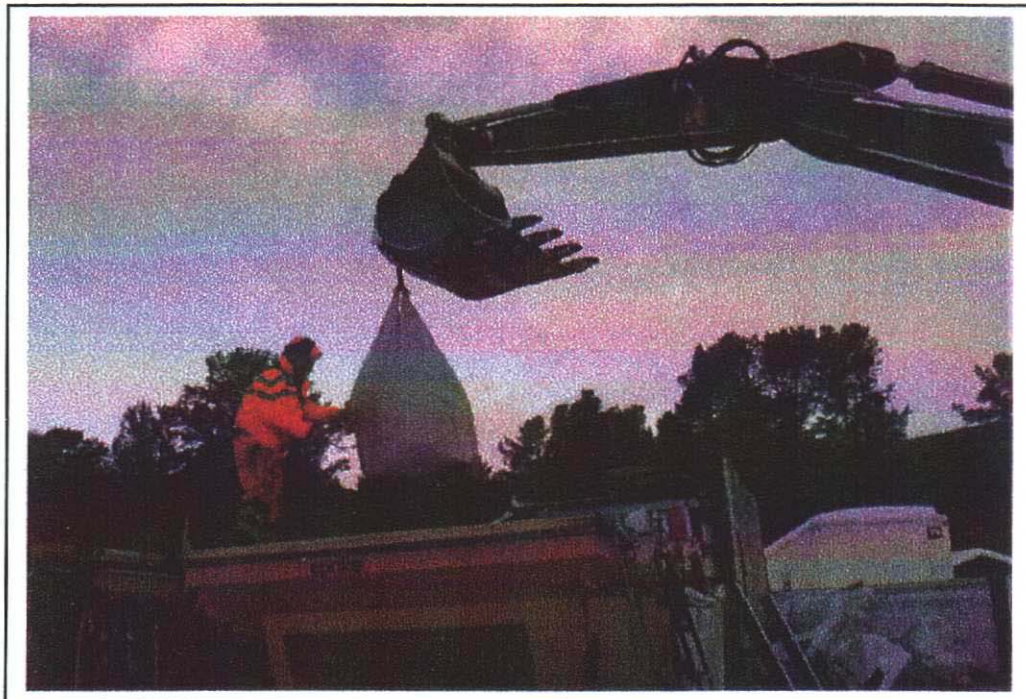


Figur 3.5: Forsøk V ble foretatt på Norsk Trafikksenter, Braskereidfoss

Før hvert forsøk ble strøbilene lastet opp og klargjort med kalibrering av strøpparatet. Til forsøkene var strømaterialene enten tilkjørt i sekker eller lagt opp i hauger i oppvarmet garasje. Figurene 3.8 og 3.9 illustrerer prosedyren med opplasting på bilene.



Figur 3.8: Strømaterialer levert i sekker



Figur 3.9: Opplasting på bil



Figur 3.10: Kalibrering av strøpparat

Alle bilene skulle være kalibrert på forhånd. Siden graderingen på strømaterialene har betydning for innstilling av riktig mengde, ble i tillegg alle bilene kontrollert foran hvert forsøk.

Kalibreringen av strøpparatet, se figur 3.10, ble foretatt ved at bilene kjørte over en gummimatte på 2,6 x 4,6 m. Arealet som ble dekket ble målt opp før grusen ble sopt opp og veid. Doseringen i g/m^2 ble deretter beregnet ut fra vekt og areal.

For nærmere oversikt over de enkelte prøvestrekningene og forsøksbetingelsene under de vitenskapelige forsøkene som ble gjennomført vinteren 1999/2000, henvises det til kapittel 6.

3.4 Oppfølgingsrutiner

3.4.1 Klimadata

Klimadata i forbindelse med forsøkene er hentet fra følgende kilder:

- DNMI's målestasjoner
- Statens vegvesens klimastasjoner

I tillegg til data fra målestasjoner og klimastasjoner er det foretatt temperaturmålinger i luft og vegbane med håndholdt utstyr under selve forsøkene. Vegbanetemperaturer er også registrert i forbindelse med friksjonsmålingene med Roar Mark II.

3.4.2 Trafikk

Under alle forsøkene ble det foretatt trafikktegninger med Radar49 som ble montert på prøvestrekningene. I tillegg ble det foretatt tellinger med Datarec i tilgjengelige tellepunkt. Selv

om trafikktallene fra tellepunktene ikke er direkte representative for trafikken på selve prøvestrekningene i alle tilfellene, er disse tellingene benyttet for å få et begrep om trafikkmengdene totalt, samt døgnvariasjonen og tungtrafikkandelen.

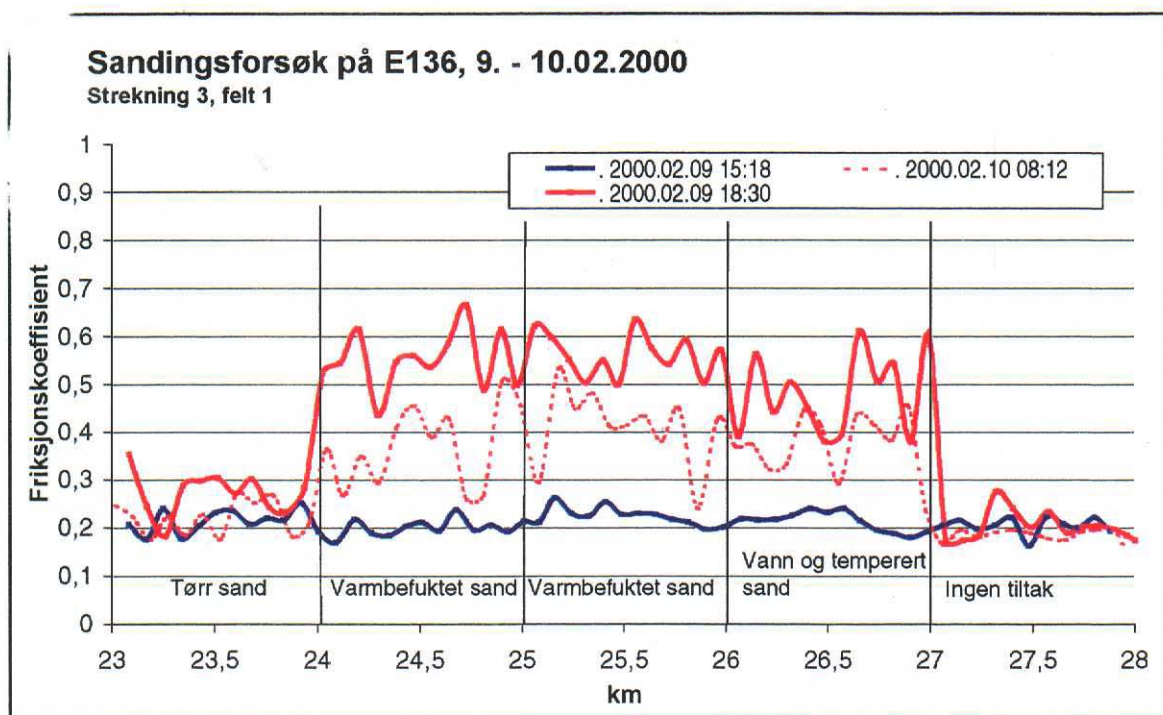
3.4.3 Friksjon

Til friksjonsmålingene ble det benyttet følgende utstyr:

- Oscar
- Roar Mark II (Sør-Trøndelag)
- Roar Mark I (Akershus, Buskerud og Hedmark)
- Biler med C- μ måler

Oscar er besluttet benyttet som referanse for friksjonsmålinger uten at det er endelig avklart hva dette betyr for utløsende standard i Håndbok 111.

Vitenskapelige sandingsforsøkene er det lagt hovedvekt på friksjonsforholdene ved måling av effekter og sammenligning mellom ulike metoder og materialtyper. Friksjonen er målt før tiltak, like etter tiltak og deretter er det foretatt målinger så lenge som mulig innenfor virkningstida av tiltaket. Et eksempel i figur 3.11.



Figur 3.11: Eksempel på friksjonsmålinger (Roar Mark II) på en prøvestrekning.

3.4.4 Bilder

Det ble tatt bilder med Roar Mark I ved bruk av Vidkon systemet. I tillegg ble det tatt bilder med annet kamerautstyr for å følge tilstandsutviklingen.

Ved de to forsøkene på E136 ble det benyttet varmekamera for å understøtte dokumentasjonen av virkemåten til ulike spredeteknikker. Til dette formålet ble det benyttet et kamera av typen Inframetrics SC1000 som dekker temperaturintervallet -10° til $+2000^{\circ}$ C. Følsomheten til varmekameraet er på $0,1^{\circ}$ C. Ved analyse av bildene er emissiviteten (strålingsevnen) til blandingen av sand og vann satt til 0,94.

4 Resultater

4.1 Generelt

Sandingsforsøkene sesongen 1999/2000 har vært relativt omfattende både når det gjelder metoder og materialer som er testet. Selv om det avtegner seg en del hovedtrekk, er det viktig å presisere at det likevel hefter seg en del usikkerhet rundt noen av de kombinasjonene som er undersøkt. Dette gjelder særlig de kombinasjonene som er testet i et lite antall tilfeller. En viktig årsak til at det hefter seg en viss usikkerhet til noen av resultatene er at det er mange forhold som virker inn på effekten av et tiltak, og det blir vanskelig å generalisere når utvalget blir lite.

I tillegg til at enkelte av kombinasjonene av metode/materialtype begrenser seg til ett eller et fåtall tilfeller, vil det også være en del andre forhold som ikke har vært helt like under de forsøkene som er gjort. Bl a gjelder dette størrelsen på knastene på utleggervalsen i den etterhengende sprederen. Eksakt dosering er også litt usikker i og med at kjørehastigheten under utstrøing vanligvis er større enn ved kalibrering.

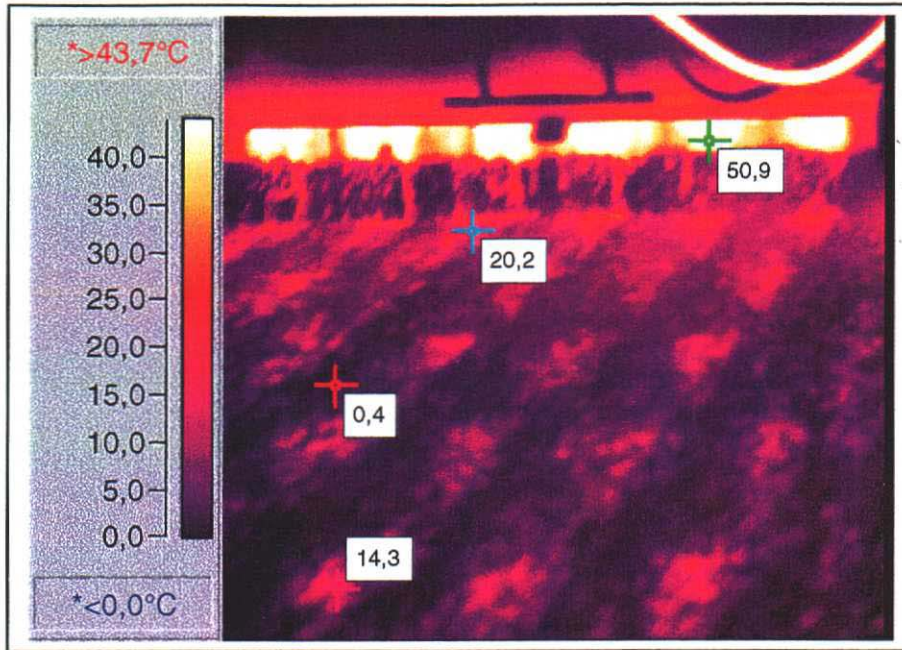
Selv om en har fått mye ut av forsøkene, har heller ikke forsøksbetingelsene vært optimale med tanke på å undersøke varigheten av våtsandmetodene som har vært testet ut. I de fleste tilfeller er det enten temperaturendringer eller nedbør som har gjort at en har måttet avslutte forsøkene. En har således ikke fått fulgt opp de mest varige tiltakene ut virkningstida.

I vurderingen av resultatene er det lagt mest vekt på de tydeligste effektene, og det avtegner seg en del hovedtrekk når det gjelder effekten av våtsandmetoden i forhold til tradisjonelle sandingsmetoder.

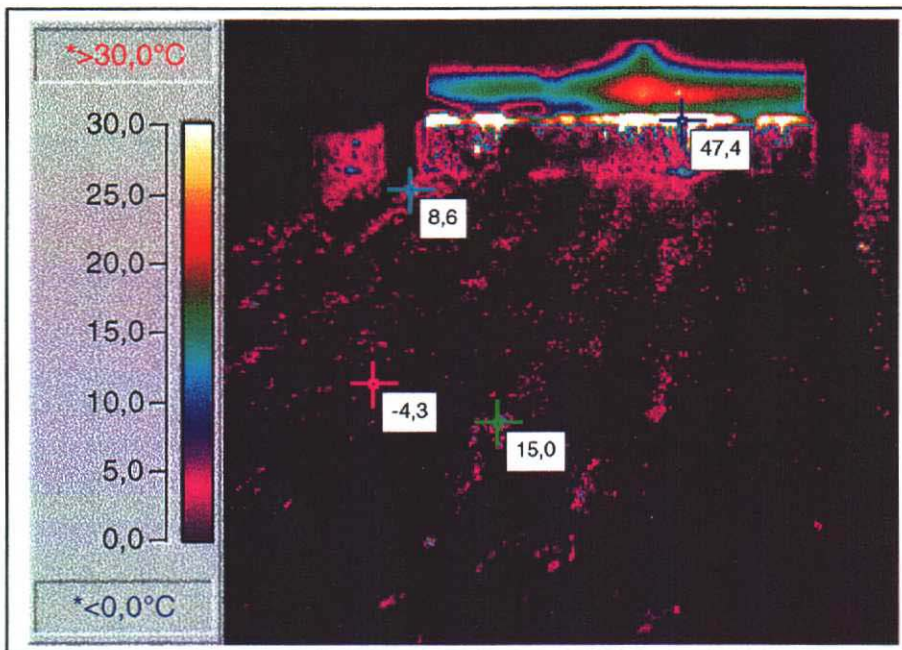
4.2 Funksjonalitet

I tillegg til oppnådd effekt i form av friksjonsforbedring, er funksjonaliteten i hovedsak testet i forhold til hva slags ”varmebilde” som oppnås med de ulike strøbilene. Det er tatt bilder med varmekamera under begge forsøkene på E136. I figurene 4.1 - 4.9 er det gjengitt eksempler på bilder tatt med varmekamera. Figurene 4.1 - 4.4 er fra det første forsøket på E136, og figurene 4.5 - 4.9 er fra forsøket i februar. I tillegg til klokkeslettet er det angitt luft- og dekketemperatur på fotograferingstidspunktet.

Kameraet som er benyttet har en sensor som registrerer varmestrålingen i området som er dekket av kameraet. Variasjonene i temperaturen i et bildeutsnitt framgår av forskjellige fargenyanser. Ved etterbehandlingen av bildene kan grensene for fargeskalaen settes slik at temperaturvariasjonene blir tydeligst mulig. Pga temperaturforskjellene i de forskjellige tilfellene som er gjengitt, er det derfor benyttet ulike temperaturgrenser. I analysen av bildene kan temperaturen avleses punkt for punkt eller innenfor et definert område som det framgår av figurene 4.1 - 4.9.



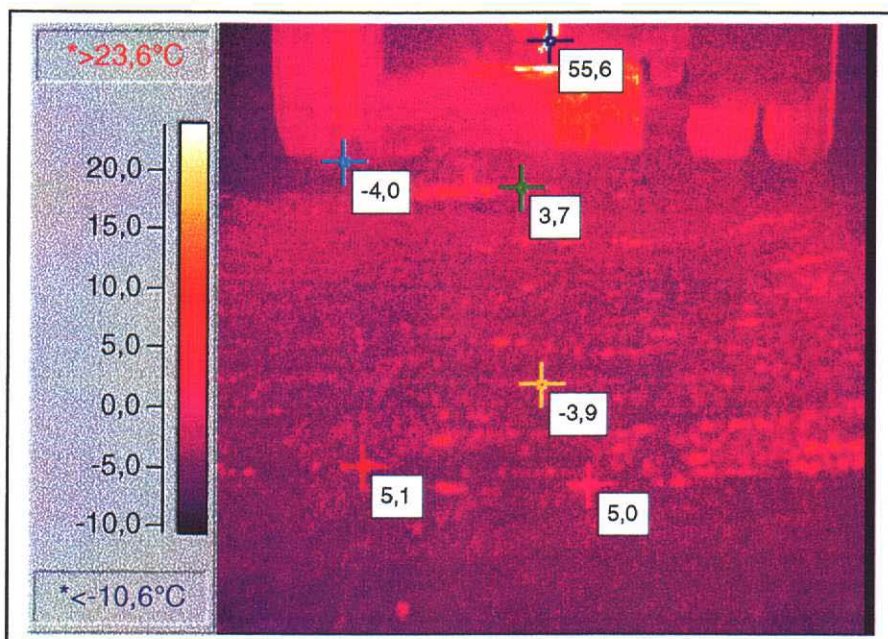
Figur 4.1: Strøbilde fra våtsandbilen i Oppland tatt med varmekamera. 12.01.2000, kl 12:51, lufttemperatur $-2,2^{\circ}$, dekketemperatur $-3,2^{\circ}$.



Figur 4.2: Strøbildet fra våtsandbilen i Hedmark tatt med varmekamera, 12.01.2000, kl 13:01, lufttemperatur: $-2,2^{\circ}$, dekketemperatur: $-3,2^{\circ}$.

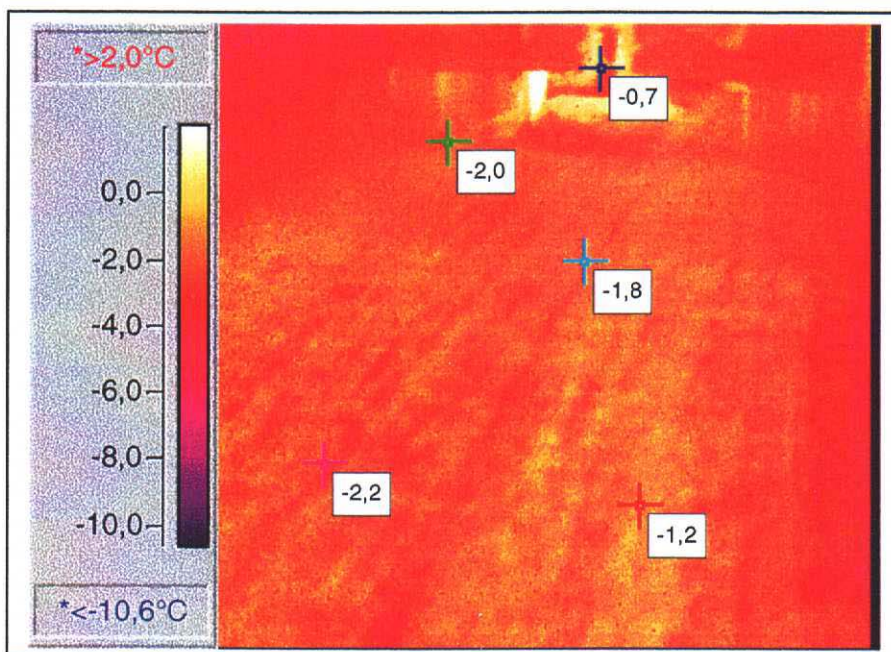
Som en ser av figur 4.1 er temperaturfordelingen svært homogen for våtsandsprederen fra Oppland. En ser også det typiske strøbildet som oppnås med Epokesprederen som benyttes. For bilen fra Hedmark, se figur 4.2, var det en ujevn varmefordeling ved de første testene i januar som tyder på at innblandingen av det varme vannet ikke var optimal. Strøbildet var også forskjellig fra det som ble oppnådd med bilen fra Oppland. Ut fra sammenligningen mellom de 2 enhetene, ble det konkludert med at det var nødvendig med en justering av Hedmarksenheten til å bli lik Opplandsbilen med hensyn på utformingsdetaljer i strøapparatet, som avstanden og størrelsen på dysene i dyserøret som sprer vannet. Det ble også foretatt justering av størrelsen på knastene i utleggervalsen.

Det ble også tatt bilde av Hedmarksbilen med kombinasjonen varmt vann og tallerken i januar, se figur 4.3. Strøbildet har som en ser en helt annen varmfordeling enn med etterhengende spreder, og en oppnådde ved det første forsøket heller ikke så høye temperaturer som ved bruk av etterhengende spreder.



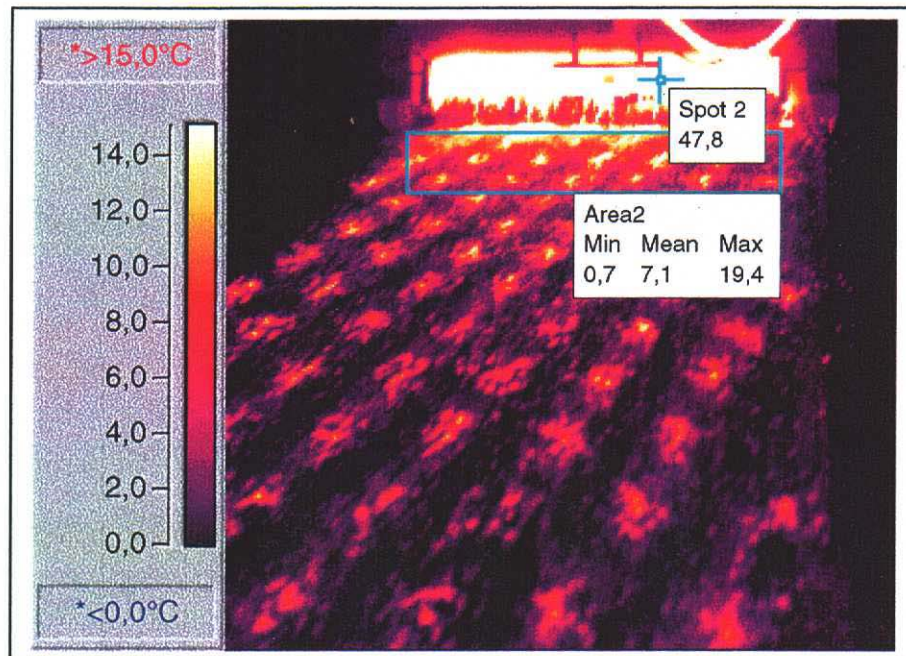
Figur 4.3: Strøbilde fra våtsandbilen i Hedmark tatt med varmekamera. Utspredning med tallerkenspreder. 12.01.2000 kl 16:15, lufttemperatur: $-2,2^{\circ}$, dekketemperatur: $-3,2^{\circ}$.

Med kombinasjonen kaldt vann og tallerkenspreder, ble bildet som en ser av figur 4.4. Dvs en tydelig forskjell i forhold til bruk av varmt vann og tallerkenspreder. Ut fra varmebildene er det naturlig å forvente ulike effekter avhengig av type spreder som benyttes og temperaturen på massen som strøs ut. Hva temperaturen på vannet betyr for effekten av våtsandmetoden, er nærmere belyst i kapittel 4.5.

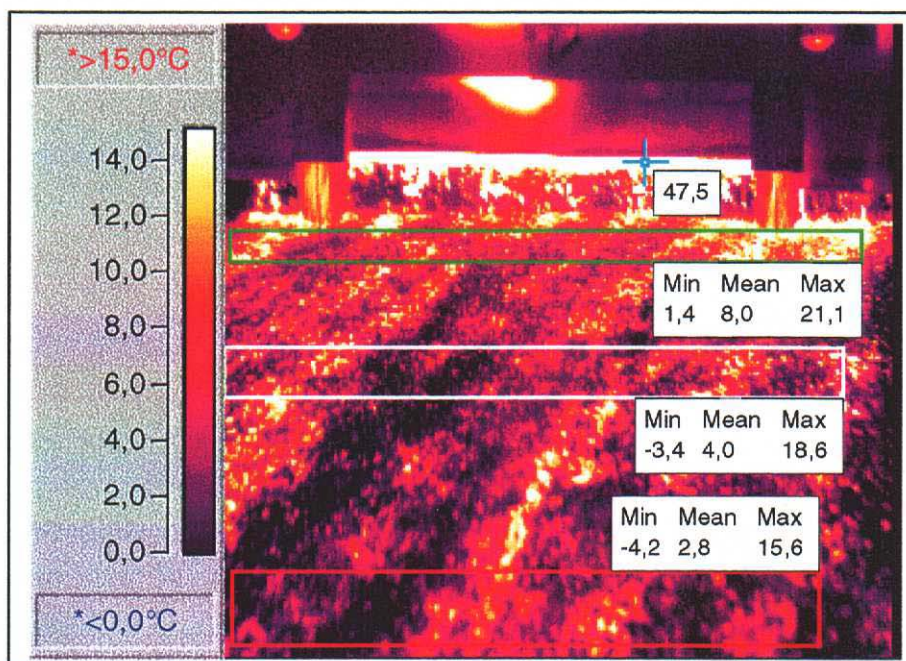


Figur 4.4: Strøbilde fra tallerkenspreder fra Sør-Trøndelag (Støren) tatt med varmekamera. Tørr sand tilsatt kaldt vann. 12.01.2000, kl 16:26, lufttemperatur: $-2,2^{\circ}$, dekketemperatur: $-3,2^{\circ}$.

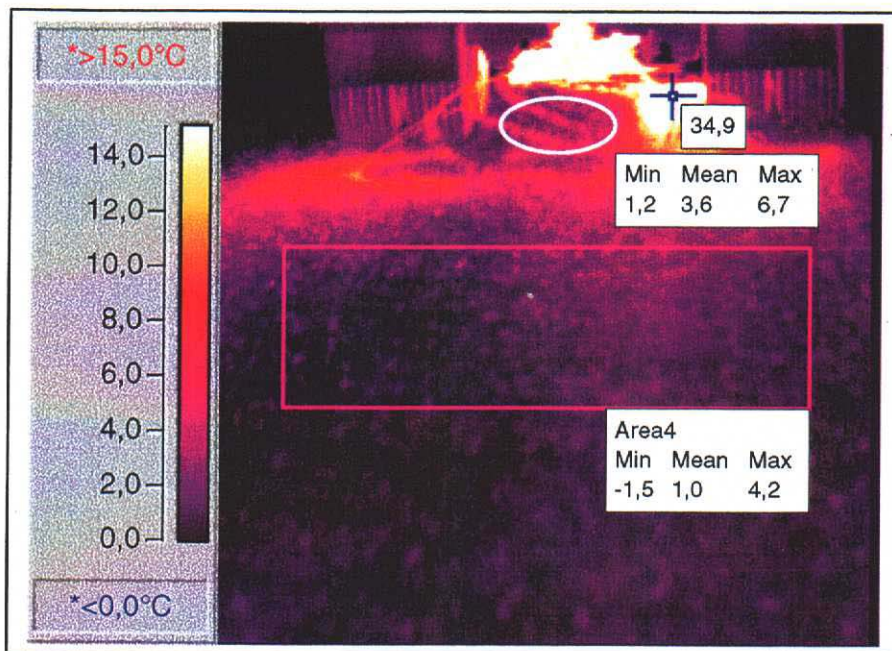
Ved det andre forsøket på E136 ved Dombås var det foretatt en modifikasjon av sprederen på bilen fra Hedmark. Resultatet av dette ser en tydelig ved sammenligning med våtsandenheten fra Oppland, se figurene 4.5 og 4.6. Temperaturfordelingen er omtrent identisk mellom de 2 enhetene. Når strøbildet likevel er forskjellig, kan dette ha sammenheng både med ulik slitasje på knastene på utleggervalsen og litt forskjell på kjørehastigheten.



Figur 4.5: Strøbildet fra våtsandbilen i Oppland tatt med varmekamera. 08.02.2000 kl 11:19, Lufttemperatur: $-3,2^{\circ}$, dekketemperatur: $-2,1^{\circ}$.



Figur 4.6: Strøbildet fra våtsandbilen i Hedmark tatt med varmekamera. 08.02.2000 kl 11:08, Lufttemperatur: $-3,2^{\circ}$, dekketemperatur: $-2,1^{\circ}$.

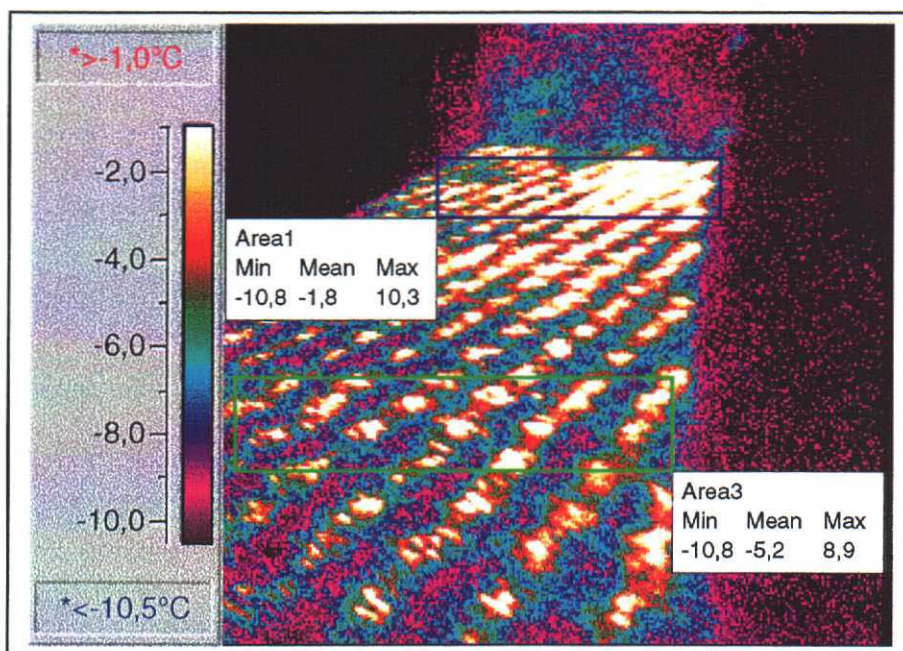


Figur 4.7: Strøbildet fra Akershusbilen (Falköping) tatt med varmekamera. 08.02.2000 kl 11:47. Lufttemperatur: $-3,2^{\circ}$, dekketemperatur: $-2,1$.

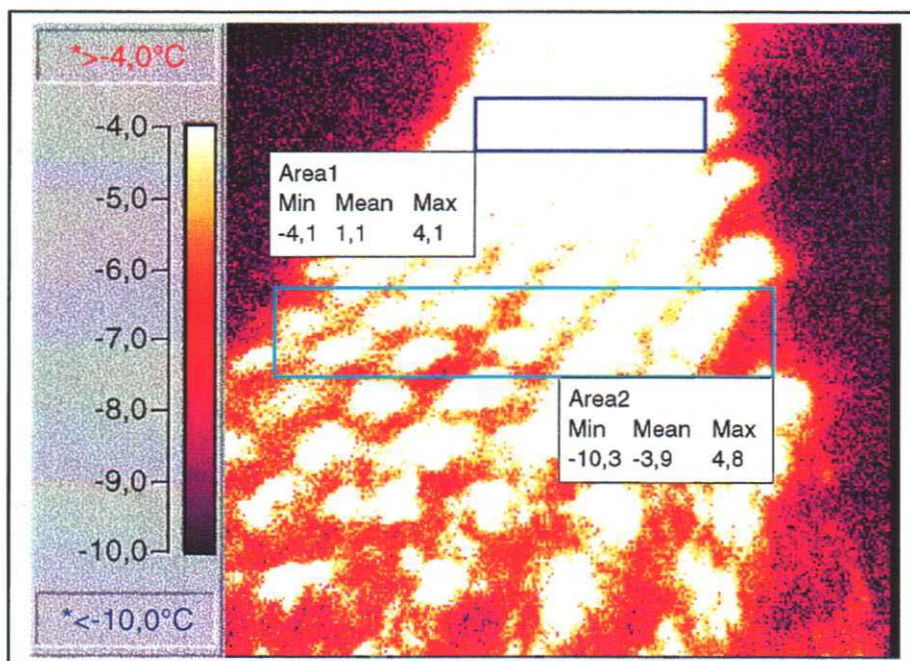
Figur 4.7 viser strøbildet fra strøbilen fra Akershus, dvs Falköpingkonseptet med oppvarming av grusmaterialene. Det er som en ser lavere utgangsvarme og et mye raskere varmetap med denne løsningen enn med etterhengende spreder.

Det blir ikke riktig å foreta en direkte sammenligning med Hedmarksbilen med tallerkenspreder fordi det bildet en har fra denne bilen er fra det første forsøket på E136, og det har skjedd tilpasninger etter dette som er vesentlige for funksjonaliteten. Ut fra den dokumentasjonen som foreligger viser likevel en sammenligning mellom Hedmarksbilen med tallerkenspreder (figur 4.3) og Akershusbilen (figur 4.7) en forskjell til fordel for Hedmarksbilen med en høyere temperatur på massen som forlater tallerkenen.

Når det gjelder bilen fra Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag, se figur 4.8, er denne sammenlignet med Opplandsbilen, se figur 4.9. Pga de lave temperatuene en hadde denne dagen, er temperatuene bak sprederne lavere enn dagen før, og det var også såvidt mye damp at det var vanskelig å få fram varmfordelingen i selve sprederne. Siden de to bildene ikke er tatt på samme tidspunkt, og det er en viss temperaturforskjell i luft og vegbane, er det vanskelig å trekke en direkte sammenligning. Bildene tyder likevel på at maksimumstemperaturen er høyest på bilen fra Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag.



Figur 4.8: Strøbildet fra bilen til Møre og Romsdal/Sør-Tr.lag tatt med varmekamera. 09.02.2000 kl 16:49. Luft: $-9,5^{\circ}$, dekke: $-7,3$.



Figur 4.9: Strøbilde fra våtsandbilen i Oppland tatt med varmekamera. 09.02.2000 kl 10:26. Luft: $-11,6^{\circ}$, dekke: $-8,6$.

4.3 Analysegrunnlag

I presentasjonen av resultatene er friksjonen beskrevet på følgende måter:

- Friksjon før tiltak - den friksjon som er målt nærmest opp mot tidspunktet for tiltak
- Friksjon etter tiltak - kan være oppgitt enten rett etter tiltak eller en viss tid etter tiltak
- Friksjonstilskudd, E - effekten i form av friksjonstilskuddet er beregnet som forskjellen i friksjonsnivået etter tiltak i forhold til friksjonsnivået like før tiltak

For at alle måleresultatene skal være sammenlignbare, er det valgt å benytte såkalt Oscar-verdi ved angivelse av friksjonsnivå. Bakgrunnen for dette er at det som nevnt er bestemt at Oscar skal benyttes som referanse. Særlig fra de 2 forsøkene på E136 foreligger det samtidige friksjonsmålinger med ulike typer måleutstyr som gjør det mulig å beregne korreksjonsfaktorer for omregning fra måleverdier med målere av typen Roar til Oscar-verdi. Dette er gjort ved å ta ut gjennomsnittlig friksjonskoeffisient for alle delfelt som er målt med Oscar, og som samtidig er målt med én eller flere Roar-målere. I noen tilfeller er det en viss tidsdifferanse mellom overfartene med de forskjellige målerne, noe som trolig gjør at en ikke har fått riktig så god tilpasning som en ellers ville kunne fått med kortere tidsdifferanser.

For hver måler er det så foretatt beregning av en lineær regresjonslinje med Oscar-verdien som avhengig variabel og tilhørende verdi for de andre målerne som uavhengig variabel. Resultatet av disse beregningene er gjengitt i tabell 4.1. Faktoren R^2 er et uttrykk for hvor god tilpasningen er mellom regresjonslinjen og de enkelte måleverdiene. Dersom denne faktoren er 1,0 vil det si at alle målingene faller på en rett linje (regresjonslinjen). De beregnede sammenhengene er tilfredsstillende, og korreksjonene går samme veg ved at måleverdiene med Roar-målerne reduseres med en faktor på 0,8-0,9 for å komme på samme nivå som Oscar. Alle friksjonsmålingene er korrigert ut fra de beregnede sammenhengene i tabell 4.1.

Tabell 4.1: Faktorer for omregning til Oscar-verdier¹.

Roarmåler	Konstant	Faktor	R^2
Sør-Trøndelag	0,0169	0,796	0,84
Akershus	-0,02688	0,847	0,92
Hedmark	-0,0742	0,888	0,65
Buskerud	0,04456	0,771	0,82

¹ $Oscarverdi = Konstant + Måleverdi_{Roar} * Faktor$

Analysene av hovedresultatene er basert på de 3 mest omfattende forsøkene på veg (forsøk I, II og VI). Totalt inngår 112 delfelt i dette materialet. For hvert delfelt er det registrert følgende opplysninger:

- Metode
- Salttilsetning (kg salt/m³)
- Enhet (bil)
- Gradering (minste og største kornstørrelse)
- Dosering (gram/m²)
- Mengde av ulike fraksjoner (gram/m²)
- Lufttemperatur
- Dekketemperatur
- Føretype (snø eller is)
- Vanntemperatur/massetemperatur
- Friksjon før tiltak, friksjon etter tiltak og friksjonstilskudd

Når det gjelder vanntemperatur/massetemperatur er denne ikke målt eksakt under forsøkene. De temperaturnivåene som er angitt er derfor å oppfatte som omtrentlige.

I avsnitt 4.4 er det foretatt en sammenstilling av hovedresultatene fra sandingsforsøkene sesongen 1999/2000 ved beregning av gjennomsnittlige effekter. I oppsummeringen av hovedresultatene er det valgt å legge hovedvekt på betydningen av spredertype og vanntemperatur. Det er også gjort vurderinger av om det er enkelte materialtyper som skiller seg ut både for våtsandmetoden og ved strøing med tørre materialer. Med såvidt mange delfelt, har det også vært mulig å foreta en flerfaktoranalyse for å se hva som forklarer forskjellene i friksjonstilskudd mellom de ulike kombinasjonene som er testet ut. Dette er nærmere behandlet i avsnitt 4.5.

Ved vurdering av resultatene er det som tidligere nevnt også viktig å være klar over at en del av utstyret har vært modifisert i løpet av vinteren. Bl a gjelder dette løsningen med varmbefuktet sand og tallerkenspreder hvor det i de siste 2 forsøkene ble det benyttet en annen type tallerken enn i de første forsøkene, der en bl a fikk tendenser til separasjon mellom vann og grus.

For nærmere detaljer om forsøksbetingelser og resultater fra de enkelte forsøkene, henvises det til kapittel 6.

4.4 Beskrivende analyse (gjennomsnitt)

4.4.1 Generelt

I analysene basert på gjennomsnittsverdier er materialet gruppert etter kriterier som er kommentert under hvert avsnitt. F eks er det skilt på ulike hovedtyper metoder. Materialet gir bare begrensede muligheter for å foreta en underoppdeling på flere nivåer fordi hver gruppe da blir for liten til å foreta sammenligninger.

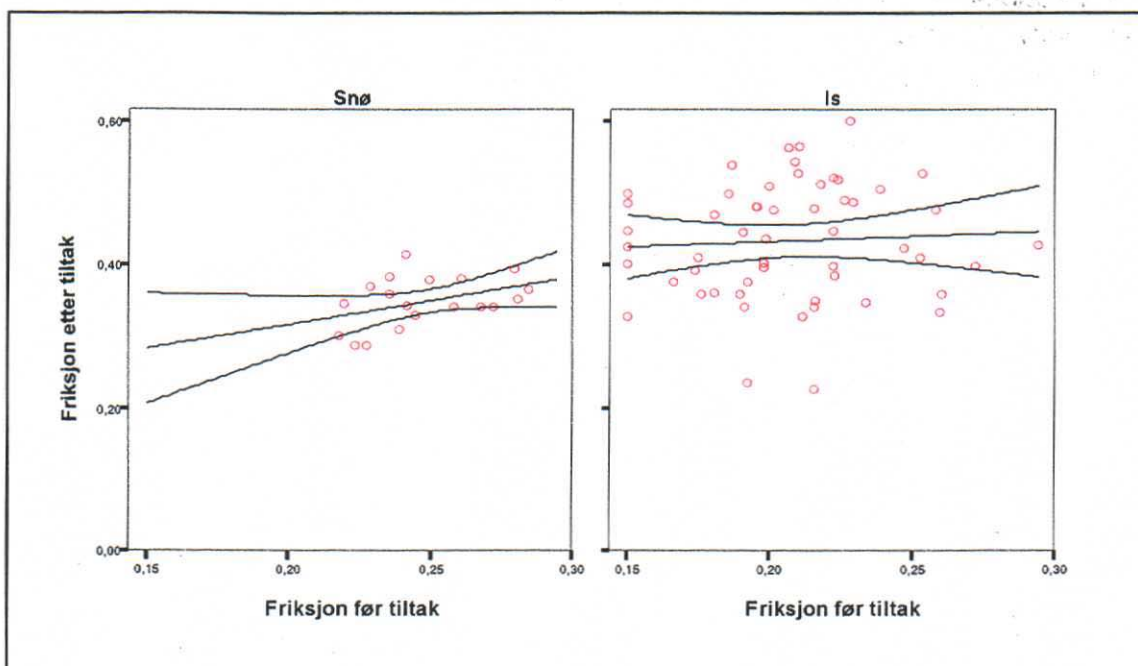
I tillegg til gjennomsnittsverdier er det også gjengitt 95%-konfidensintervall for gjennomsnittsverdien (angitt med en tynn vertikal og horisontal strek). Dersom konfidensintervallene for 2 forskjellige grupper ikke overlapper hverandre vil det si at forskjellen er signifikant på 5% nivå. Dvs at det er mindre enn 5% sannsynlighet for at forskjellen er utslag av tilfeldige variasjoner. Det er viktig å presisere at resultater som er statistisk signifikante vil være gyldig for forskjeller mellom de ulike metodene, men at de friksjonsnivåene som kan oppnås under andre forhold vil kunne variere sammenlignet med de beregnede gjennomsnittsverdiene for de aktuelle føretypene en hadde under forsøkene. Dette gjelder særlig varmbefuktet sand på det som er betegnet som snøføre. Siden forsøkene på snøføre til dels foregikk med litt løs snø på overflaten var forholdene ikke optimale fordi vedheften da ser ut til å bli dårligere enn når snøoverflaten er hardpakket.

Det er også viktig å understreke at de presenterte resultatene for hovedmetodene er basert på gjennomsnitt for forskjellige enheter som i en del tilfeller ikke fungerte optimalt bl a med hensyn til vanntemperatur.

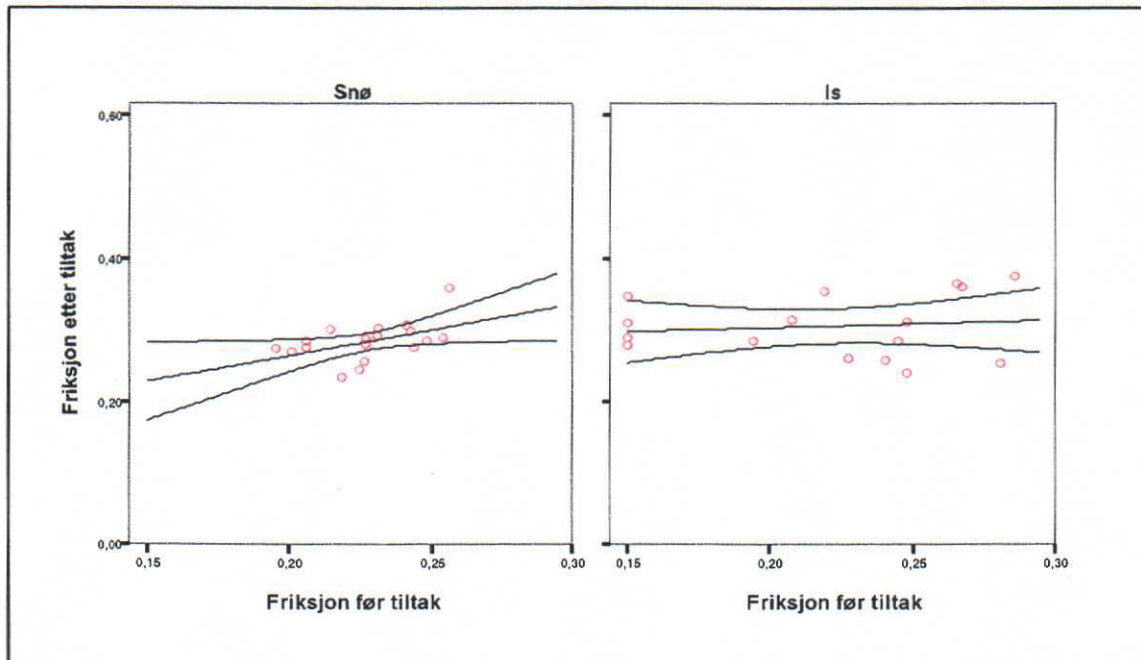
4.4.2 Føreforholdenes betydning

I figurene 4.10 og 4.11 er det vist sammenhengen mellom friksjon før tiltak og friksjon etter tiltak på snøføre og isføre for henholdsvis befuktet sand og tørr sand. Alle observasjonene innenfor de

ulike gruppene er tatt med i disse figurene. Det også er gjengitt den regresjonslinjen som gir best tilpasning og 95%-konfidensintervallet til denne.



Figur 4.10: Sammenhengen mellom friksjon før tiltak og friksjon etter tiltak på snø- og isføre ved stroing med våtsand, inkluderer alle vanntemperaturer som er undersøkt.

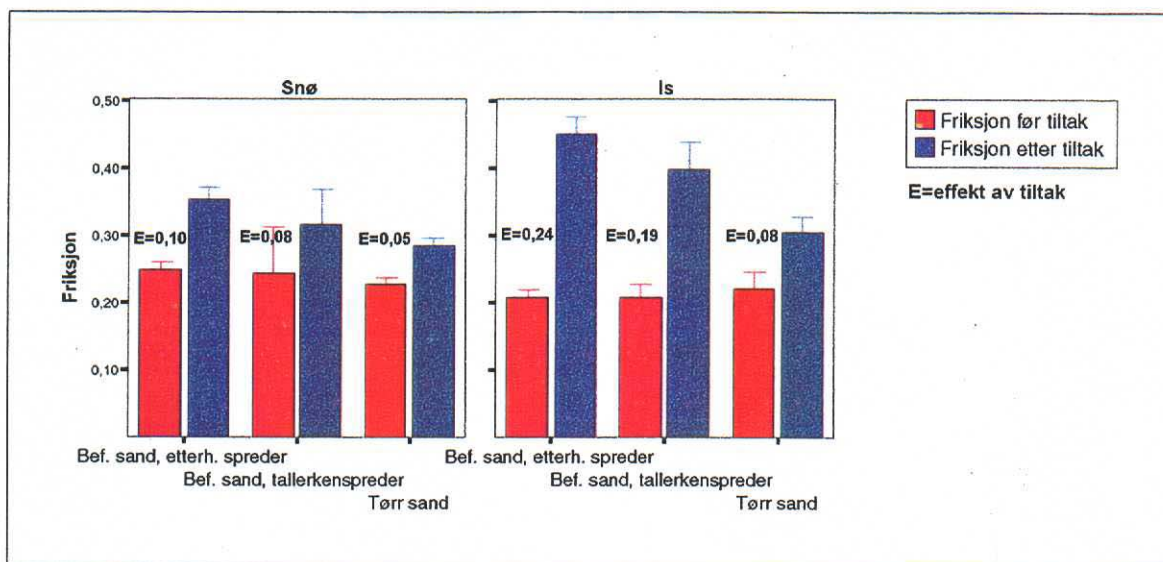


Figur 4.11: Sammenhengen mellom friksjon før tiltak og friksjon etter tiltak på snø- og isføre ved stroing med tørr sand.

Som det framgår av figurene 4.10 og 4.11, er resultatene for våtsand og tørr sand omtrent identiske når det gjelder sammenhengene mellom friksjon før tiltak og friksjon rett etter tiltak, men det er en nivåforskjell ved at friksjon etter tiltak er høyere med våtsand enn med tørr sand. Særlig for isføre ser friksjonen etter tiltak ut til å være uavhengig av friksjonen før, dvs at friksjonen etter tiltak dermed er direkte knyttet til overflatestrukturen som oppnås med selve metoden. Dette gjelder i litt mindre grad snøføre hvor det kan tyde på at friksjonen før tiltak har

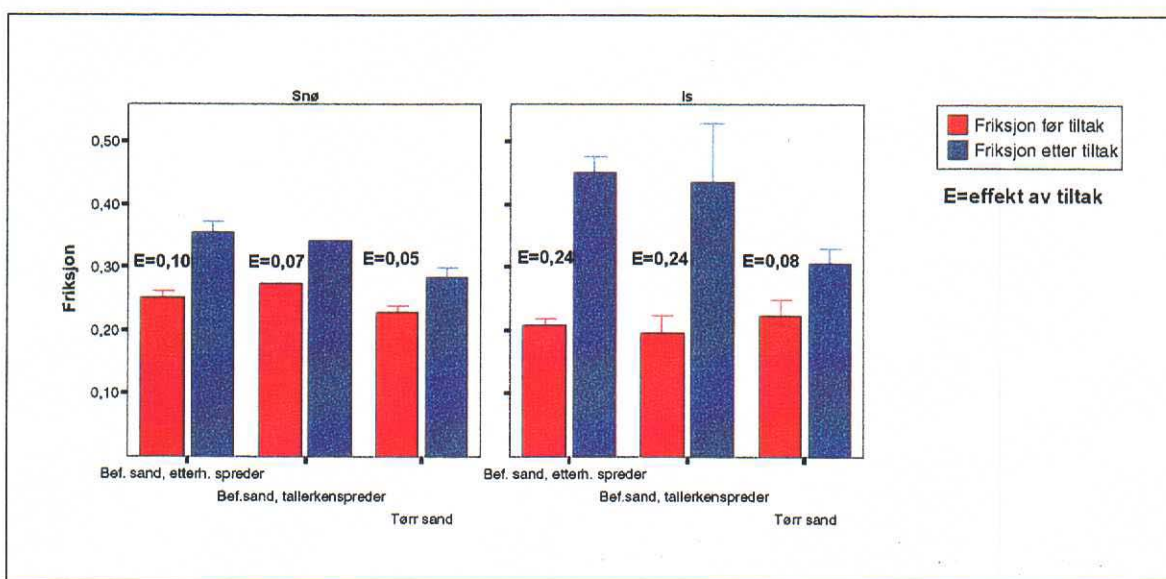
en viss betydning for effekten som kan oppnås både med våtsand og tørr sand. Dette kan være en indikasjon på beskaffenheten på snødekket har en innvirkning på resultatet som oppnås etter strøing.

For å se nærmere på de ulike metodene er det i figur 4.12 er gjengitt resultatene i form av gjennomsnittsverdier for befuktet sand med henholdsvis etterhengende spreder og tallerkenspreder, samt tørr sand på snø- og isføre. For tørr sand er det i denne sammenstillingen ikke skilt på om det er tilsatt salt eller ikke til strøsand.



Figur 4.12: Gjennomsnittlige effekter med ulike metoder på snø- og isføre. Befuktet sand inkluderer alle vanntemperaturer som er undersøkt.

Av figur 4.12 ser en at både for snø- og isføre var friksjonen før tiltak svært jevn for de ulike metodene. Dvs at forskjellene i friksjon etter tiltak kan tilskrives effekten av de undersøkte metodene. For tallerkenspreder er det i figur 4.12 ikke skilt på vanntemperatur. Dersom en bare tar med varmbefuktet sand i gruppen tallerkenspreder (vanntemperatur over 90⁰ C), blir resultatene som vist i figur 4.13.

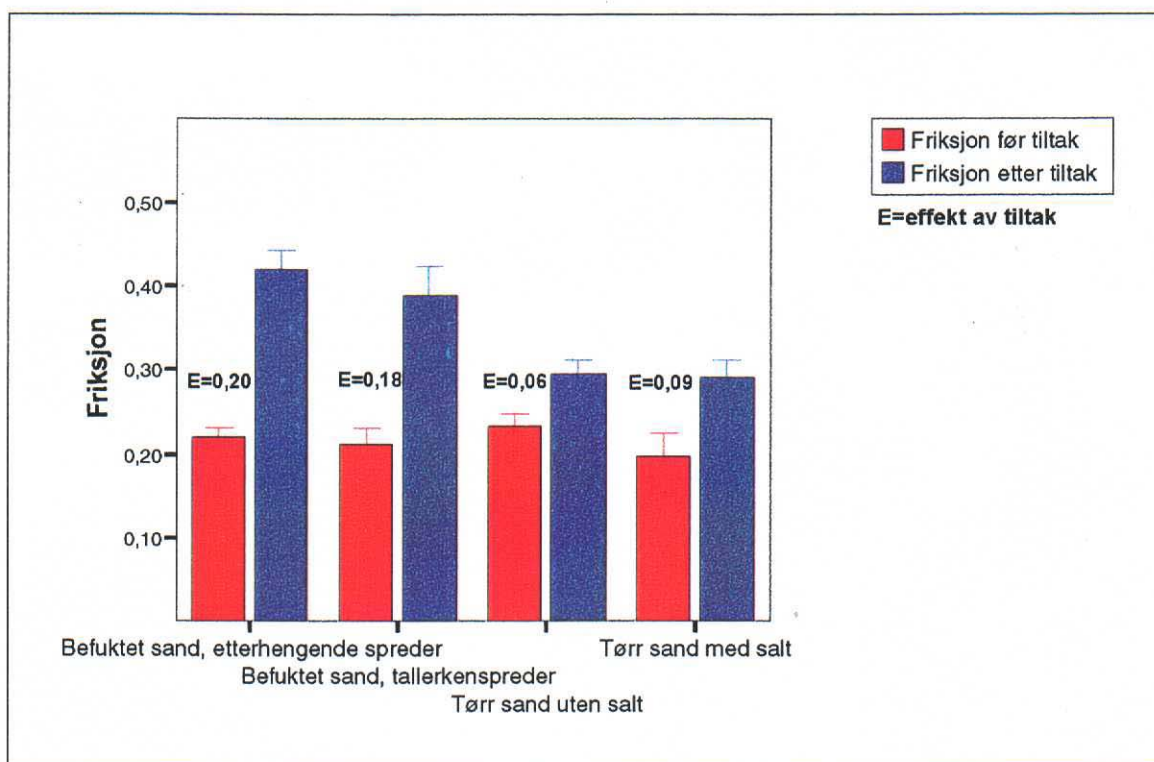


Figur 4.13: Gjennomsnittlige effekter med varmbefuktet sand og tørr sand på snø- og isføre.

Som en ser av figur 4.12 og 4.13 er effekten av de 3 metodene høyere på isføre enn på snøføre. En kan også se at forskjellen mellom varmbefuktet sand og tørr sand er større på is- enn på snøføre. For både snø- og isføre er friksjonen etter tiltak signifikant høyere med varmbefuktet sand enn med tørr sand (gjelder ikke tallerkenspreder på snøføre). Mens effekten er dobbelt så stor på snøføre, er den tre ganger så høy på isføre. Både på snøføre og isføre ser det ut for at det kan oppnås omtrent like god effekt rett etter tiltak ved bruk av tallerkenspreder som når det brukes etterhengende spreder, jfr figur 4.13.

4.4.3 Sammenligning mellom ulike metoder

I figur 4.14 er det laget en sammenstilling av gjennomsnittlig effekt rett etter tiltak for ulike hovedtyper metoder uten å skille på føretype.



Figur 4.14: Gjennomsnittlig effekt av ulike metoder. Inkluderer alle vanntemperaturer og føretyper.

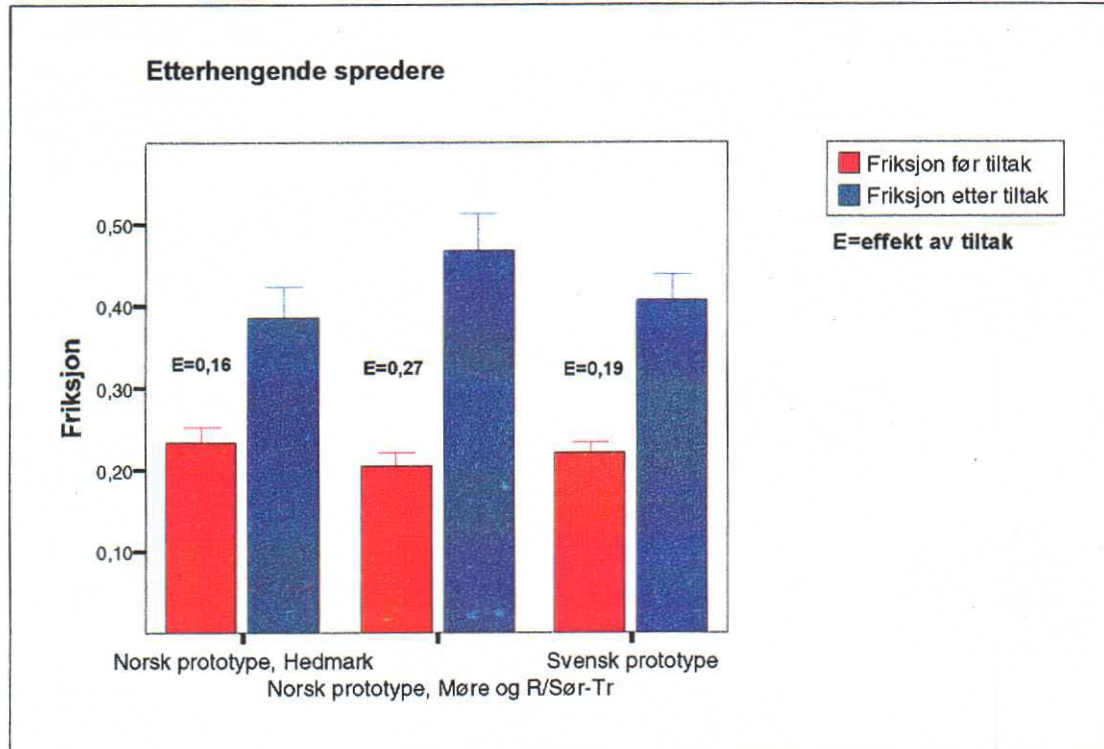
Befuktet sand gir i gjennomsnitt høyest friksjon etter tiltak og den beste effekten sammenlignet med tradisjonell sanding også når en ser bort fra vanntemperaturen. Dette gjelder både etterhengende spreder og tallerkenspreder. Friksjonen etter tiltak er signifikant høyere både for etterhengende spreder og tallerkenspreder sammenlignet med tørr sand uavhengig av om sanden er tilsatt salt eller ikke.

For tørr sand kan det av figur 4.14 ikke påvises at det har noen betydning for friksjonsnivået som kan oppnås rett etter strøing om strøsandens er tilsatt salt eller ikke. Dette er logisk i og med at det vil ta noe tid før saltet begynner å virke.

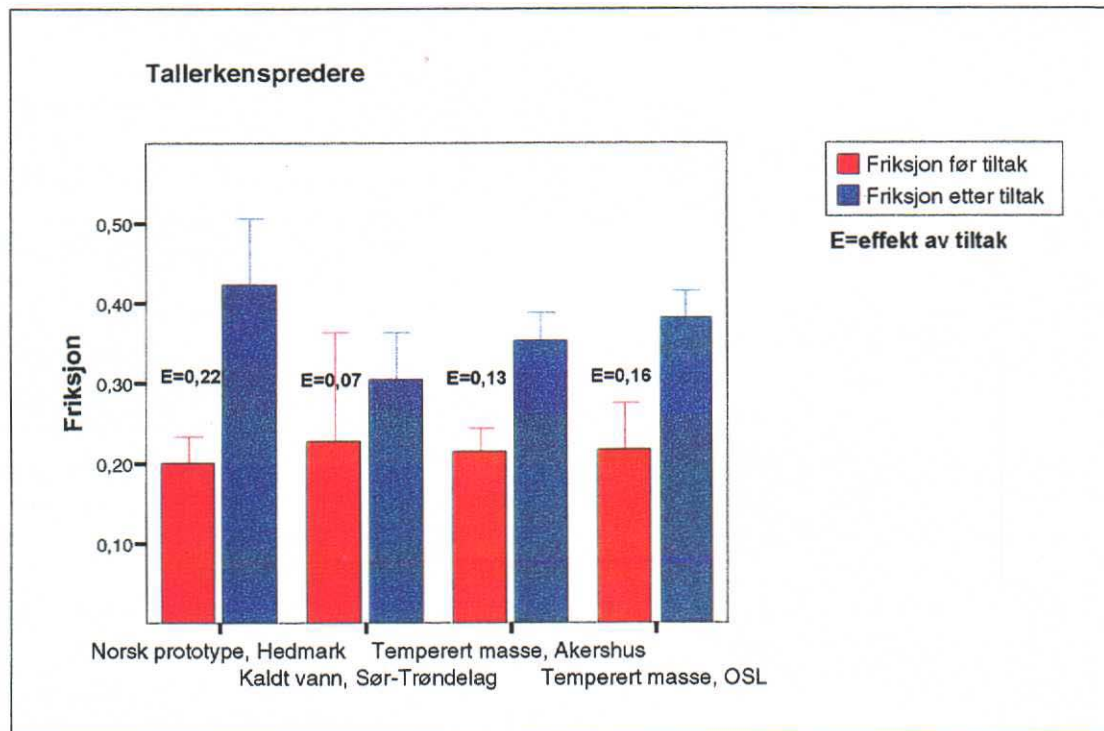
4.4.4 Oppnådde effekter med norske spreder for varmbefuktet sand

Et hovedresultat fra forsøkene som er gjennomført er at det er oppnådd like gode og til dels bedre resultater med de norske våtsandsprederne sammenlignet med den svenske prototypen, se figur 4.15 som viser resultatene for de ulike enhetene basert på bruk av etterhengende spreder. Mest

stabile og best resultater er oppnådd med den norske prototypen hvor varmeenheten er montert på bilen. Dette sikrer best kontroll på vanntemperaturen. Forskjellen mellom de 2 norske prototypene er statistisk signifikant på 5% nivå. En årsak til dette kan være at bilen fra Hedmark ikke fungerte optimalt under det første forsøket som ble gjennomført.



Figur 4.15: Gjennomsnittlig effekt av de ulike enhetene med varmbefuktet sand og etterhengende spreder. Alle føretyper.



Figur 4.16: Gjennomsnittlig effekt av de ulike enhetene med befuktet sand og etterhengende spreder. Alle føretyper.

For vanntilsetning med tallerkenspreder er resultatene som gjengitt i figur 4.16. Statistisk sett er forskjellene mellom de ulike enhetene med tallerkenspreder ikke signifikant. En hovedgrunn til dette er at det er store variasjoner for Hedmarksbilen samtidig som tallmaterialet for kaldt vann er svært begrenset.

Ut fra forsøkene med våtsandbilen fra Hedmark, ser tallerkenspreder ut for å gi et friksjonstilskudd som omtrent er på høyde med etterhengende spreder rett etter tiltak, se figurene 4.15 og 4.16. Resultatene med tallerkenspreder er så gode, at dette anses som et fullgodt alternativ til bruk av etterhengende spreder. Det ligger imidlertid fortsatt et behov for å gjøre ytterligere tester og sammenligninger mellom de 2 hovedtypene spreder. Det vil også være et utviklingsbehov for å komme fram til en optimal løsning ved bruk av tallerken. Det som er viktig nå er å sørge for å ha begge mulighetene ved oppbygging av nye biler for varmbefuktet sand. Dvs at bilene bør ha tallerken som standard utrustning og samtidig være forberedt for tilkobling av etterhengende spreder.

4.4.5 Vanntemperaturens betydning for effekten av våtsandmetoden

Det er ikke gjennomført noe eget testopplegg for å finne optimal vanntemperatur, men ut fra de forsøkene som er gjort er det klare indikasjoner på at det er viktig at vanntemperaturen er så høy som mulig for å oppnå maksimal effekt av tiltaket. Dette viser seg bl a ved at bilen fra Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag kom noe bedre ut enn de 2 andre tilsvarende enhetene ved bruk av etterhengende spreder, se figur 4.15.

Også forsøkene med tallerkenspreder underbygger at det er viktig med en høy arbeidstemperatur på vannet. Dette viser seg klart ved en sammenligning mellom strøing med tallerkenspreder og ulik vanntemperatur/massetemperatur, se figur 4.16. Selv om det er gjort bare ett enkelt forsøk med kaldt vann er det konkludert med at dette ikke vil være noe alternativ til varmbefuktet sand ut fra at effekten ser ut til å være liten. Driftsmessig vil dette også være en dårlig løsning med tanke på at det kan oppstå fryseproblemer.

Når det gjelder bruk av tallerkenspreder med varmt vann sammenlignet med temperert masse tilsatt vann, er friksjonen etter tiltak klart høyere ved tilsetning av varmt vann. Selv om en temperert blanding av grus og vann gir en forbedret effekt sammenlignet med tørre materialer, ligger det en betydelig tilleggseffekt i å øke vanntemperaturen opp mot kokepunktet. Økt vanntemperatur vil dessuten øke varigheten av tiltaket, jfr bl a figur 6.24 side 60. Se for øvrig også avsnitt 4.5.

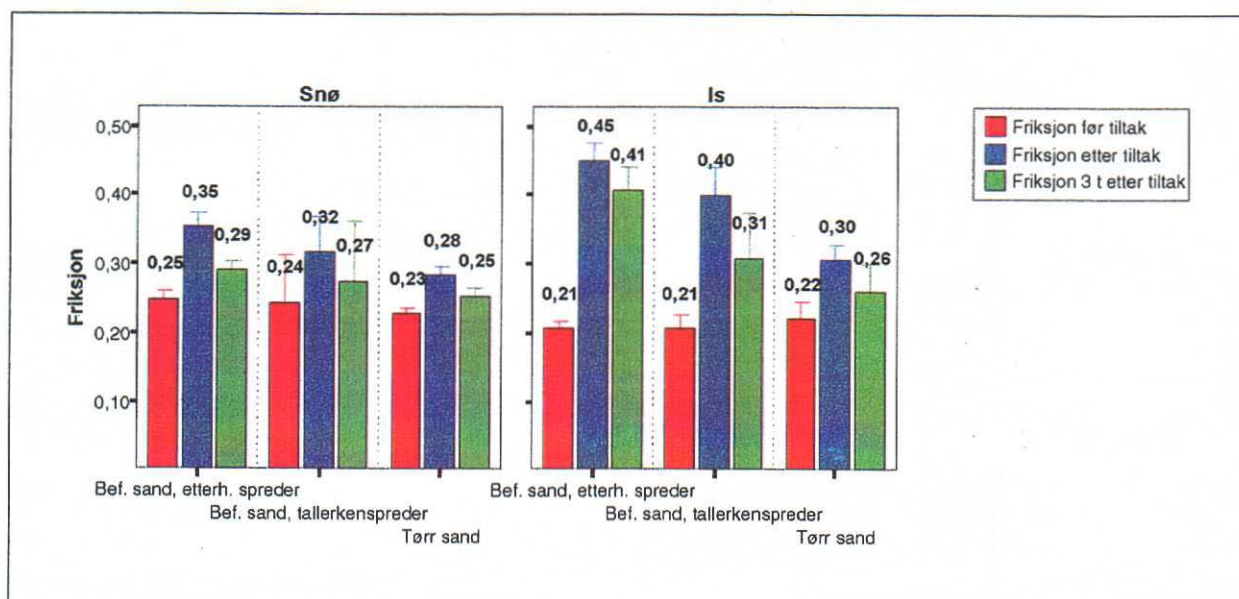
4.4.6 Langtidseffekter og føreforholdenes innvirkning

Ved forsøkene sesongen 1999/2000 fikk en dessverre ikke fulgt de mest varige tiltakene ut hele virkningstida fordi flere av forsøkene ble avbrutt pga endringer i vær- og føreforholdene. Det foreliggende materialet gir derfor begrensede muligheter for å analysere på varigheten av ulike metoder, men det er gjort en sammenstilling av resultatene fra forsøkene på E136.

I figur 4.17 er det vist friksjon rett etter tiltak og etter 3 timer for befuktet sand med henholdsvis etterhengende spreder og tallerkenspreder, samt for tørr sand. I figuren er det skilt mellom føretypene snø og is. Snø vil i dette tilfelle si et løsere snødekke og tendenser til noe løs snø på vegoverflaten.

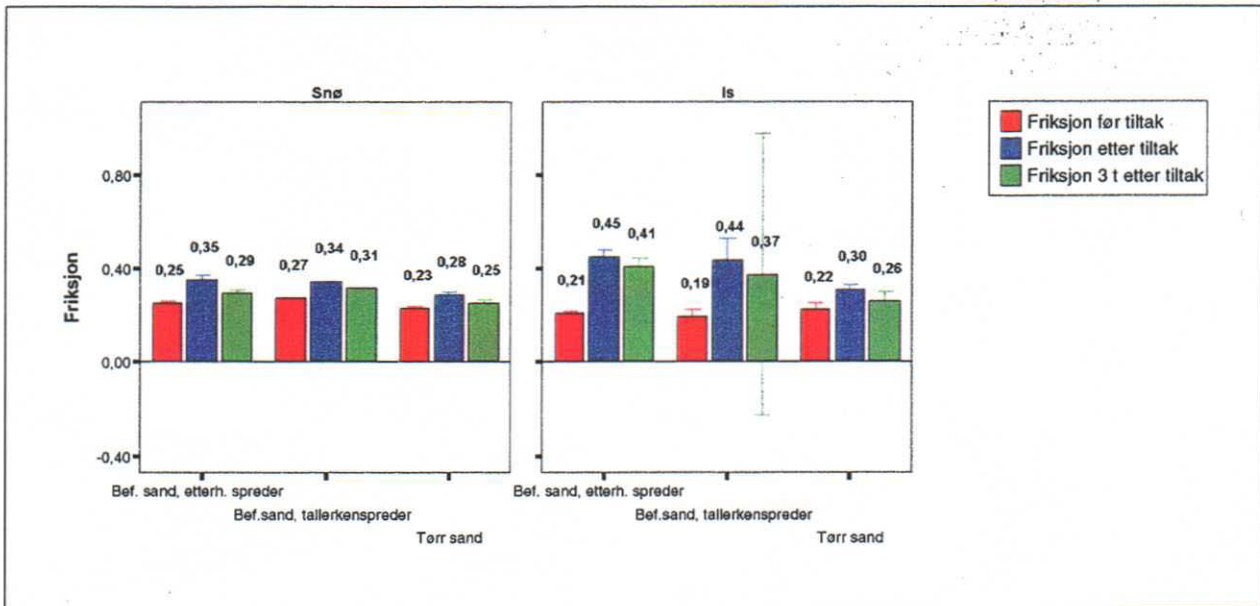
Som en ser av figur 4.17 er effekten av befuktet sand klart bedre på et hardt isdekke enn på et løsere snødekke. Dette gjelder både ved bruk av etterhengende spreder og tallerkenspreder. På

isdekke er også effekten vesentlig bedre med den nye metoden sammenlignet med tørr sand. Dette gjelder både friksjonen umiddelbart etter tiltak og etter 3 timer. Når det gjelder snødekket en hadde under det første forsøket på E136, ga befuktet sand et mindre friksjonstilskudd rett etter tiltak enn det som ble oppnådd under det neste forsøket på E136 på et hardere isdekke. På snødekke skilte varigheten av tiltaket seg heller ikke vesentlig fra det som ble oppnådd med tørr sand. Hovedårsaken til dette er nok kombinasjonen av et løsere snødekke og litt løs snø på overflaten. Både for snø- og isdekke kan en likevel av figur 4.17 se betydningen av å ha et høyest mulig utgangspunkt for å utsette behovet for nye tiltak lengst mulig.



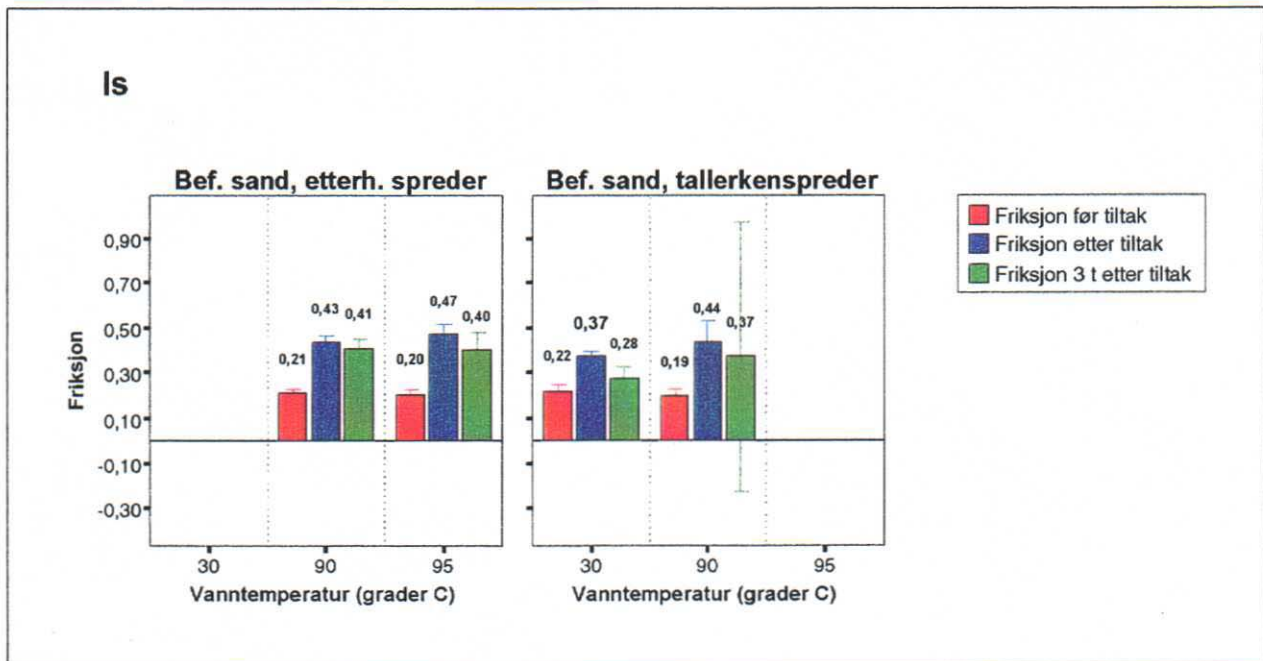
Figur 4.17 Friksjon målt før tiltak, rett etter tiltak og 3 timer etter tiltak for ulike metoder. Grunnlaget er forsøk på E 136.

På is er det indikasjoner på at varigheten er lengre med etterhengende spreder enn med tallerkenspreder ut fra resultatene som ligger til grunn for figur 4.17. Dersom en bare tar med tallerkenspreder med varmbefuktet sand, blir det imidlertid et noe annet bilde, se figur 4.18, hvor det er mindre forskjell på virkningen etter 3 timer for de 2 spredertypene enn når en ikke skiller på vanntemperatur.



Figur 4.18 Friksjon målt før tiltak, rett etter tiltak og 3 timer etter tiltak for varmbefuktet sand og tørr sand. Grunnlaget er forsøk på E 136.

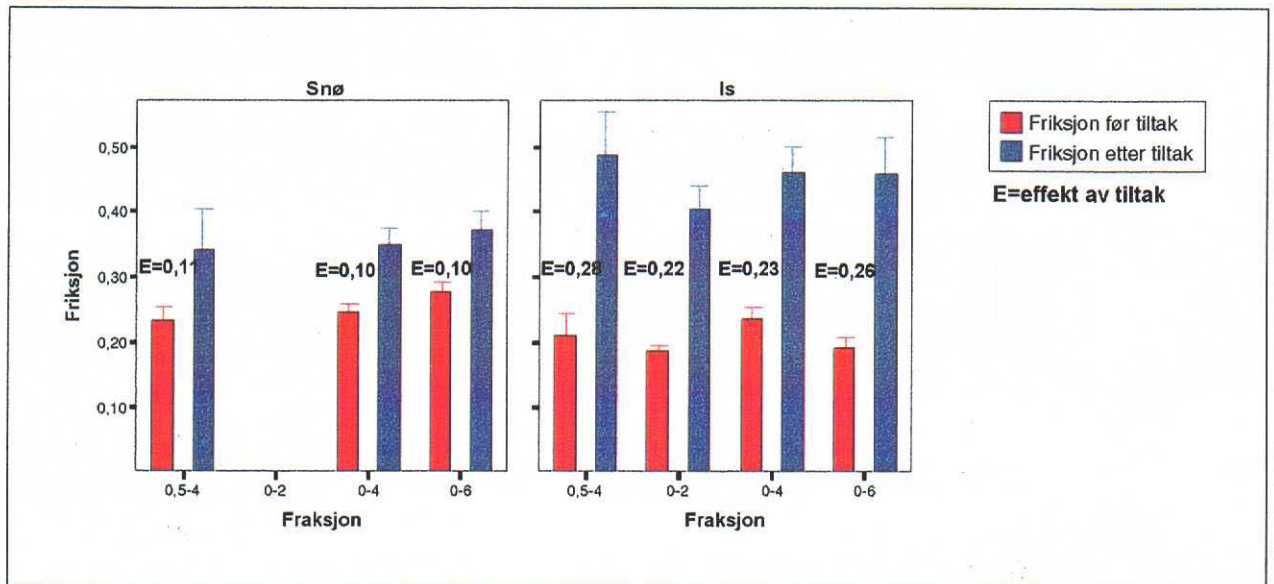
Dersom en ser nærmere på isføre og skiller på vanntemperatur/massetemperatur, blir bildet som vist i figur 4.19. Både friksjonen etter tiltak og virkningen etter 3 timer er nokså lik for de 2 spredertypene når vanntemperaturen er over 90°C . Falköpingkonseptet med temperert masse (30°C) er omtrent på nivå med tørr sand etter 3 timer.



Figur 4.19: Friksjon målt før tiltak, rett etter tiltak og 3 timer etter tiltak for ulike spredere med befuktet sand. Grunnlaget er forsøk på E 136.

4.4.7 Materialkvaliteter

En viktig del av sandingsforsøkene sesongen 1999/2000 var å teste forskjellige materialkvaliteter, og dette er det sett nærmere på ved å foreta en gruppering av materialet i ulike graderinger. Figur 4.20 viser resultatene for varmbefuktet sand på henholdsvis snøføre og isføre.



Figur 4.20: Gjennomsnittlig effekt av ulike materialkvaliteter ved strøing med varmbefuktet sand (Fastsand). Snø- og isføre.

Gjennomsnittlig andel finstoff for de 4 graderingene i figur 4.20 er som vist i tabell 4.2:

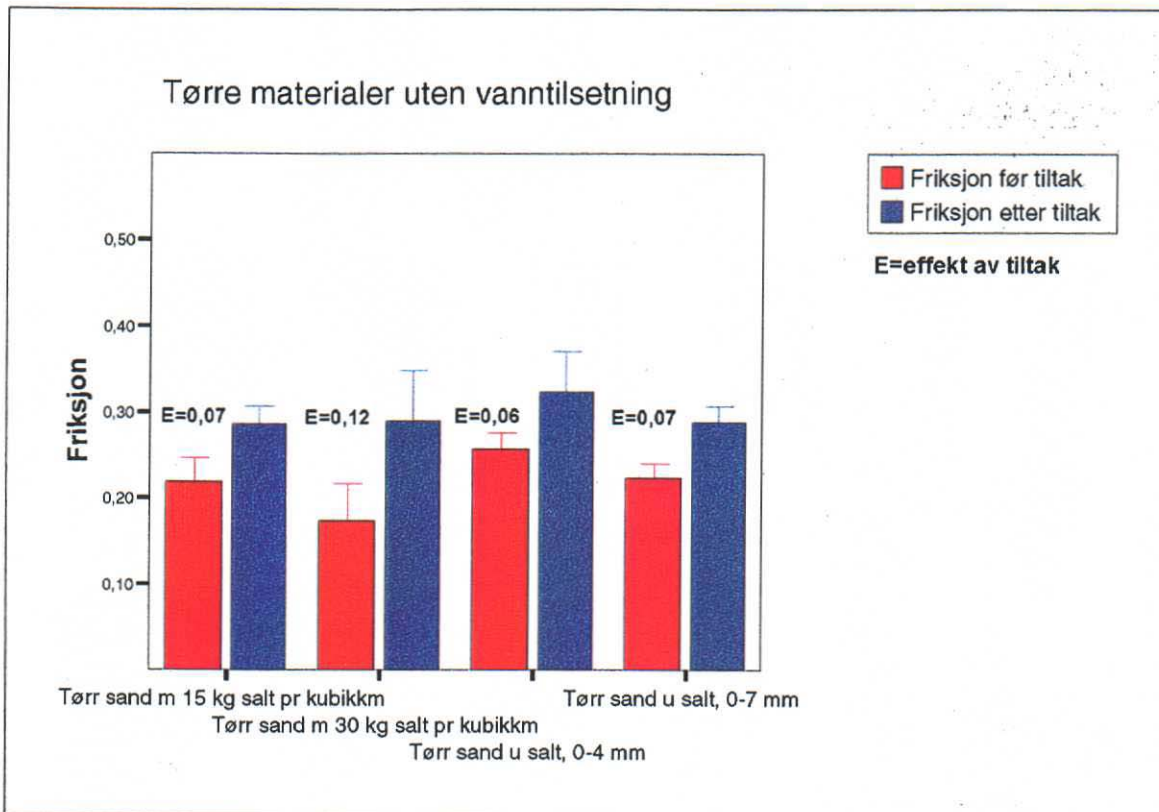
Tabell 4.2: Gjennomsnittlig andel finstoff < 0,075 mm i materialer som er benyttet til varmbefuktet sand

Gradering	Andel finstoff < 0,075 mm
0,5 - 4 mm	2,8%
0 - 2 mm	10,8%
0 - 4 mm	9,0%
0 - 6 mm	7,4%

Både for snøføre og isføre ser det ut til at friksjonen etter tiltak med varmbefuktet sand ikke er vesentlig forskjellig for de ulike materialkvalitetene som er undersøkt. Sammenholdt med finstoffandelene i tabell 4.2, ser det av figur 4.20 heller ikke ut som andelen finstoff er utslagsgivende for friksjonen som kan oppnås etter tiltak med varmbefuktet sand. Det er ingen signifikant forskjell mellom de undersøkte materialkvalitetene hverken på snø- eller isføre.

For tørr sand er det i figur 4.21 vist resultatene for følgende materialkvaliteter:

- Tørr sand m/ 15 kg salt per m³
- Tørr sand m/ 30 kg salt per m³
- Tørr sand u/ salt, fraksjon 0-4 mm
- Tørr sand u/ salt, fraksjon 0-7 mm



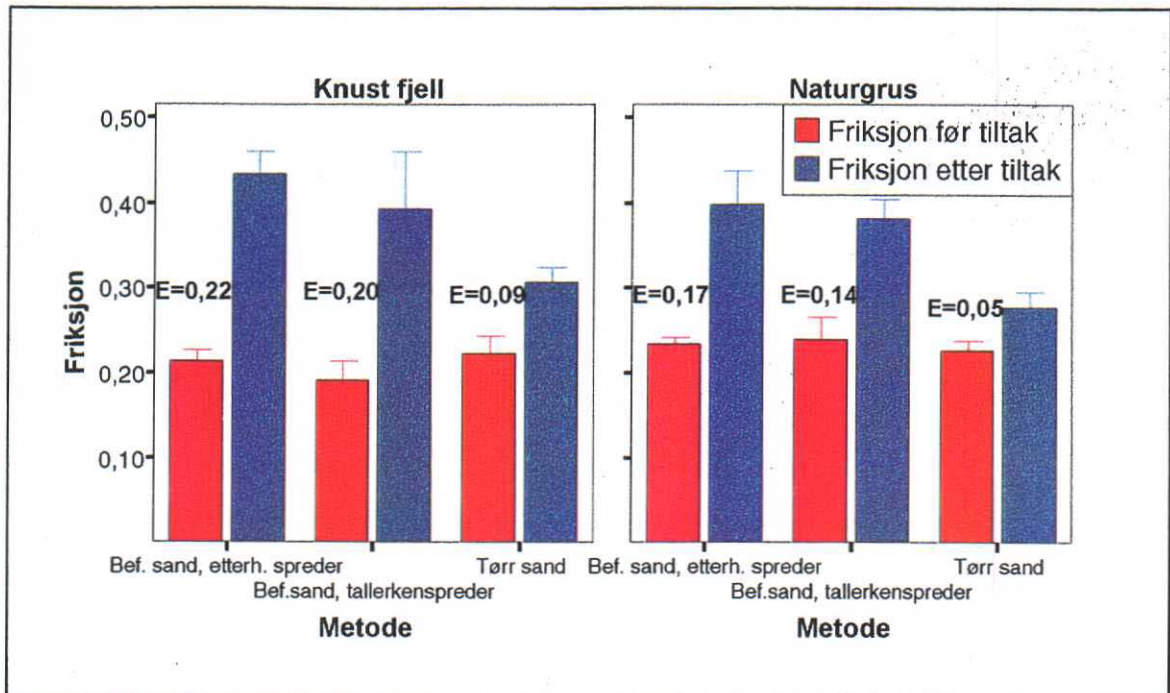
Figur 4.21: Gjennomsnittlig effekt av ulike materialkvaliteter av tørr sand. Alle føretyper.

Ut fra de sammenstillingene som er gjort av gjennomsnittsverdier, er det heller ikke for tørr sand noe som tyder på at siktekurven er av vesentlig betydning for friksjonsnivået etter tiltak, jfr 4.21. Faktisk er oppnådd friksjon etter strøing høyest for tørr sand uten salt med gradering på 0-4 mm, selv om det ikke kan påvises signifikante forskjeller mellom de ulike materialkvalitetene.

Det ser heller ikke ut for at tilsetning av salt eller saltmengden har noen vesentlig betydning for den friksjonen som kan oppnås ved strøing med tørr sand.

Selv om det er litt lite grunnlag for å trekke en endelig konklusjon på betydningen av grovere kornstørrelser, er det mye som tyder på at det er mulig å benytte den samme materialkvaliteten til både varmbefuktet sand og tørr sand.

I tillegg til å analysere på gradering, er det også mulig å se på hvilken betydning det har om det benyttes knust fjell eller naturgrus, se figur 4.22 på neste side. Gruppen naturgrus inneholder både knust naturgrus (gjelder befuktet sand, etterhengende spreder og tørr sand) og ikke knuste materialer (gjelder befuktet sand, tallerkenspreder). Det er ingen signifikante forskjeller mellom knust fjell og naturgrus hverken for befuktet sand (gjelder begge spredertypene) eller tørr sand ut fra det foreliggende materialet.



Figur 4.22: Gjennomsnittlig effekt av ulike materialkvaliteter. Knust fjell og naturgrus på isføre. Alle temperaturer

4.4.8 Massehåndtering

Når det gjelder massehåndtering, er dette et sentralt punkt. Ut fra de forsøkene som er gjort ser det ut for at stedlige masser vil kunne benyttes til varmbefuktet sand selv om finstoffinnholdet varierer. Usorterte masser vil kunne inneholde opp til 10% finstoff (kornstørrelse < 0,075 mm), og dette stiller spesielle krav til utformingen av sandbeholderen og måten grusmaterialene transporteres på. Det er flere problemer som har oppstått under forsøkene som det er viktig å være klar over kan skje dersom det ikke taes spesielle forholdsregler:

- Det er fare for at fingraderte masser kan fryse dersom vanninnholdet er for stort
- Det kan oppstå "tunnel" i strøkassen dersom denne er av standard utforming uten noen spesialtilpasning
- Det kan oppstå "tunnel" i selve strøpparatet ved bruk av etterhengende spreder

4.5 Flerfaktoranalyse

I tillegg til de vurderingene som er gjort ved en sammenligning av effektene som oppnås ved ulike metoder basert på gjennomsnittsverdier, er det sett på om det er mulig å forklare variasjonene i friksjonstilskudd med en statistisk analysemetodikk. For å studere nærmere hvilke faktorer som har innvirkning på friksjonsnivået etter tiltak er det foretatt en såkalt univariat variansanalyse eller flerfaktoranalyse (General Linear Modelling) med friksjon etter tiltak som avhengig variabel. Denne analysemetoden gjør det mulig å beregne sammenhengen mellom den avhengige variable og en eller flere uavhengige variable som kan forklare variasjonen i den avhengige. De uavhengige variable kan være kontinuerlige (f eks lufttemperatur) eller grupperte (f eks føreforhold).

Flerfaktoranalysen er basert på resultatene fra de samme 3 hovedforsøkene på veg som er grunnlaget for den beskrivende analysen. Følgende forklaringsvariable inngår i analysen:

- Lufttemperatur (grader Celsius)
- Dekketemperatur (grader Celsius)
- Føreforhold (snø eller is)
- Vanntemperatur (grader Celsius)
- Dosering (g/m^2)
- Mengde finstoff i følgende fraksjoner: <0,075 mm, 0,075-0,5 mm og 0,5-2,0 mm (i g/m^2)
- Mengde grovere materiale: 2-4 mm og 4-8 mm (i g/m^2)
- Friksjon før tiltak
- Friksjon etter tiltak
- Effekt (friksjonstilskudd)

Siden det er en avhengighet mellom andel finstoff og andelene av grovere fraksjoner, er det i analysene foretatt alternative beregninger med enten finstoffparametrene eller parametrene som beskriver andelene med grovere fraksjoner.

Når det gjelder føreforhold er det viktig å merke seg, som kommentert tidligere, at de tilstandene som er benevnt henholdsvis "snø" og "is" ikke er "rendyrkede" tilstander, og at det derfor naturlig vil være tilfeller hvor effektene av de ulike metodene vil kunne avvike fra resultatene fra forsøkene som er gjennomført sesongen 1999/2000.

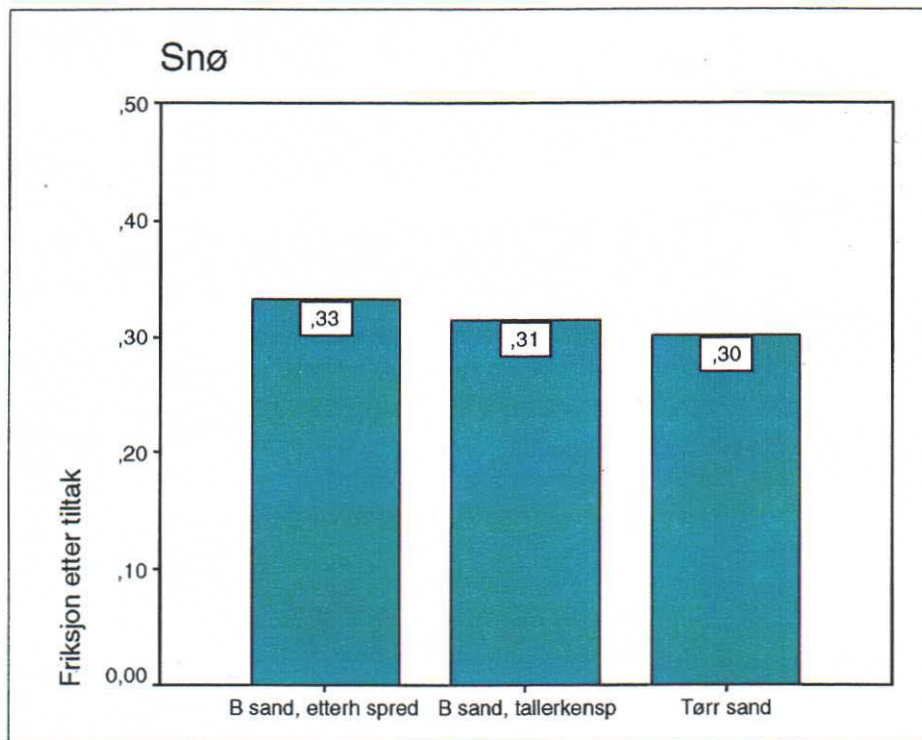
En variansanalyse gjør det mulig å beregne totaleffekten av de ulike metodene når det taes hensyn til forskjellene i de forholdene som virker inn på den avhengige variable, dvs i dette tilfelle friksjonen etter tiltak. I presentasjonen er det er valgt å gjengi de modellene som gir best tilpasning.

4.5.1 Forhold som virker inn på friksjonsnivået etter tiltak på snø og is alle metoder sett under ett

Innledningsvis er det sett på hvilke forhold som virker inn på friksjonsnivået etter tiltak på henholdsvis snøføre og isføre når alle metoder sees under ett.

For snø er resultatene som vist i figur 4.23. Forhold som er tatt inn i modellen er:

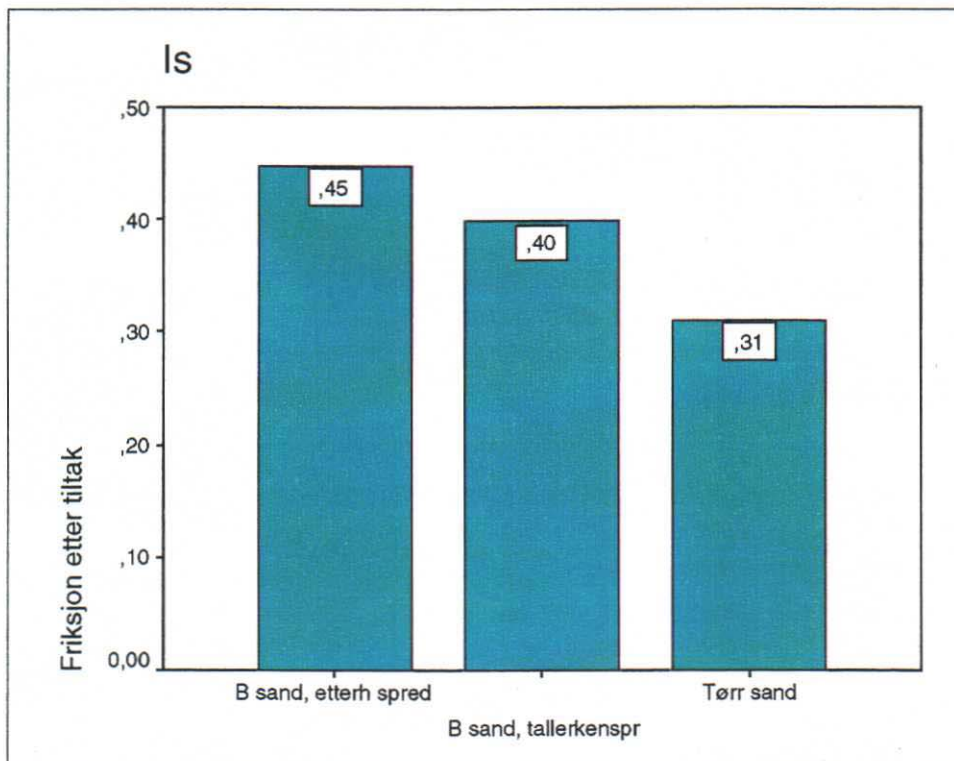
- lufttemperatur - friksjonen etter tiltak avtar med økende lufttemperatur
- friksjon før tiltak - friksjonen etter tiltak øker med økende friksjon før tiltak
- mengde strømateriale - friksjonen etter tiltak øker med økende grusmengde



Figur 4.23: Gjennomsnittlig friksjon etter tiltak med ulike metoder på snøføre hensyn tatt til innvirkende faktorer.

For is er resultatene som vist i figur 4.24. Forhold som er tatt inn i modellen er:

- lufttemperatur - friksjonen etter tiltak avtar med økende lufttemperatur
- mengde finstoff - friksjonen etter tiltak øker med økende mengde finstoff



Figur 4.24: Gjennomsnittlig friksjon etter tiltak med ulike metoder på isføre. Hensyn tatt til innvirkende faktorer.

Forskjellen mellom etterhengende spreder og tallerkenspreder i figur 4.24 skyldes ulik vanntemperatur/massetemperatur.

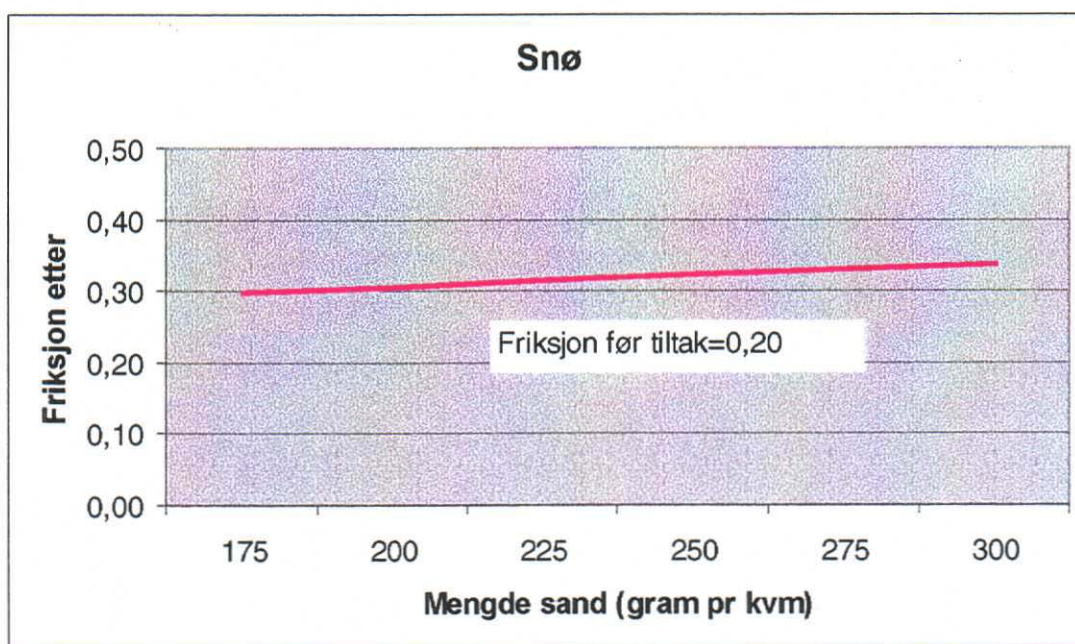
Resultatene fra variansanalysen styrker konklusjonene fra analysen av sammenligningen av gjennomsnittseffektene i forrige avsnitt. Som en ser av figur 4.23 og 4.24 har befuktet sand størst effekt på isføre. Når det gjelder vanntemperaturen/massetemperaturen kommer denne ikke med i hovedmodellen fordi vanntemperaturen ikke er aktuell for tørr sand.

4.5.2 Forhold som virker inn på effekten av befuktet sand

På snøføre viser flerfaktoranalysen at metode (etterhengende spreder eller tallerkenspreder) ikke inngår i modellen. Det er derfor foretatt en analyse uten at metode er inkludert. Resultatet av dette er en modell med følgende forklaringsvariable:

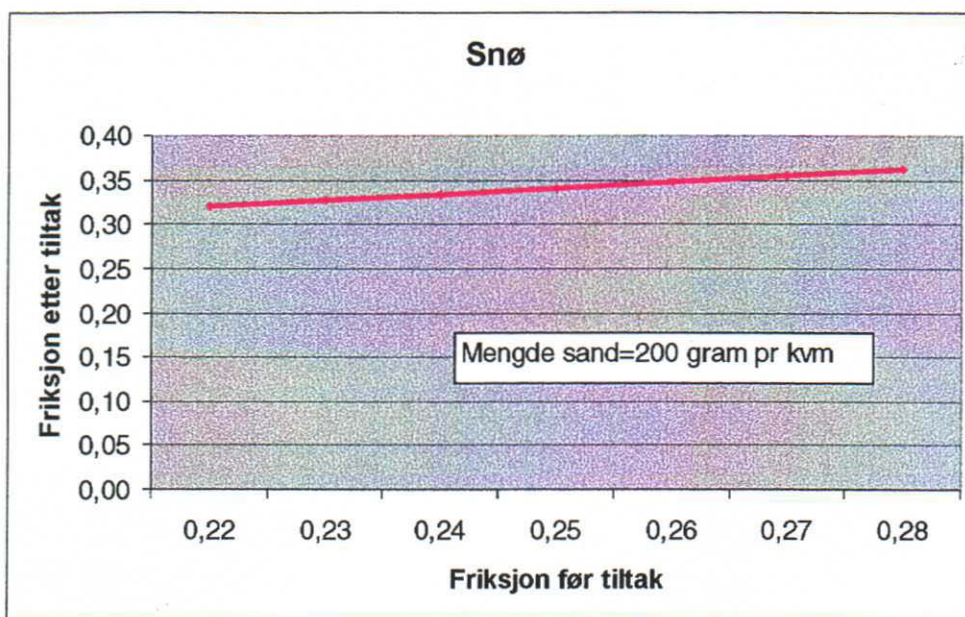
- friksjon før tiltak - friksjonen etter tiltak øker med økende friksjon før tiltak
- mengde strømaterialie - friksjonen etter tiltak øker med økende grusmengde

Figurene 4.25 og 4.26 viser hvordan friksjonen etter tiltak på snøføre varierer med én faktor dersom den andre holdes konstant.



Figur 4.25: Sammenheng mellom friksjon etter tiltak og dosering i g/m². Befuktet sand.

Som en ser av figur 4.25 øker friksjonen etter tiltak med økende sandmengde dersom en går ut fra at friksjonen før tiltak er den samme, men helningen på kurven er som en ser svak. Dette indikerer at det ikke er noe vesentlig å hente på å øke doseringen hensyn tatt til kostnadsøkningen ved å øke sandmengden og derav også redusert rekkevidde for utstyret.



Figur 4.26: Sammenheng mellom friksjon etter tiltak og friksjon før tiltak. Befuktet sand.

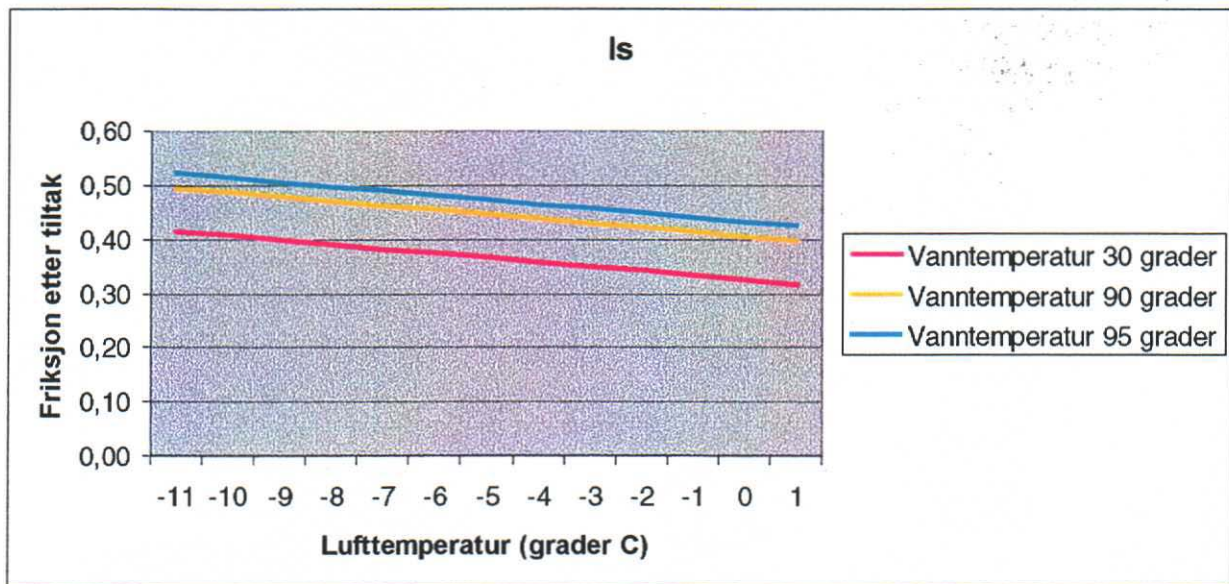
Dersom en holder sandmengden konstant, ser en av figur 4.26 at friksjonen etter tiltak på snøføre øker med økende friksjon før tiltak. Av figur 4.26 framgår det at friksjonen før tiltak har betydning for friksjonsnivået som kan oppnås med den nye sandingsmetoden, men selve friksjonstilskuddet er omtrent det samme.

Av figurene 4.25 og 4.26 kan en trekke som konklusjon at varmbefuktet sand har en klar virkning på snø, men at friksjonstilskuddet ikke øker vesentlig med økende sandmengde, og at friksjonstilskuddet er noenlunde konstant uavhengig av friksjonen før tiltak.

På isføre resulterer flerfaktoranalysen i en modell med følgende forklaringsvariable:

- lufttemperatur - friksjonen etter tiltak avtar med økende lufttemperatur
- vanntemperatur/massetemperatur - friksjonen etter tiltak øker med økende vanntemperatur/massetemperatur

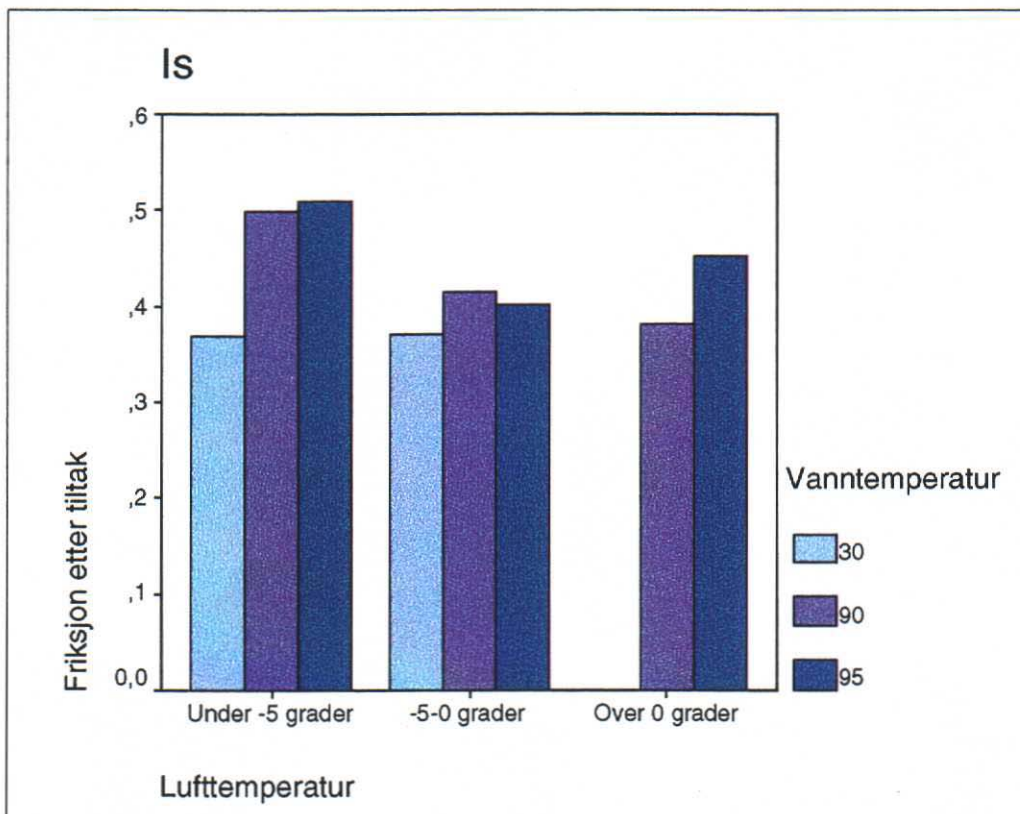
Figur 4.27 viser hvordan friksjon etter tiltak varierer med lufttemperatur og vanntemperatur/massetemperatur.



Figur 4.27: Sammenheng mellom friksjon etter tiltak på isføre og lufttemperatur for ulike vann-/massetemperaturer. Befuktet sand.

For alle temperaturnivåer på vannet/massen avtar friksjonen etter tiltak med økende lufttemperatur.

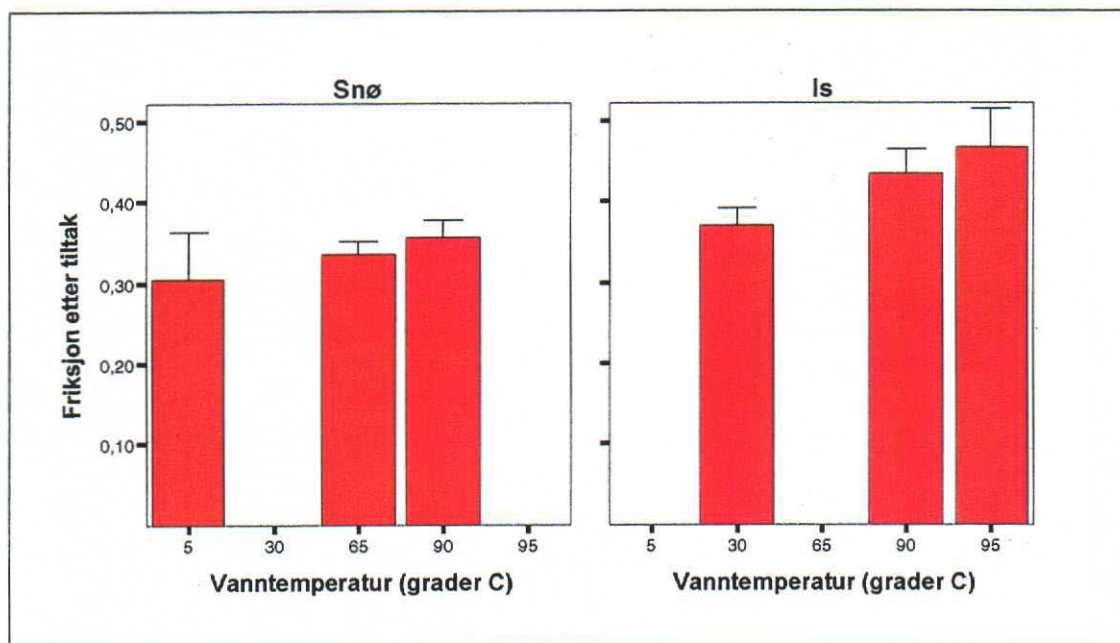
Dersom en grupperer etter lufttemperatur og legger inn en forutsetning om en samvariasjon mellom vanntemperatur og lufttemperatur, blir resultatene på isføre som vist i figur 4.28. Det er foretatt en inndeling i 3 lufttemperaturnivåer, under -5, mellom -5 og 0 og over 0 grader.



Figur 4.28: Sammenheng mellom friksjon etter tiltak på isføre og lufttemperatur/massetemperatur.

Figur 4.28 viser at i alle 3 temperaturintervallene øker effekten med økende vanntemperatur. Størst forskjell er det ved lufttemperatur lavere en -5°C . Det er også her effekten av varmbefuktet sand er størst.

Figur 4.29 viser gjennomsnittlig effekt på snø og is ved forskjellige vanntemperaturer/massetemperaturer. Bildet er som en ser entydig i retning av at effekten øker med økende temperatur på vannet/massen.



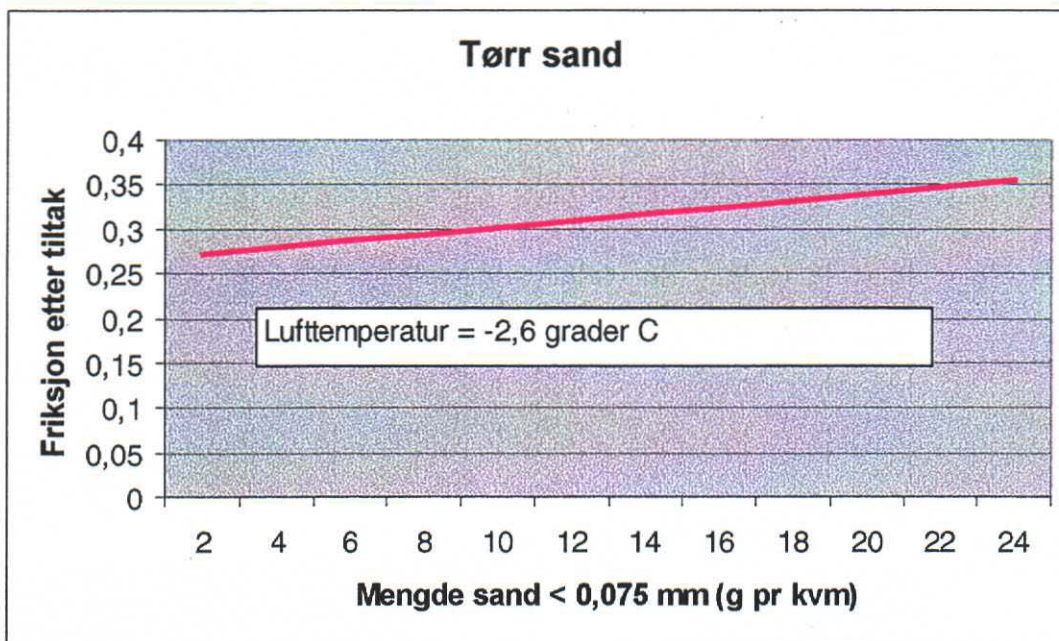
Figur 4.29: Friksjon etter tiltak på snø- og isføre avhengig av vanntemperatur/massetemperatur.

4.5.3 Forhold som virker inn på effekten av tørr sand

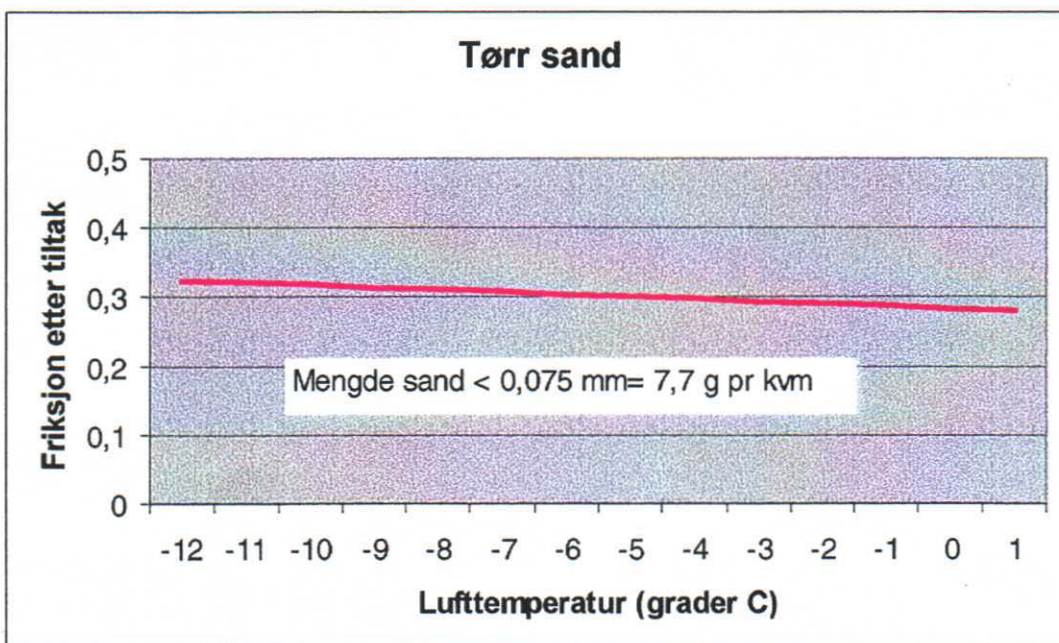
For tørr sand er det følgende faktorer som forklarer variasjonene i friksjonen etter tiltak:

- lufttemperatur - friksjonen etter tiltak avtar med økende lufttemperatur
- mengde finstoff - friksjonen etter tiltak øker med økende mengde finstoff

Figurene 4.30 og 4.31 illustrerer de beregnede sammenhengene.



Figur 4.30: Sammenheng mellom friksjon etter tiltak og mengden finstoff i tørr strøsand.



Figur 4.31: Sammenheng mellom friksjon etter tiltak og lufttemperaturen ved strøing med tørr sand.

Ved strøing med tørr sand ser mengden finstoff ut til å ha en klar innvirkning på friksjonstilskuddet. Et i og for seg overraskende resultat, men som bekrefter det en fant tidligere ved å sammenligne gjennomsnittlige effekter av ulike materialkvaliteter, jfr avsnitt 4.4.7. Dette taler klart for at betydningen av de grove fraksjonene ikke er så stor som tidligere antatt, og tyder også på at det kan være tilstrekkelig å operere med samme gradering for både den nye sandingsmetoden og ved bruk av tørr sand. Betydningen av lufttemperaturen er som en ser den samme for tørr sand som for befuktet sand.

4.6 Oppsummering av resultatene fra sandingsforsøkene sesongen 1999/2000

Generelt viser analysene at både for snø- og isføre var friksjonen før tiltak svært jevn for de ulike metodene som ble undersøkt. Dvs at forskjellene i friksjon etter tiltak kan tilskrives effekten av de undersøkte metodene. Analysene som er foretatt basert på gjennomsnittlige effekter for ulike metoder samt flerfaktoranalysen, kan oppsummeres på følgende måte:

Varmbefuktet sand

- For både snø- og isføre er friksjonen etter tiltak signifikant høyere med varmbefuktet sand enn med tørr sand. Forskjellen mellom varmbefuktet sand og tørr sand er større på is- enn på snøføre. Mens effekten er dobbelt så stor på snøføre, er den tre ganger så høy på isføre
- Både på snøføre og isføre er det oppnådd omtrent like god effekt rett etter tiltak med varmbefuktet sand ved bruk av tallerkenspreader som ved bruk av etterhengende spreader
- For varmbefuktet sand er det ikke indikasjoner på at type spreader (etterhengende spreader eller tallerkenspreader), har noen vesentlig betydning for langtidsvirkningen målt 3 timer etter tiltak
- Et hovedresultat fra forsøkene som er gjennomført er at det er oppnådd like gode og til dels bedre resultater med de norske våtsandsprederne sammenlignet med den svenske prototypen. Mest stabile og best resultater er oppnådd med den norske prototypen hvor varmeenheten er montert på bilen. Dette sikrer best kontroll på vanntemperaturen
- Det er ikke gjennomført noe eget testopplegg for å finne optimal vanntemperatur, men ut fra de forsøkene som er gjort er det klare indikasjoner på at det er viktig at vanntemperaturen er så høy som mulig for å oppnå maksimal effekt av tiltaket. Dette viser seg bl a ved at bilen fra Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag kommer noe bedre ut enn de 2 andre tilsvarende enhetene ved bruk av etterhengende spreader
- Også forsøkene med tallerkenspreader underbygger at det er viktig med en høy arbeidstemperatur på vannet. Dette viser seg klart ved en sammenligning mellom strøing med tallerkenspreader og ulik vanntemperatur/massetemperatur. Selv om det er gjort bare et enkelt forsøk med kaldt vann er det konkludert med at dette ikke vil være noe alternativ til varmbefuktet sand ut fra at effekten ser ut til å være liten. Driftsmessig vil dette også være en dårlig løsning med tanke på å unngå fryseproblemer
- Når det gjelder bruk av tallerkenspreader med varmt vann sammenlignet med temperert masse tilsatt vann, er friksjonen etter tiltak klart høyere ved tilsetning av varmt vann. Selv om en temperert blanding av grus og vann gir en forbedret effekt sammenlignet med tørre materialer, ligger det en betydelig tilleggseffekt i å øke vanntemperaturen opp mot kokepunktet

- Ved en inndeling i 3 lufttemperaturnivåer, under -5, mellom -5 og 0 og over 0 grader, viser det seg at i alle 3 temperaturintervallene øker effekten av befuktet sand med økende vanntemperatur. Størst forskjell er det ved lufttemperatur lavere en -5° C. Det er også her effekten av varmbefuktet sand er størst
- Varmbefuktet sand har en klar virkning på snø, men friksjonstilskuddet øker ikke vesentlig hverken med økende mengde eller økende friksjon før tiltak. Dette indikerer at det ikke er noe vesentlig å hente på å øke doseringen hensyn tatt til kostnadsøkningen ved å øke sandmengden og derav også redusert rekkevidde for utstyret
- På isføre avtar friksjonen etter tiltak med varmbefuktet sand med økende lufttemperatur
- På isføre øker effekten av varmbefuktet sand øker med økende vanntemperatur/massetemperatur
- Hverken for snøføre eller isføre er friksjonen etter tiltak med varmbefuktet sand vesentlig forskjellig for de ulike materialkvalitetene som er undersøkt. Det ser heller ikke ut som andelen finstoff er utslagsgivende for friksjonen som kan oppnås etter tiltak med varmbefuktet sand

Tørr sand

- Heller ikke for tørr sand tyder resultatene på at siktekurven er av vesentlig betydning for friksjonsnivået etter tiltak
- Ved strøing med tørr sand ser mengden finstoff ut til å ha en klar innvirkning på friksjonstilskuddet. Dette taler klart for at betydningen av de grove fraksjonene ikke er så stor som tidligere antatt, og tyder også på at det kan være tilstrekkelig å operere med samme gradering for både den nye sandingsmetoden og ved bruk av tørr sand
- Det ser ikke ut for at tilsetning av salt eller saltmengden har noen vesentlig betydning for den friksjonen som kan oppnås ved strøing med tørr sand
- For tørr sand avtar friksjonen etter tiltak med økende lufttemperatur

5 Anbefalinger

5.1 Hovedkonklusjoner

Forsøkene som er gjennomført denne vinteren med varmbefuktet sand og etterhengende spreder bekrefter resultatene fra forrige sesong. Det er oppnådd meget gode resultater også med de norske bilene. Ved siden av den svenskbygde bilen har det vist seg at bilen som er bygd opp med oppvarming på bilen (Møre og Romsdal/ Sør-Trøndelag) har gitt de beste resultatene.

Det er også gjort forsøk med tallerkenspreader både med kaldt, temperert og varmt vann, og tallerkenspreader med tilsetning av varmt vann ser ut til å være et godt alternativ til tilsvarende løsning med etterhengende spreder.

Den nye sandingsmetoden er nå så mye utprøvd at en faktisk kan si metoden vil egne seg under alle forhold hvor det er aktuelt å strø med sand, og i mange situasjoner vil våtsandmetoden være betydelig mer effektiv enn tradisjonell strøing med tørr sand. Ut fra erfaringene med det norske utstyret, anbefales metoden tatt i bruk i større omfang som et supplement til eksisterende sandingsmetoder. Alt tyder på at varmbefuktet sand er den riktige metoden å satse på som alternativ til strøing med tørr sand.

Det er viktig å være klar over at alle forsøk som er gjort klart viser at nøkkelen til den store forbedringen både i friksjonsnivå og varigheten av et sandingstiltak ligger i å blande strøgrusen med varmt vann opp mot kokepunktet. En vil derfor frarå å satse på løsninger basert på bruk av kaldt eller temperert vann.

Konklusjonene fra testene som er gjort er at vanntemperaturen bør være så høg som 95⁰ C for å få et best mulig resultat på vegen. Minst varmetap får en ved bruk av etterhengende spreder, men en har også oppnådd gode resultater med kombinasjonen varmt vann og tallerkenspreader. Resultatene kan tyde på at etterhengende spreder gir best langtidseffekt, noe som kan ha sammenheng med at det er minst varmetap med den løsningen. Dette er noe som egentlig ikke er ferdig uttestet, men som kan ha sammenheng med at det er lavere temperatur på massen ved bruk av tallerkenspreader enn når det benyttes etterhengende spreder.

5.2 Utstyr

Konseptet som anbefales for videre satsing er den løsningen som er basert på at oppvarmingen av vannet skjer på bilen.

Grunnenheten for en Fastsandbil vil bestå i:

- Strøaggregat med tallerkenspreader
- Kobling for etterhengende spreder
- Oppvarmingssystem for vann
- Isolerte vanntanker og rørsystem for kobling til valgt spredertype
- Sandbeholder og framming som sikrer tilfredsstillende massehåndtering

Hva som er mest tjenlig med hensyn på valg av spredertype vil måtte vurderes ut fra lokale behov. Rent praktisk vil det imidlertid være klare fordeler ved bruk av tallerken framfor etterhengende spreder, og dette anbefales derfor som standard utrustning.



Figur 5.1: Grunnenheten for varmbefuktet sand.

5.3 Strømetode

5.3.1 Varmbefuktet sand

Resultatene med tallerkenspreder er så gode, at dette anses som et fullgodt alternativ til bruk av etterhengende spreder. Det ligger imidlertid fortsatt et behov for å gjøre ytterligere tester og sammenligninger mellom de 2 hovedtypene spreder. Det vil også være et utviklingsbehov for å komme fram til en optimal løsning ved bruk av tallerken. Det som er viktig nå er å sørge for å ha begge mulighetene ved oppbygging av nye biler for varmbefuktet sand. Dvs at bilene bør ha tallerken som standard utrustning og samtidig være forberedt for tilkobling av etterhengende spreder.

Tallerkenen må være av en slik konstruksjonsmessig utforming at det ikke oppstår separasjon av vann og grus. Den etterhengende sprederen må være av en slik utførelse at det sikres jevn blanding av vann og grus. Det er også viktig at det oppnås jevn varmfordeling i hele strøbredden.

Valg av spredertype vil være avhengig av lokale forhold. I områder med stabile vær- og føreforhold kan det være riktig å benytte etterhengende spreder fordi langtidseffekten over flere døgn kan være bedre med etterhengende spreder enn med tallerkenspreder.

5.3.2 Tradisjonell sanding med tørre materialer

De forsøkene som er gjort gir ikke grunnlag for å konkludere med hensyn på valg av spredertype ved tradisjonell sanding. Det er imidlertid gjort gode erfaringer med tallerkenspreder.

5.4 Grusmaterialer

5.4.1 Varmbefuktet sand

Når det gjelder grusmaterialer er det ut fra de erfaringer som er gjort satt opp følgende kriterier:

- Det kan benyttes stedlige masser, enten 0-4 mm eller 0-6 mm
- Både knust fjell og naturgrus kan benyttes
- Finstoffinnholdet med kornstørrelse < 0,075 mm bør være mindre enn 10%
- Massene bør produseres om høsten, tørkes og lagres tørt

Det er flere problemer som har oppstått under forsøkene som det er viktig å være klar over kan skje dersom det ikke taes spesielle forholdsregler:

- Det er fare for at fingraderte masser kan fryse dersom vanninnholdet er for stort
- Det kan oppstå "tunnel" i strøkassen dersom denne er av standard utforming uten noen spesialtilpasning
- Det kan oppstå "tunnel" i selve strøpparatet ved bruk av etterhengende spreder

5.4.2 Tradisjonell sanding med tørre materialer

Ut fra foreliggende dokumentasjon er det ingen indikasjoner på at effekten av strøing med tørre materialer øker med økende andel grovere kornstørrelser. Forskjellene mellom fraksjoner på 0-4 mm og 0-6 mm er så små at det ikke ser ut for at valget mellom de 2 hovedtypene er av vesentlig betydning.

Selv om det er litt lite grunnlag for å trekke en endelig konklusjon på betydningen av grovere kornstørrelser, er det mye som tyder på at det er mulig å benytte den samme materialkvaliteten til både tørr sand og varmbefuktet sand. Det at en finstoffandel på opp mot ca 10% ser ut til å være gunstig for effekten av tørr sand underbygger dette.

5.5 Anvendelsesområder for varmbefuktet sand

Med bakgrunn i sandingsforsøkene som er gjennomført sesongene 1998/1999 og 1999/2000 ser det ut for at en nå har kommet fram til hovedkonseptet for varmbefuktet sand. Metoden vil være et alternativ til tradisjonell sanding i de aller fleste tilfeller hvor det anses aktuelt å iverksette sanding for å bedre friksjonsforholdene. Bruksområdet spenner fra våt is til kuldegrader med tynn ishinne. Best effekt og lengst varighet vil metoden ha på et hardt snø-/isdekke under stabile værforhold med kuldegrader.

Ut fra de forsøkene som er gjort kan det stilles opp fordeler og ulemper med varmbefuktet sand:

Fordeler	Ulemper
Bedre friksjon	Praktiske problemer med at strøsanden kan pakke seg i strøpparatet ved bruk av etterhengende spreder når det er stort finstoffinnhold
Lengre varighet	
Mindre sandforbruk	
Ressursbesparelse	
Mindre feiekostnader	
Redusert saltforbruk i strøsanden	
Mindre steinstørrelse fører til mindre steinsprutskader	
Billigere grusfraksjoner	

Selv om det ikke er dokumentert avgjørende ulemper som begrenser bruken av metoden, er det fortsatt et behov for å videreutvikle metoden og ikke minst skaffe seg mer erfaringer med metoden i praktisk bruk.

Det bør gjennomføres ytterligere sandingsforsøk med vekt på vannmengde, vanntemperatur, dosering og strøbredde. Tallerken blir et viktig forsøksobjekt i forhold til strøbredde og langtidsvirkning. Strøing på våt is er også et tema som det bør arbeides mer med.

6 Resultater fra de enkelte forsøkene

6.1 Generelt

I det følgende er det gitt en kort beskrivelse av forsøksbetingelser, materialvarianter og metoder som er testet under de ulike forsøkene. Det er også i korte trekk foretatt en oppsummering av resultatene fra de enkelte forsøkene som er gjennomført.

Resultatpresentasjonen består av 2 hovedtyper figurer med forsøksstrekninger som basis. I den ene typen figurer er det vist utviklingen i friksjonsnivå for de enkelte delfelt innenfor samme forsøksstrekning. Det er gjengitt minst en slik figur for hver forsøksstrekning inntil forsøket ble avsluttet. Som nevnt tidligere har det ikke vært mulig å følge de mest varige tiltakene ut hele virkningstida en ville hatt under stabile forhold. Avbruddene skyldes i hovedsak endringer i værforholdene.

Den andre typen figurer viser friksjonstilskuddet, dvs forskjellen mellom friksjonen etter tiltak i forhold til førnivået. For enkelte strekninger er det utarbeidet tilsvarende figurer en viss tid etter tiltak. For nærmere omtale av utstyr og metoder som er testet henvises det til kapittel 2.4.

6.2 Forsøk på E6 v/ Øyer, 23. november

6.2.1 Forsøksbetingelser

Føreforhold: Homogent snø- og isdekke på 1-2 cm, oppholdsvær				
Strekn.	Hverdagdøgntrafikk: 3800 kjt Tungtrafikkandel: 17%	Temperaturforhold		Antall delfelt
		Luft	Dekke	
1	E6, strødd 23.11, 11:45-12:15	+0,3	+0,4	3

Da forsøket startet var det et lavt friksjonsnivå på strekningen som klart tilsa behov for tiltak.

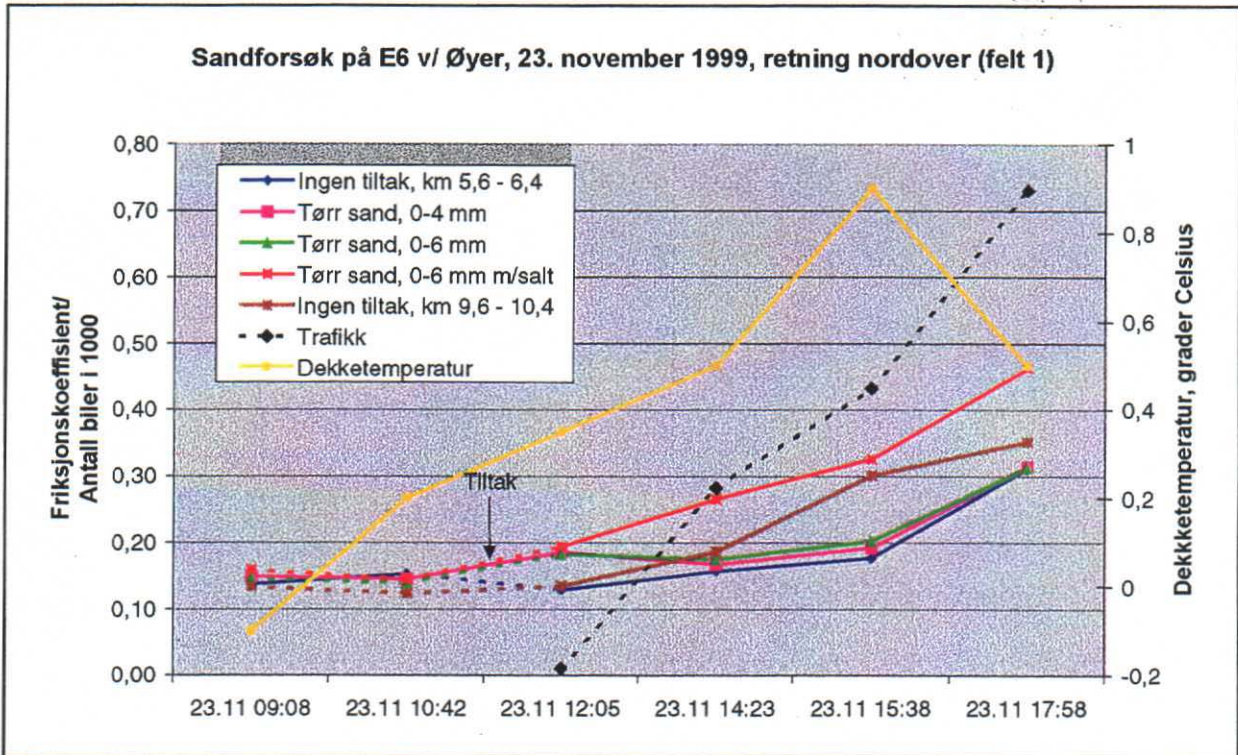
6.2.2 Metoder

- Tørr sand, 0-4 mm
- Tørr sand, 0-6 mm u/ salt
- Tørr sand, 0-6 mm m/salt

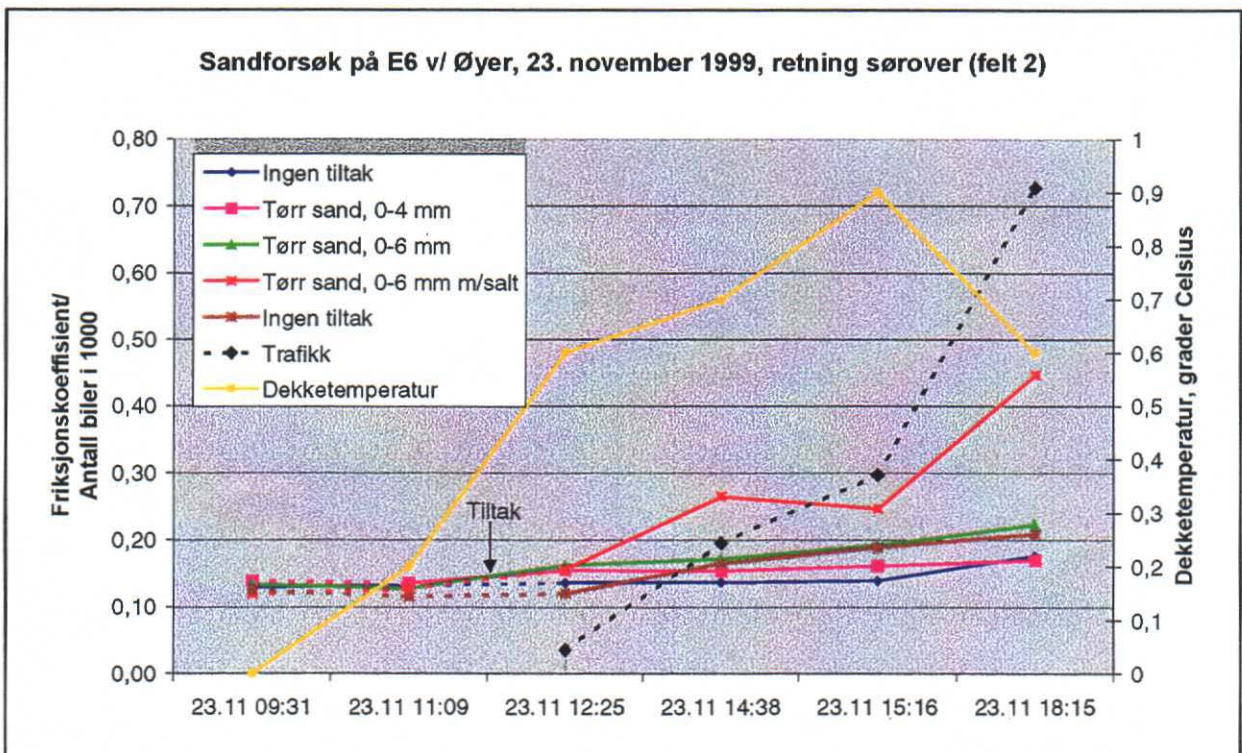
Dvs at det ved dette forsøket bare ble benyttet tørre materialer.

6.2.3 Resultater

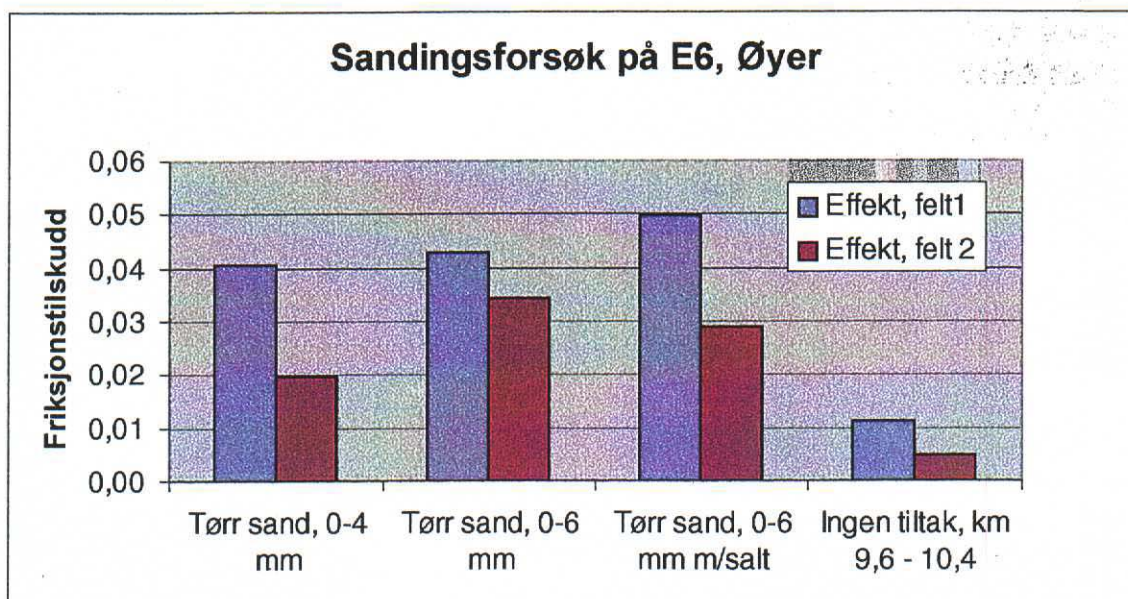
Det ble registrert svært lave friksjonsverdier også rett etter tiltak, og friksjonstilskuddet umiddelbart etter tiltak var faktisk ikke tilstrekkelig til å løfte friksjonsnivået over utløsende standard, se figur 6.1 og 6.2. I retningen sørover var friksjonsnivået i hele forsøksperioden under utløsende standard med unntak av delfeltet som ble strødd med saltblandet sand. Salttilsetningen gav en klar tilleggseffekt gjennom tineprosessen som saltet satte i gang. Dessverre fikk en ikke testet varmbefuktet sand, men under de rådende vær- og føreforholdene ville nok ordinær salting vært et like aktuelt alternativ som den nye sandingsmetoden.



Figur 6.1: Sandforsøk på E6 v/ Øyer 23.11.1999. Utvikling i friksjonsnivå.



Figur 6.2: Sandforsøk på E6 v/ Øyer 23.11.1999. Utvikling i friksjonsnivå.



Figur 6.3: Sandforsøk på E6 v/ Øyer 23.11.1999. Friksjonstilskudd på ulike delfelt.

6.3 Forsøk på E136 v/ Lesja, 11. - 14. januar

6.3.1 Forsøksbetingelser

Føreforhold: Relativt jevnt snø-/isdekke på ca 2 cm. I løpet av natta 11. januar falt det 2-5 cm snø. Også om morgenen 13. og 14. januar var det snøfall. En del tendenser til løs snø alle forsøksdagene

Strekn.	Hverdagdøgntrafikk: 870 kjt lengst øst og 620 kjt lengst øst Tungtrafikk: 260 tunge kjt og 200 vogntog	Temperaturforhold		Antall delfelt
		Luft	Dekke	
1	E136, strødd 11.01, kl 11:10 – 11:30	+1,0	-3,0	6
2	E136, strødd 11.01, kl 16:25 – 17:10	-0,4	-3,5	4
3	E136, strødd 12.01, kl 12:30 – 13:00	-2,2	-3,2	7
4a	E136, strødd 13.01, kl 09:00	-3,8	-4,8	1
4b	E136, strødd 13.01, kl 11:00	-3,8	-4,8	1

Slik forholdene var under det første forsøket på E136, er langtidseffekten vurdert ut fra siste observasjon samme dag som delfeltene ble strødd.

6.3.2 Materialer

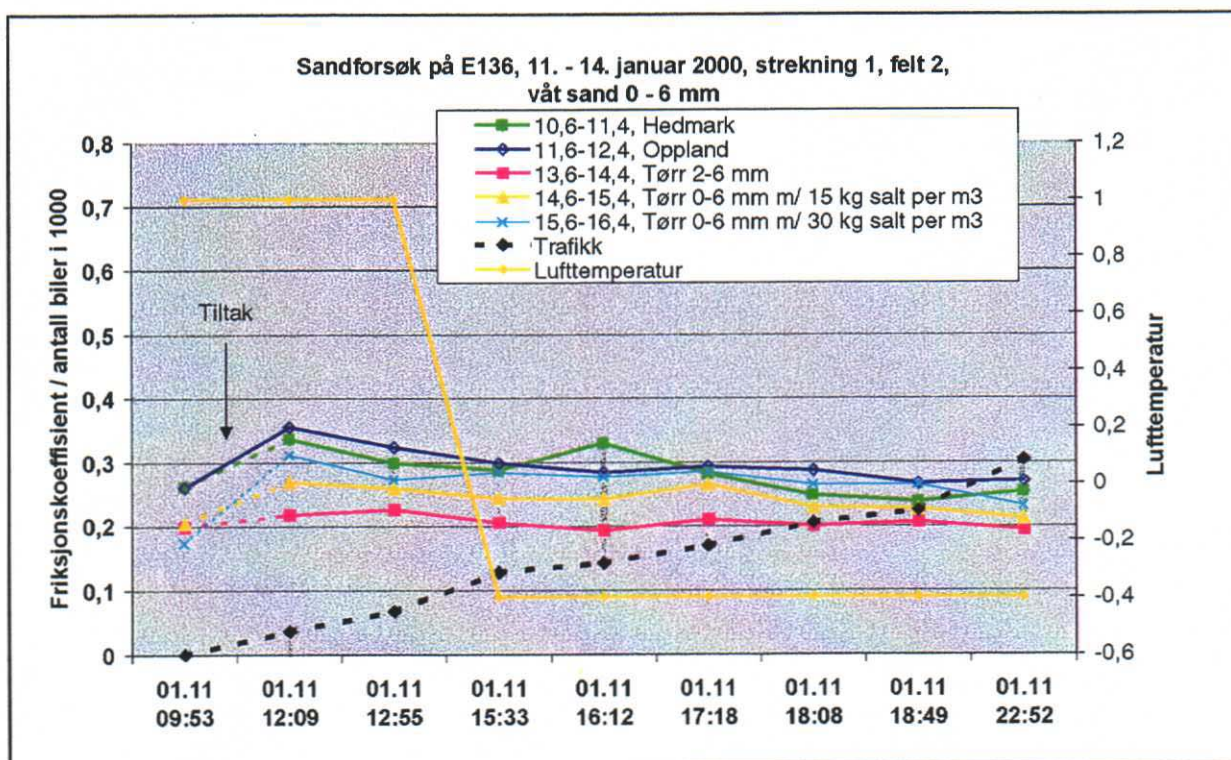
- Våt sand i flere fraksjoner, tilsetning av både varmt og kaldt vann
- Tørr sand u/ salt
- Tørr sand m/ salt
- Kalkstein

6.3.3 Metoder/strøbiler

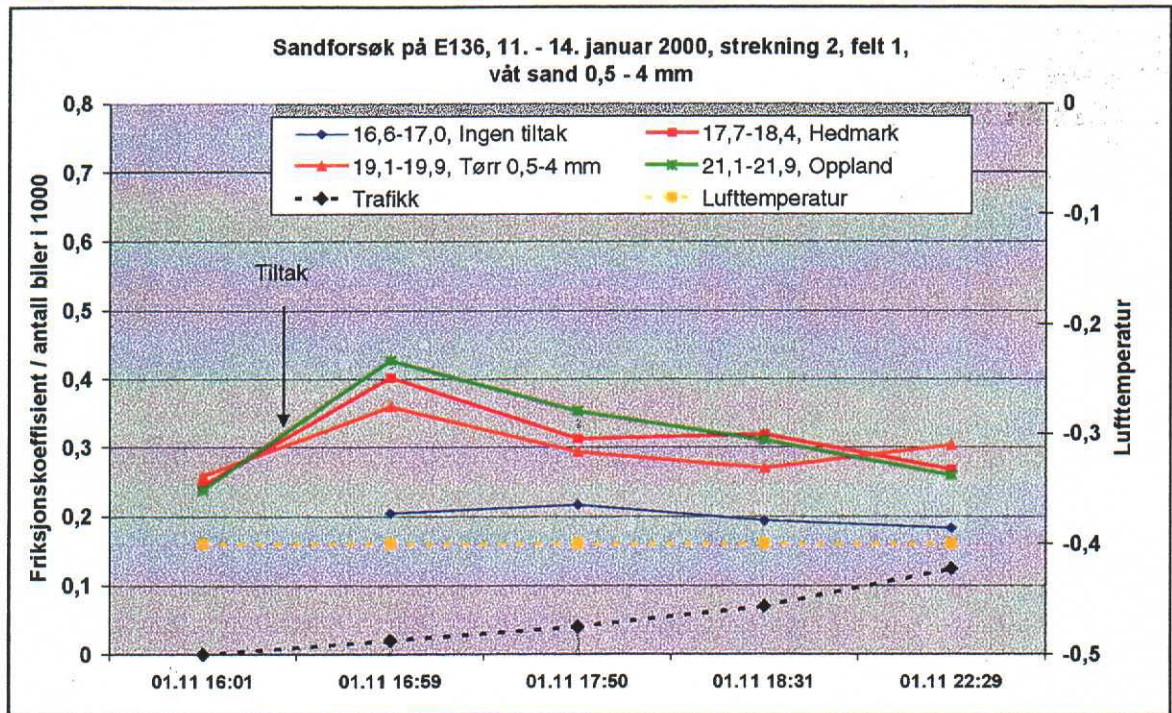
- Våt sand (Friction Maker), Oppland
- Våt sand (Fastsand), Hedmark, også testet med tallerkenspreder, når ikke annet er angitt gjelder resultatene for Hedmarksbilen med etterhengende spreder
- Strøbil m/ tallerkenspreder Åndalsnes (gul bil)
- Strøbil m/ tallerkenspreder Støren (gul bil), også testet med tilsetning av kaldt vann
- Strøbil m/ tallerkenspreder Dombås (gul bil)
- Strøbil m/ tallerkenspreder Dombås (privat bil)

6.3.4 Resultater

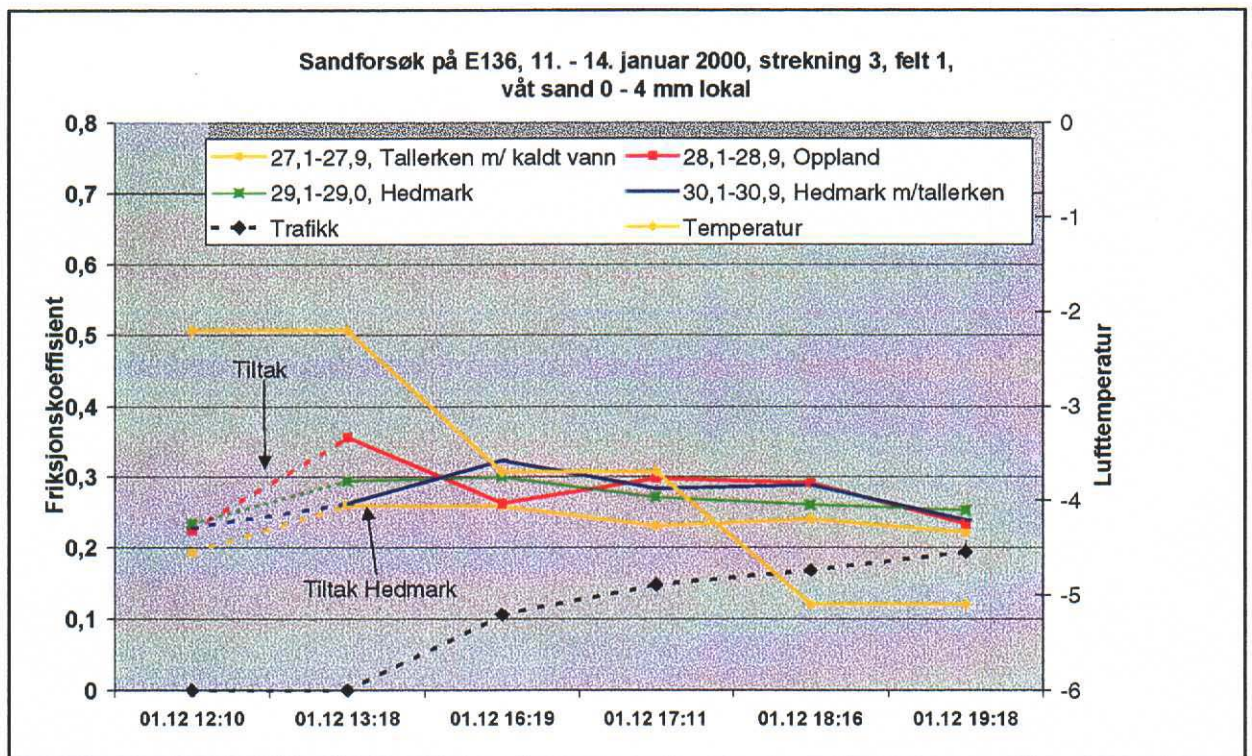
- Våtsandmetoden gir størst friksjonstilskudd og lengst varighet sammenlignet med andre metoder
- Effekten av Friction Maker (Opplandsbilen) er bedre enn med Hedmarksbilen
- Økt dosering av våtsand gir økt effekt
- Større mengde salttilsetning gir økt effekt
- Tallerken m/varmt vann har omtrent tilsvarende effekt som samme bil (Hedmarksbilen) kjørt med etterhengende spreder ved lik strøbredde
- Tallerken m/ kaldt vann gir et friksjonstilskudd, men effekten er vesentlig dårligere enn ved bruk av varmt vann. Ved det første forsøket på Dombås ble det observert at bruk av kaldt vann resulterer i at sandpartikler omslutes av is



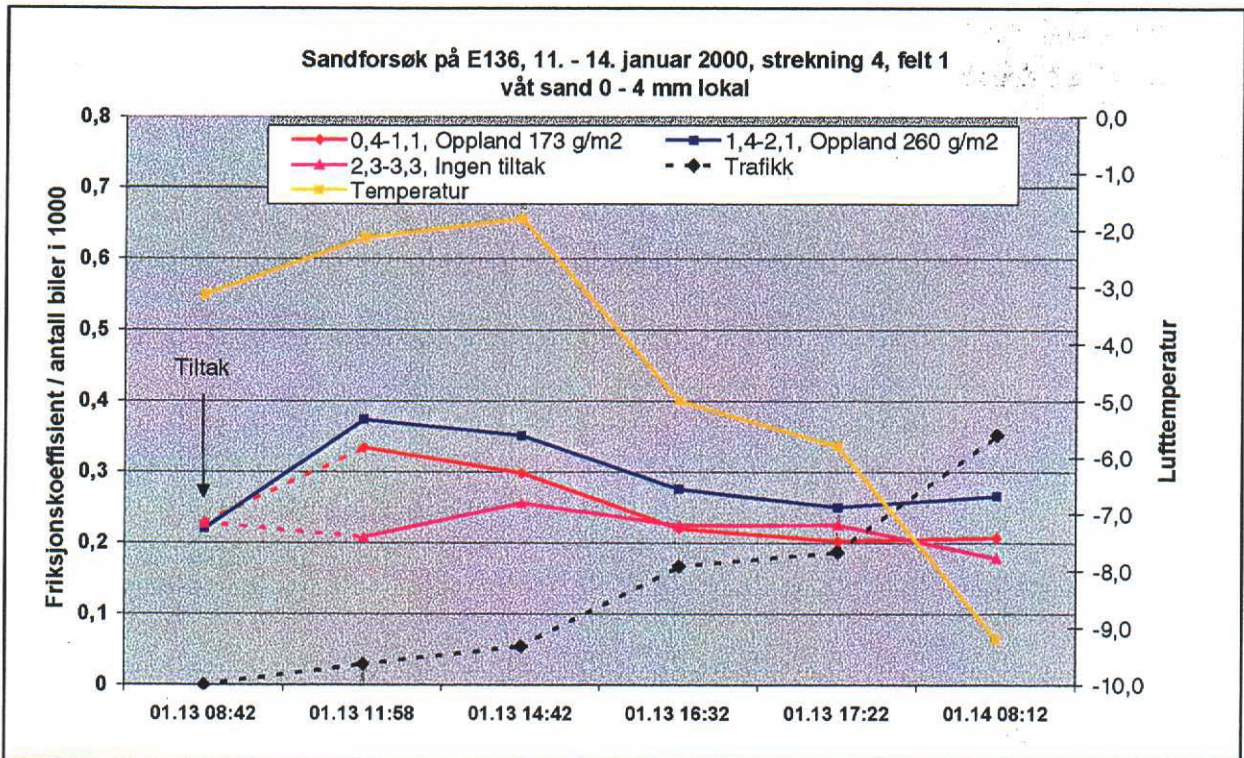
Figur 6.4: Sandforsøk på E136 vest for Lesja 11.-14.01.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 1.



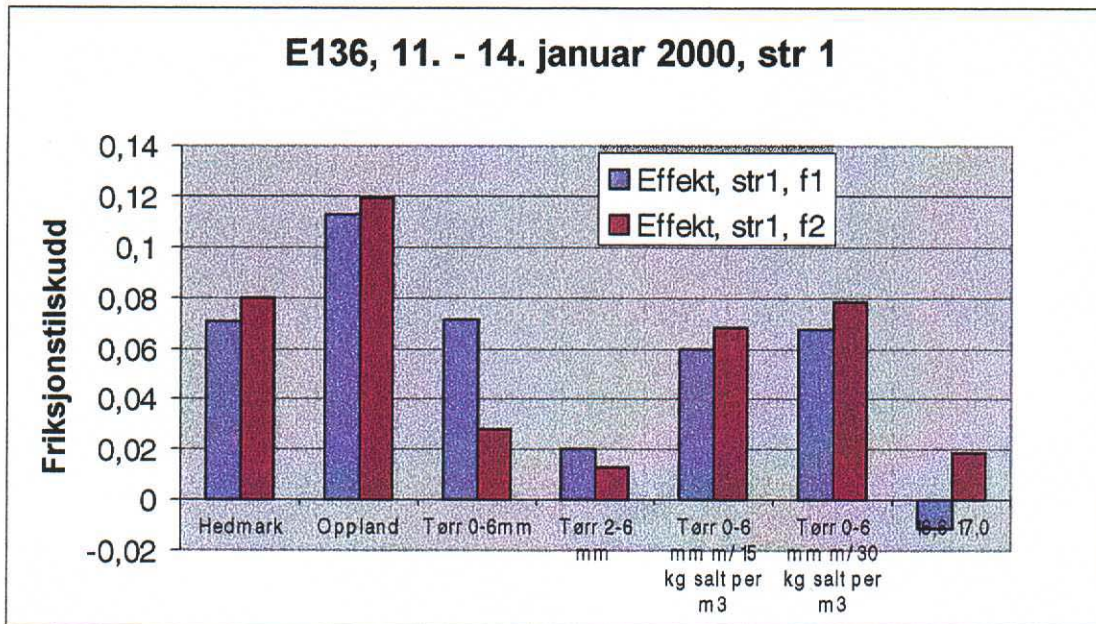
Figur 6.5: Sandforsøk på E136 vest for Lesja 11.-14.01.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 2.



Figur 6.6: Sandforsøk på E136 vest for Lesja 11.-14.01.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 3.

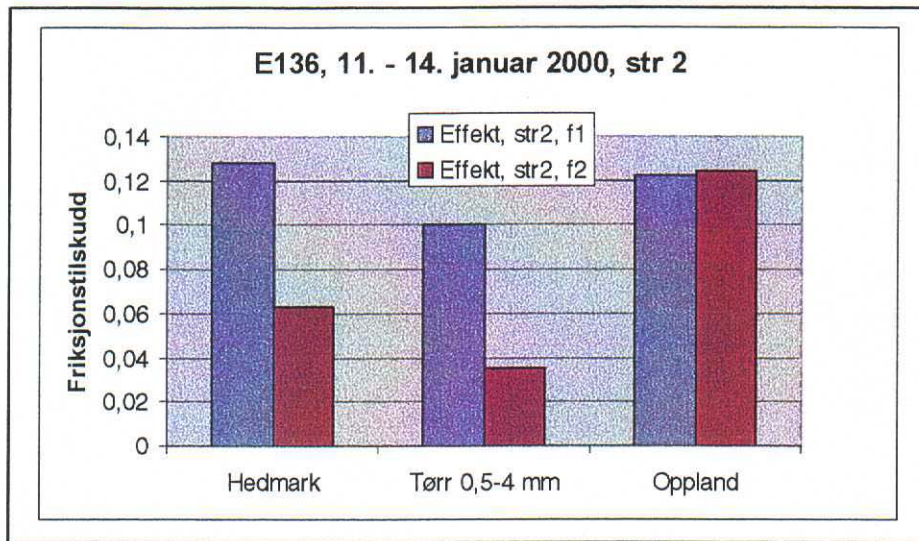


Figur 6.7: Sandforsøk på E136 vest for Lesja 11.-14.01.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 4.

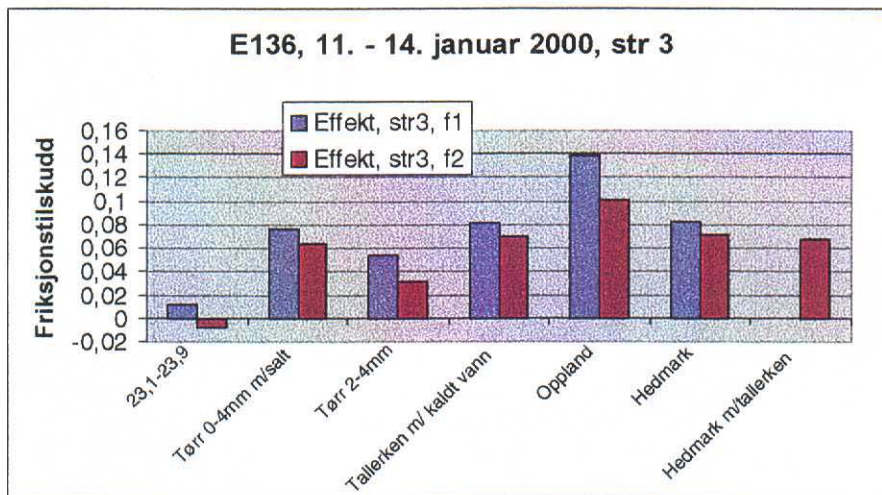


Figur 6.8: Sandforsøk på E136 11. -14.01.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 1.

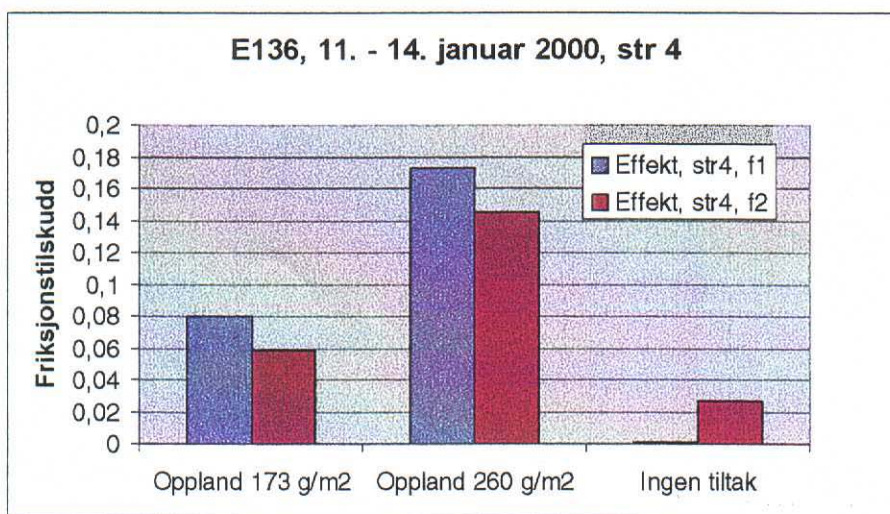
Det gjennomgående trekket av figurene 6.8-6.11 er at varmbefuktet sand gir et større friksjonstilskudd enn tørre materialer. Bilen fra Hedmark gav et litt dårligere resultat enn bilen fra Oppland. Dette har nok i hovedsak sammenheng med den ujevne varmedelingen, jfr avsnitt 4.2. Av figur 6.11 ser en at det ga god effekt å øke doseringen med varmbefuktet sand på den siste forsøksstrekningen. Det er ikke dermed dokumentert at dette gjelder generelt.



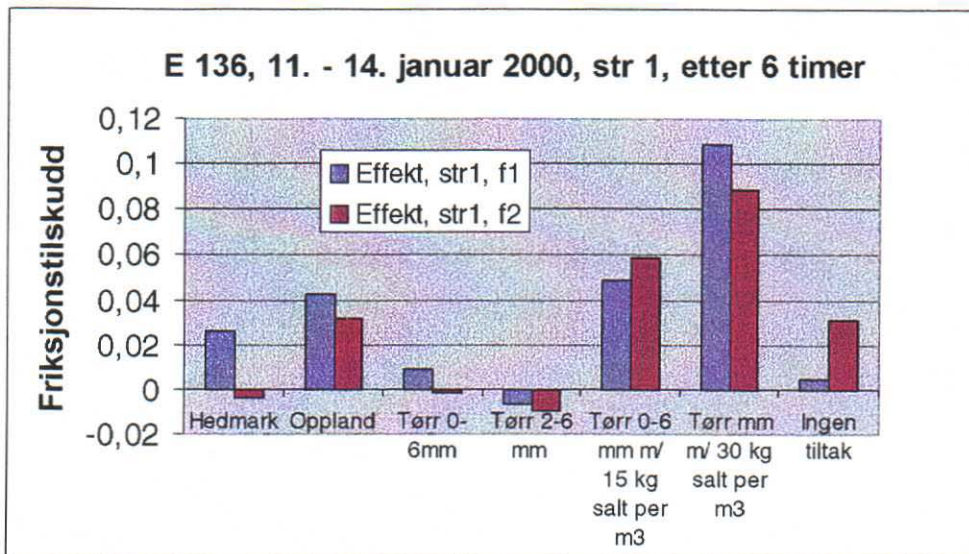
Figur 6.9: Sandforsøk på E136 11. -14.01.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 2.



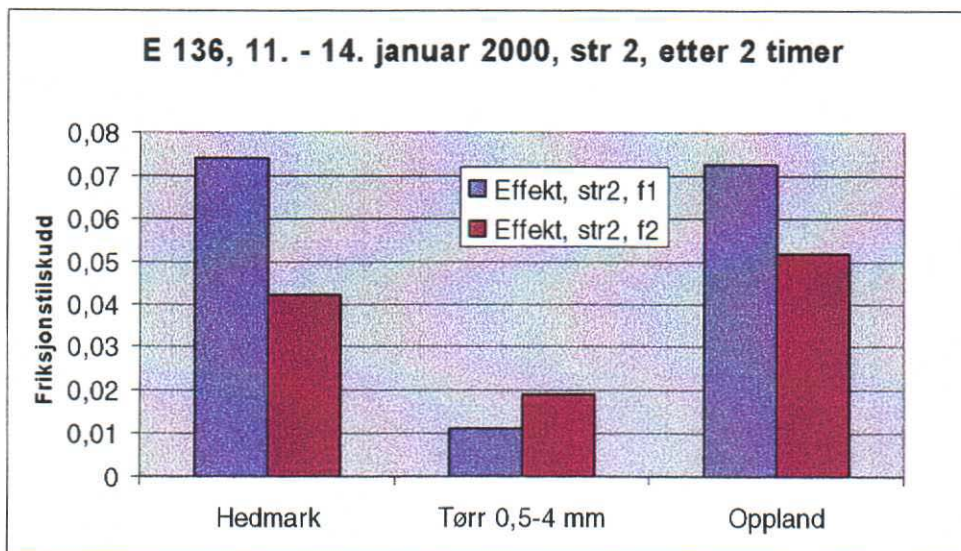
Figur 6.10: Sandforsøk på E136 11.-14.01.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 3.



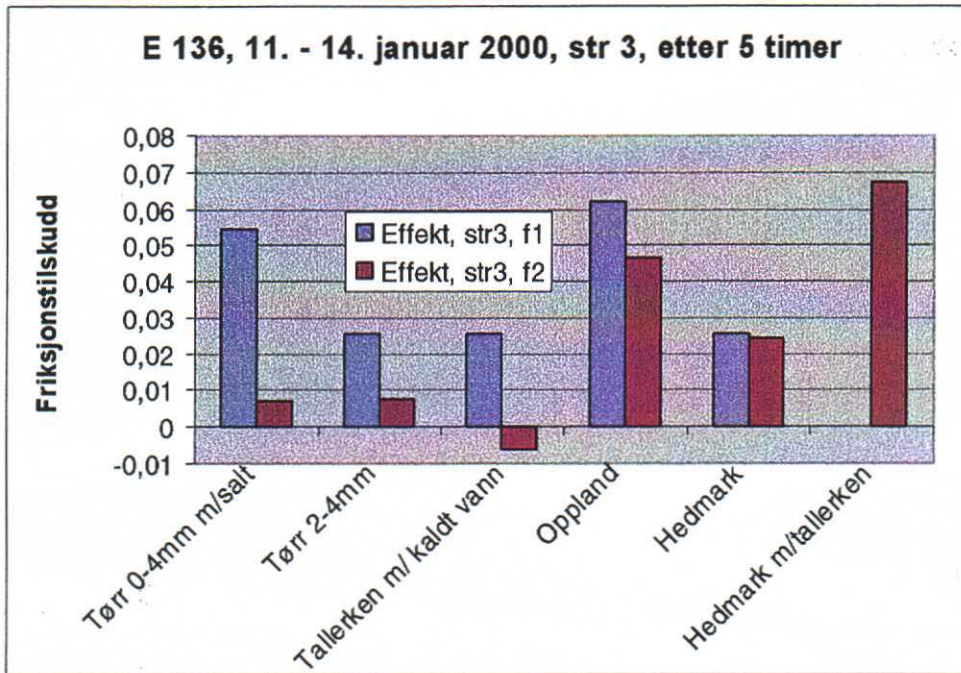
Figur 6.11: Sandforsøk på E136 11.-14.01.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 4.



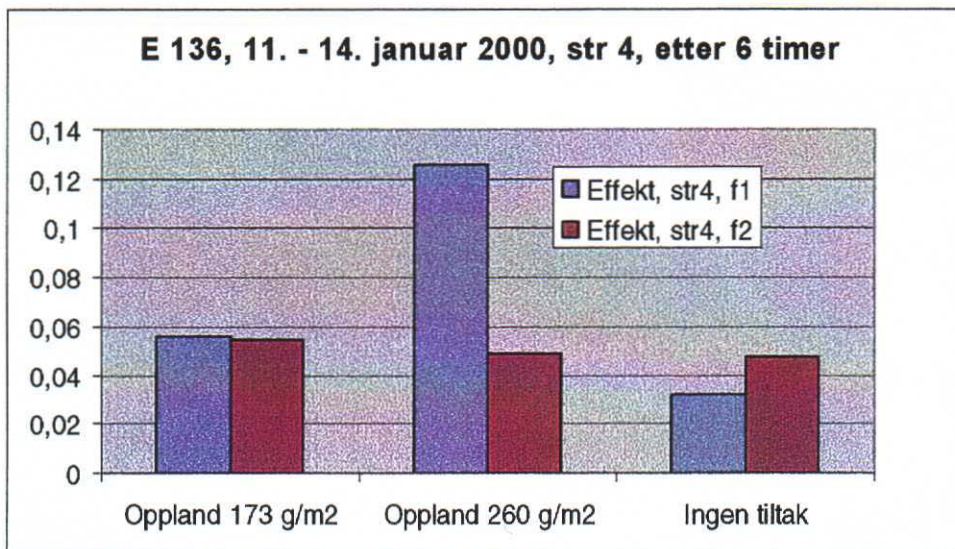
Figur 6.12: Sandforsøk på E136 11. -14.01.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 1 etter 6 timer.



Figur 6.13: Sandforsøk på E136 11. -14.01.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 2 etter 2 timer.



Figur 6.14: Sandforsøk på E136 11. -14.01.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 3 etter 5 timer.



Figur 6.15: Sandforsøk på E136 11. -14.01.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 4 etter 6 timer.

Siden friksjonstilskuddet rett etter tiltak jevnt over var relativt lavt også for varmbefuktet sand under de forholdene en hadde under det første forsøket på E136, er også varigheten av tiltakene naturlig nok begrenset. Varmbefuktet sand skiller seg likevel positivt ut sammenlignet med tradisjonell sanding. Også under det første forsøket på E136 kom saltblandet sand gunstig sammenlignet med andre tørre materialer, og gav faktisk til dels bedre resultat enn varmbefuktet sand.

6.4 Forsøk på E136 v/ Lesja, 8. - 11. februar

6.4.1 Forsøksbetingelser

Føreforhold: Relativt homogent isdekke				
Strekn.	Hverdagdøgntrafikk: 870 kjt lengst øst og 620 kjt lengst øst Tungtrafikk: 260 tunge kjt og 200 vogntog	Temperaturforhold		Antall delfelt
		Luft	Dekke	
1a	E136, strødd 08.02, kl 11:10 - 11:30	-3,2	-2,1	5
1b	E136, strødd 08.02, kl 12:45 -13.10	-3,2	-2,1	1
2	E136, strødd 09.02, kl 10:10 - 10:30	-11,6	-8,6	4
3	E136, strødd 09.02, kl 16:45 - 17:10	-9,5	-7,3	4
4	E136, strødd 10.02, kl 10:45 - 11:25	+1,2	-1,8	6

6.4.2 Materialer

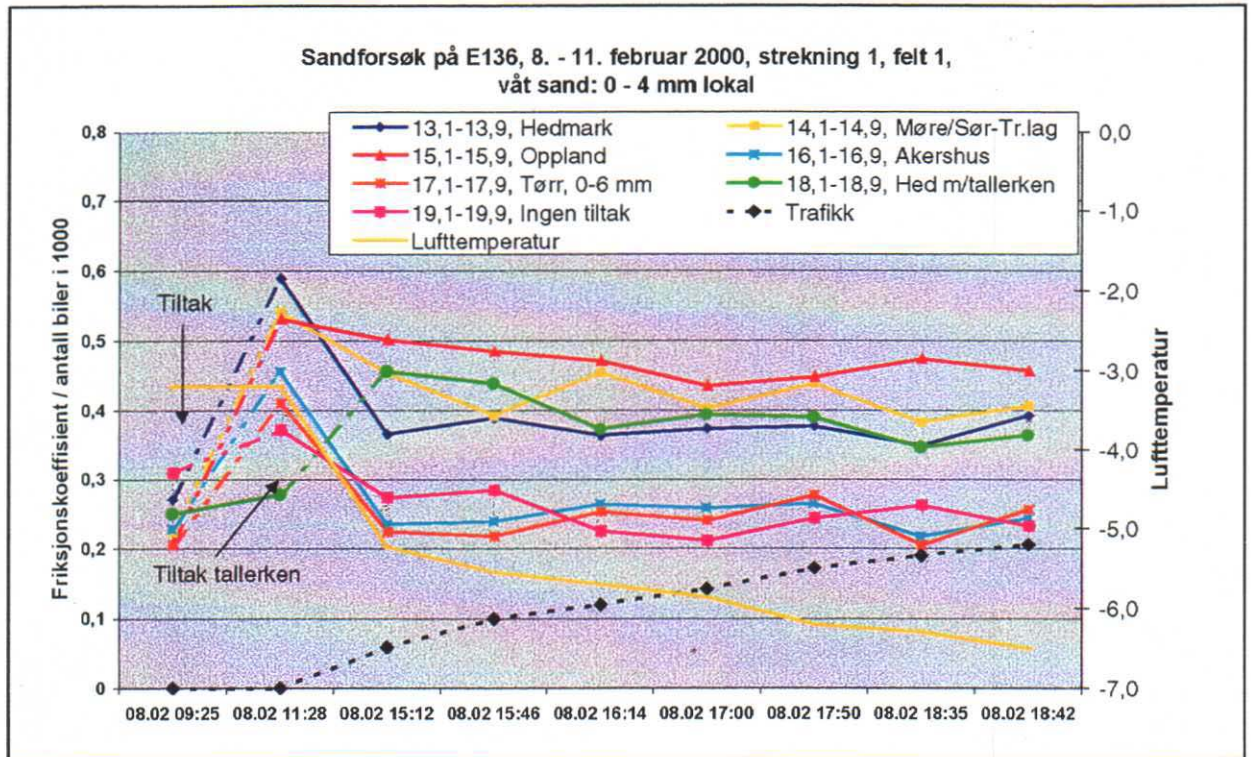
- Våt sand i flere fraksjoner med tilsetning av varmt og temperert vann
- Tørr sand u/ salt
- Kalkstein

6.4.3 Metoder/strøbiler

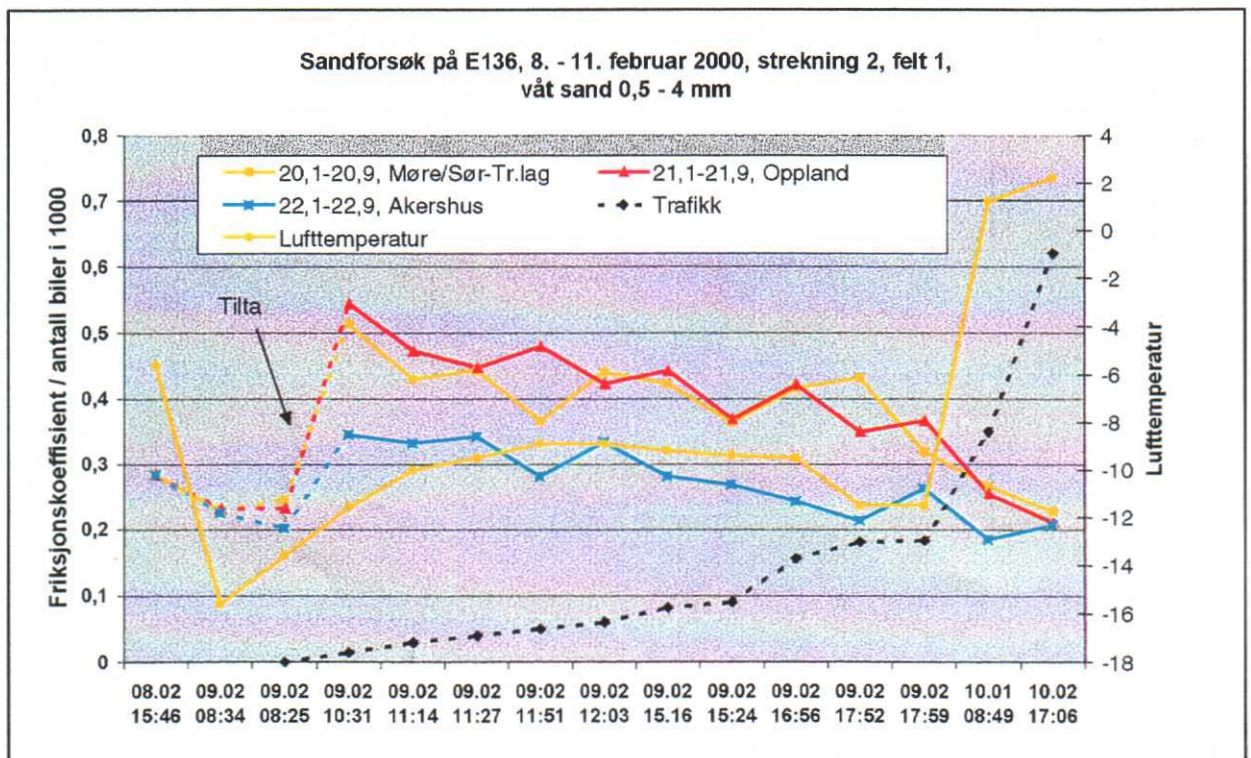
- Våt sand (Friction Maker), Oppland
- Våt sand (Fastsand), Hedmark
- Våt sand (Fastsand), Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag
- Strøbil m/ tallerkenspreder, Akershus
- Strøbil m/ tallerkenspreder Dombås (privat bil)

6.4.4 Resultater

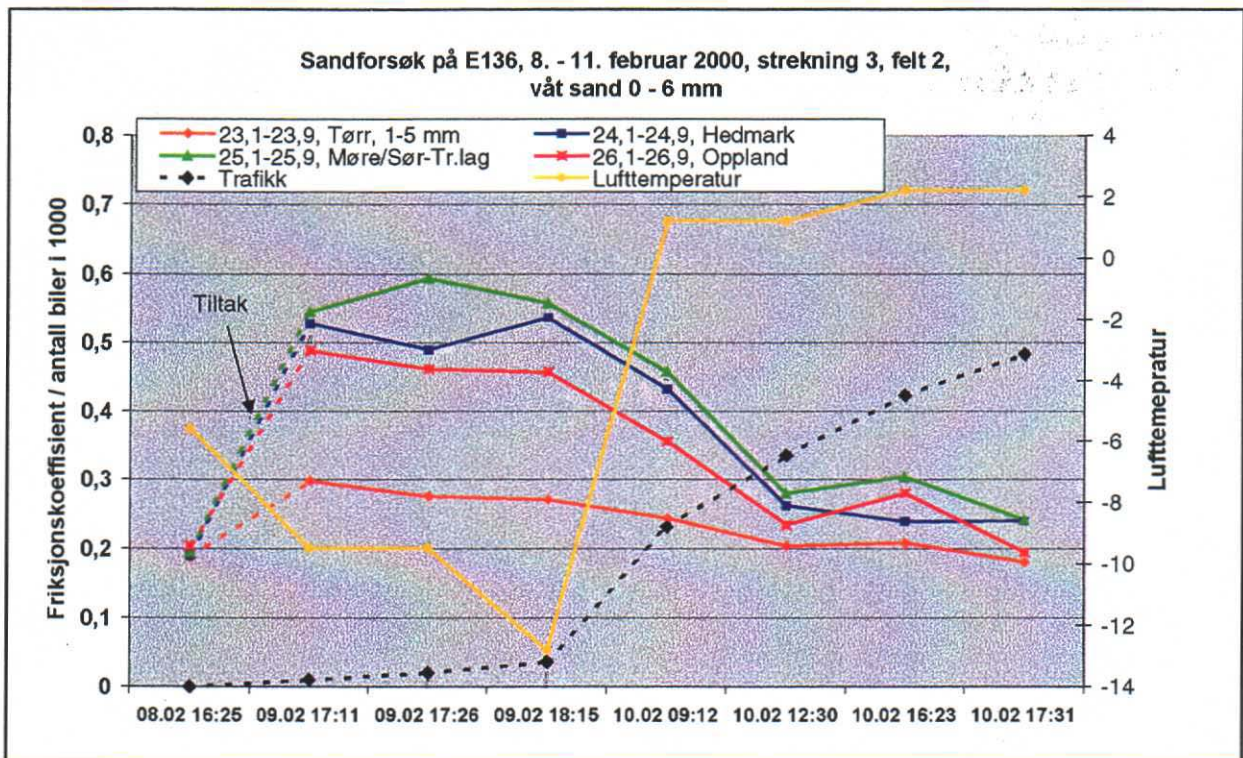
- De 3 våtsandbilene med etterhengende spreder gir omtrent samme friksjonstilskudd, men bilen fra Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag skiller seg positivt ut
- Våtsandbil m/ tallerken har noe dårligere toppnivå, men omtrent samme varighet som tilsvarende bil (Hedmarksbilen) med etterhengende spreder
- Noen av resultatene fra det andre forsøket på Dombås kan kanskje forklares ut fra at det kan skje endringer i friksjonsnivået gjennom trafikkpåvirkningen. Endringer i luftfuktigheten ble også nevnt som en forklaringsmulighet



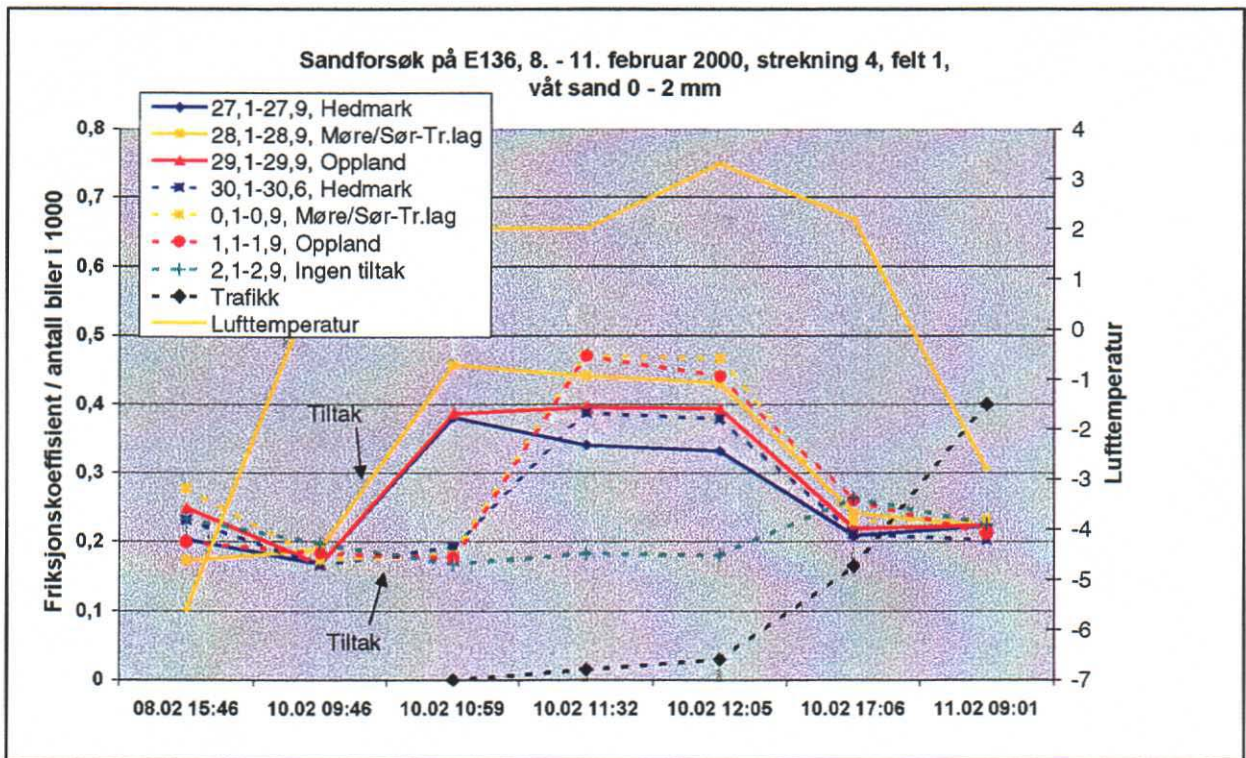
Figur 6.16: Sandforsøk på E136 vest for Lesja 8.-11.02.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 1.



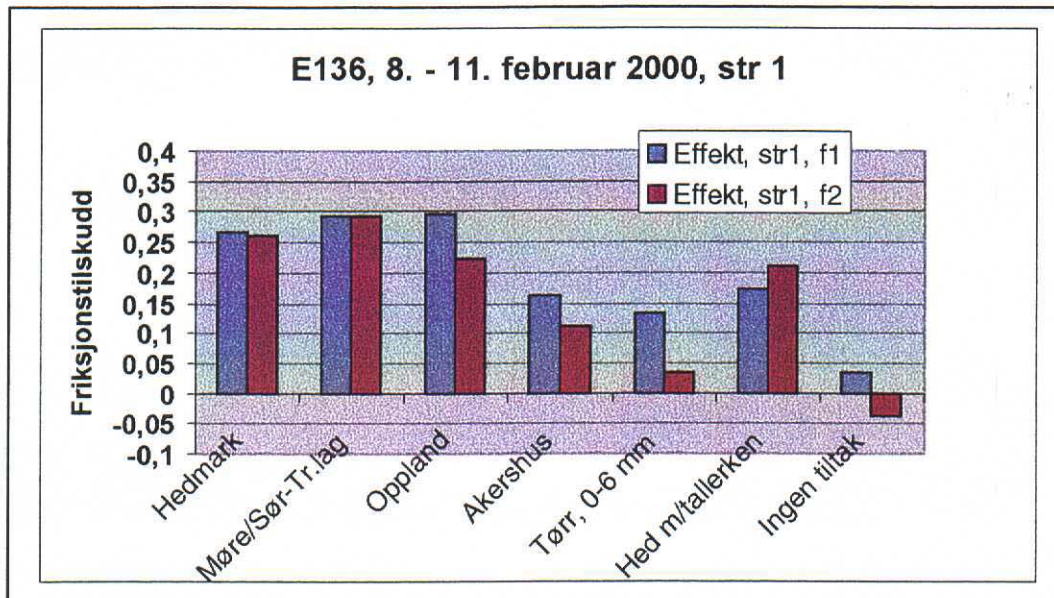
Figur 6.17: Sandforsøk på E136 vest for Lesja 8.-11.02.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 2.



Figur 6.18: Sandforsøk på E136 vest for Lesja 8.-11.02.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 3.



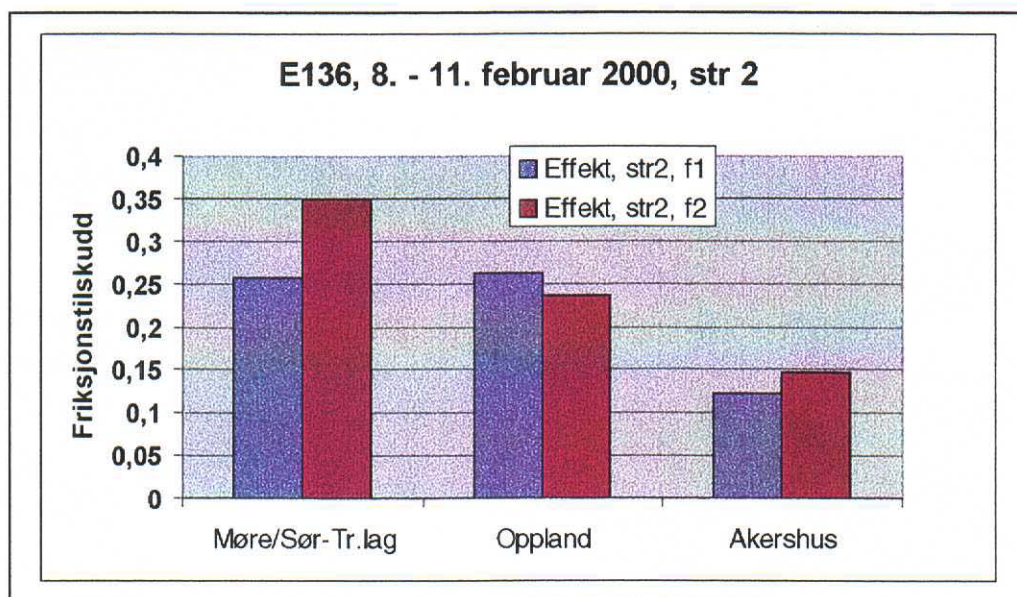
Figur 6.19: Sandforsøk på E136 vest for Lesja 8.-11.02.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 4.



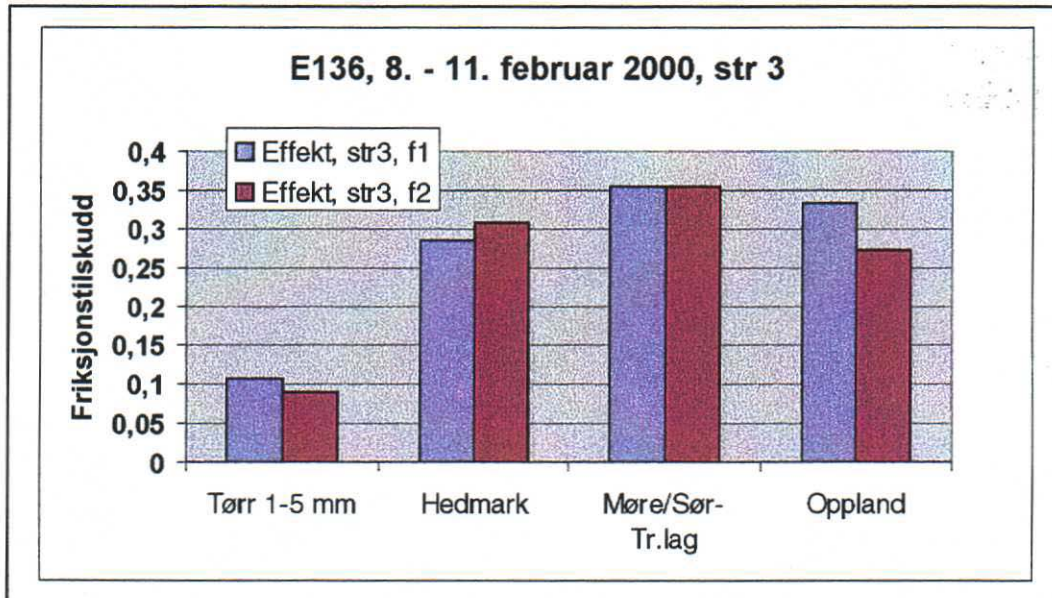
Figur 6.20: Sandforsøk på E136 8. -11.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 1.

En direkte sammenligning mellom de 3 enhetene med varmbefuktet sand og etterhengende spreder, se figur 6.20, viser svært jevne resultater, men likevel en tendens også her til at enheten fra Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag kom noe bedre ut en de andre enhetene. Resultatene for Hedmarksbilen er helt i tråd med at det ble dokumentert jevnere varmfordeling ved det andre forsøket på Dombås, jfr avsnitt 4.2.

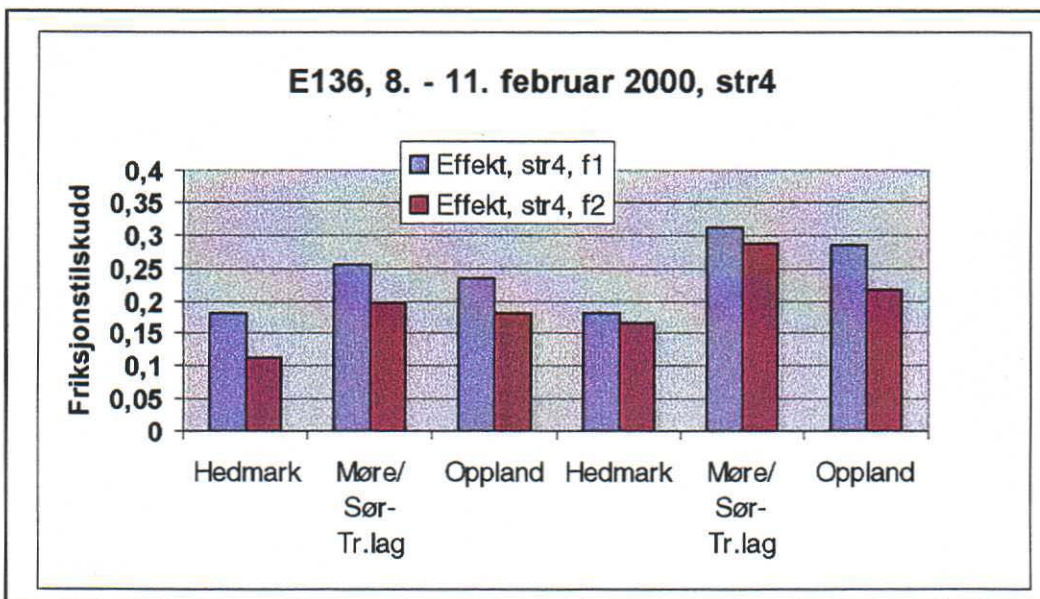
Med tallerken gav Hedmarksbilen noe dårligere resultat enn med etterhengende spreder, men samtidig noe bedre enn Falköpingkonseptet med temperert vann (Akershusbilen).



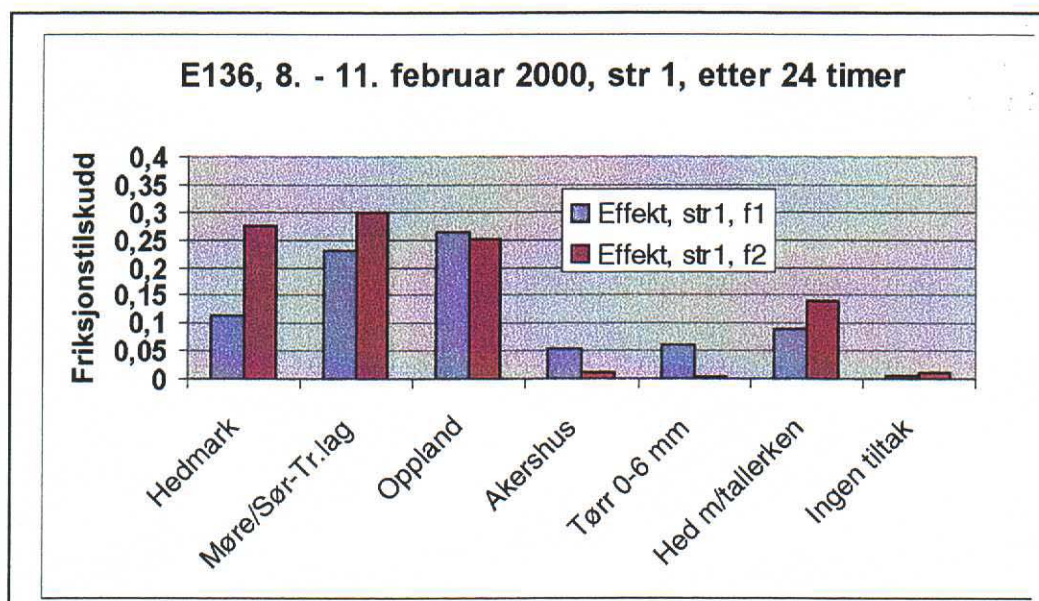
Figur 6.21: Sandforsøk på E136 8. -11.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 2.



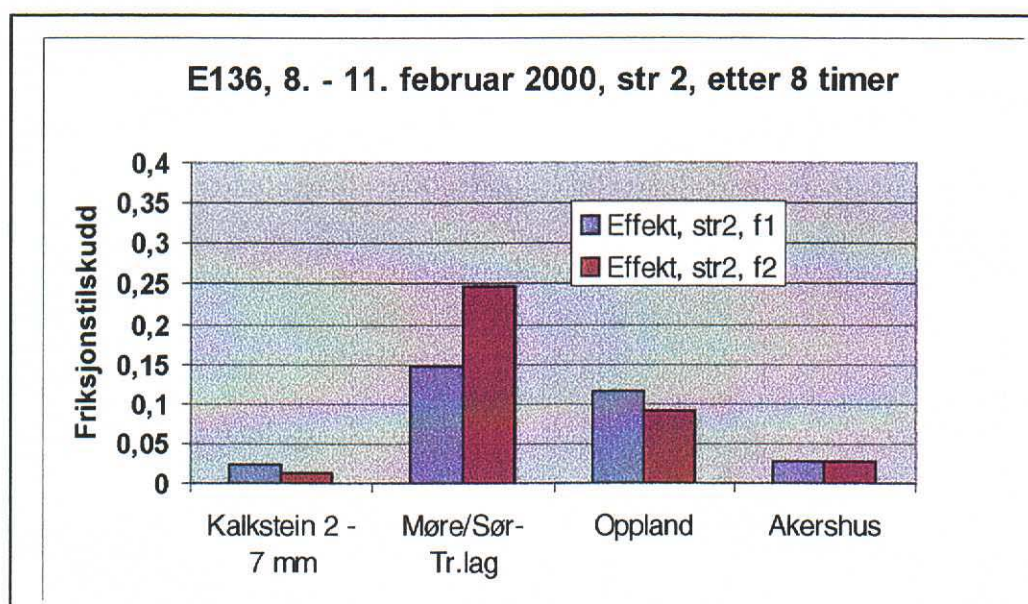
Figur 6.22: Sandforsøk på E136 8. -11.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 3.



Figur 6.23: Sandforsøk på E136 8. -11.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 4.



Figur 6.24: Sandforsøk på E136 8. -11.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 1 etter 24 timer.



Figur 6.25: Sandforsøk på E136 8. -11.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 2 etter 8 timer.

Figurene 6.24 og 6.25 viser langtidseffekten for strekning 1 og strekning 2 etter henholdsvis 24 timer og 8 timer. Mens det fortsatt var god effekt på delfeltene hvor det ble benyttet etterhengende spreder, var det liten effekt igjen på de 2 delfeltene som var strødd med Akershusbilen (Falköpingkonseptet). Også delfeltet som ble strødd med Hedmarksbilen med etterhengende spreder hadde en forholdsmessig større reduksjon i friksjonsnivået etter 24 timer enn de andre delfeltene strødd med etterhengende spreder.

6.5 Forsøk på E6 og Rv 30 v/ Støren, 16. - 18. februar

6.5.1 Forsøksbetingelser

Føreforhold: Jevnt snø-/isdekke				
Strekn.		Temperaturforhold		Antall delfelt
		Luft	Dekke	
1	E6, Hp 05, strødd 15.02, kl 10:15-10:30	-2,0	-2,7	1
2	E6, Hp 04, strødd 16.02, kl 09:30-09:50	-14,0	-10,4	1
3	Rv 30, Hp 02, strødd 17.02, kl 10:50-11:10	-12,0	-10,2	1
4	Rv 30, Hp 01, strødd 18.02, kl 09:00-09:15	-7,0	-5,2	1
5	Rv 30, Hp 02, strødd 18.02, kl 10:45-11:00		-3,5	1

6.5.2 Materialer

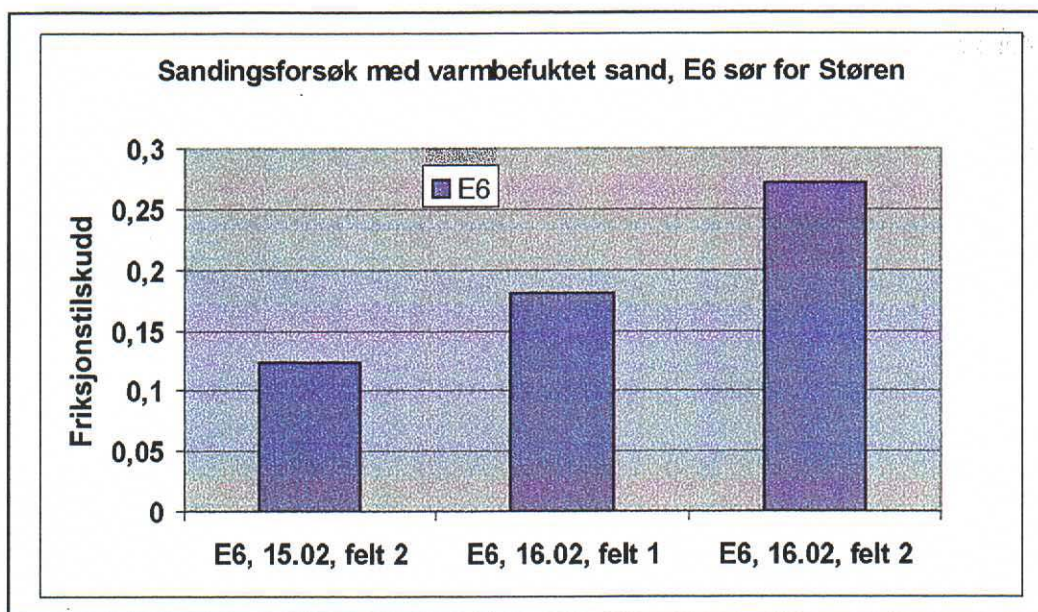
- Våt sand i flere fraksjoner med tilsetning av varmt vann
- På E6 ble det benyttet 0-8 mm knust fjell
- På RV 30 ble det benyttet 0-4 mm knust fjell

6.5.3 Metoder/strøbiler

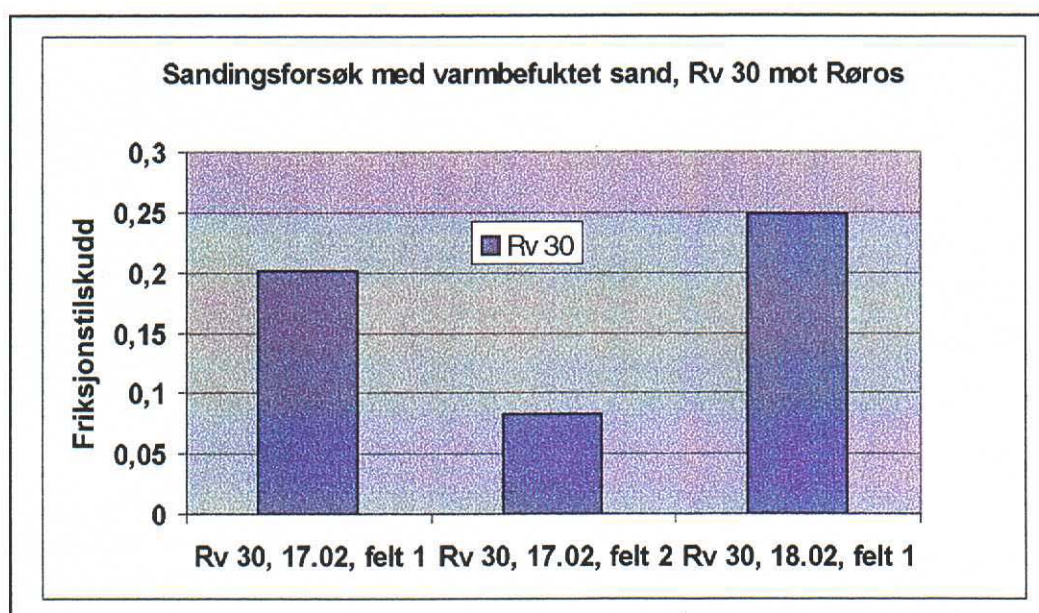
- Våt sand (Fastsand), Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag

6.5.4 Resultater

- Strødd totalt ca 45 km i sum begge retninger
- Friksjonstilskudd på 0,1 – 0,27



Figur 6.26: Sandforsøk på E6 sør for Støren 15. -16.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt.



Figur 6.27: Sandforsøk på Rv 30 mot Røros 17. -18.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt.

6.6 Demonstrasjon på Norsk Trafikksenter, 23. februar

6.6.1 Forsøksbetingelser

Føreforhold: Preparert isbane				
Strekn.		Temperaturforhold		Antall delfelt
		Luft	Dekke	
1	Lukket bane, strødd 23.02	-3,0	-3,0	5

6.6.2 Materialer

- Våt sand, 0-4 mm knust naturgrus
- Tørr sand, 0-4 mm knust naturgrus

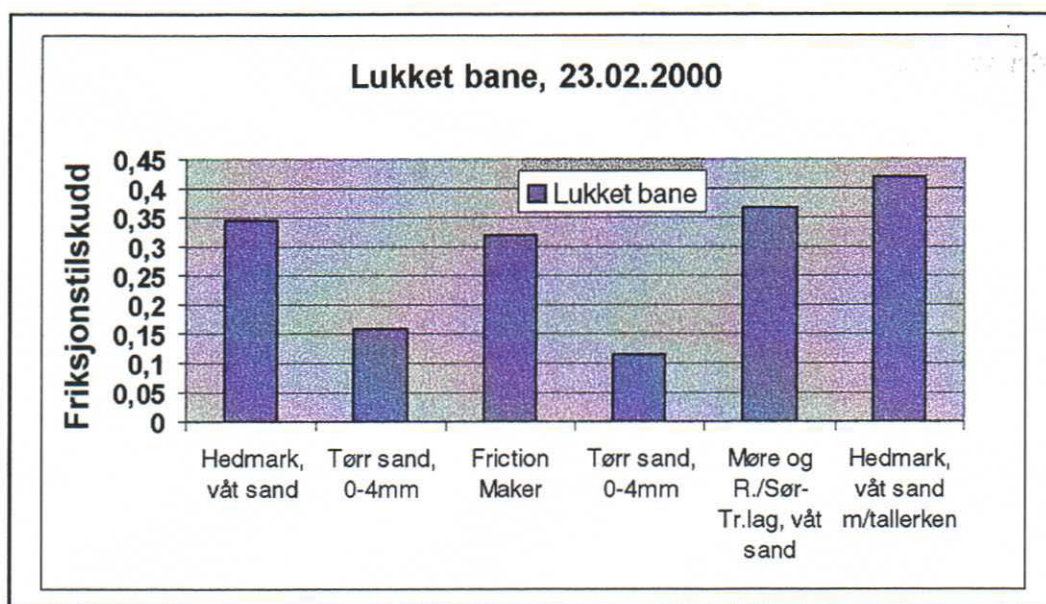
6.6.3 Metoder

- Felt 1: Fasan POH, Hedmark, varmbefuktet sand
- Felt 2: Bil m/ tallerkenspreder, Akershus, tørr sand
- Felt 3: Friction Maker, Oppland, varmbefuktet sand
- Felt 4: Bil m/ etterhengende spreder, Hedmark, tørr sand
- Felt 5: Fasa 2000, Møre og Romsdal / Sør-Trøndelag, varmbefuktet sand

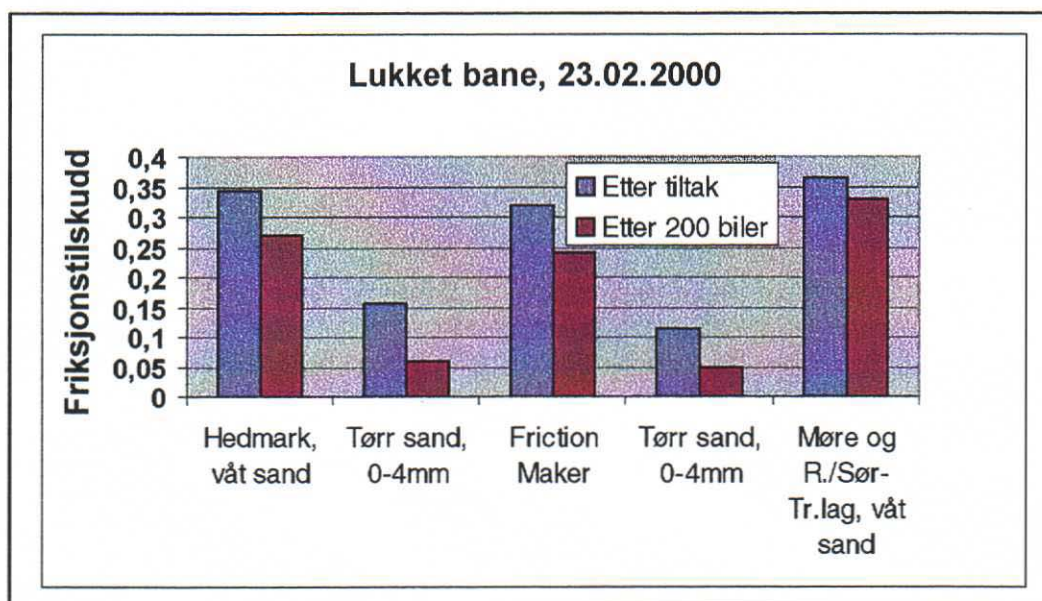
6.6.4 Resultater

Av figur 6.28 ser en at varmbefuktet sand gav et klart bedre resultat enn tørr sand. De 3 våtsandbilene med etterhengende spreder ga omtrent samme friksjonstilskudd. Selv om det er små forskjeller mellom de 3 enhetene kan en også av figur 6.28 se at bilen fra Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag skiller seg positivt ut både når det gjelder effekten rett etter tiltak og langtidseffekten målt etter 200 bilpasseringer.

Det aller beste resultatet rett etter utstrøing fikk en faktisk med Hedmarksbilen m/ tallerkenspreder. Et friksjonstilskudd på over 0,4 må sies å være svært bra, og vil bare kunne oppnås på veg under spesielt gunstige forhold.



Figur 6.28: Sandforsøk på Norsk Trafikksenter 23.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt rett etter tiltak.



Figur 6.29: Sandforsøk på Norsk Trafikksenter 23.02.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt rett etter tiltak og etter 200 bilpasseringer.

6.7 Forsøk på Rv 40 og Fv 120 v/ Geilo, 14. - 17. mars

6.7.1 Forsøksbetingelser

Føreforhold: Jevnt snø- og isdekke på Fv 120 14. mars. 15. og 16. mars ble det foretatt vanning for å skape ønskede forhold med våt is				
Strekn.	Hverdagsdøgntrafikk på Fv 120: 100 kjt Hverdagsdøgntrafikk på Rv 40: 1000 kjt Tungtrafikkandel Rv 40: 14%	Temperaturforhold		Antall delfelt
		Luft	Dekke	
1	Fv 120, strødd 14.03, kl 12:00 - 12:30	-1,5	-1,5	5
2	Fv 120, strødd 14.03, kl 17:20 - 17:40	-5,5	-4,6	3
3	Rv 40, strødd 15.03, kl 10:35 - 11:00	-5,3	-3,7	6
4	Fv 120, strødd 16.03, kl 10:45 - 11:20	-2,5	-3,4	2

En av hensiktene med forsøket på Geilo var å gjøre forsøk på våt is. Siden det ikke ble naturlig våt is i perioden forsøket pågikk, var det nødvendig å foreta vanning 15. mars for å få til de ønskede forsøksbetingelsene. Dagen etter ble det gjort tilsvarende preparering på Fv 120. Slik det ble gjort på Rv 40 med varsling av trafikantene i begge retninger, ble sikkerheten ivaretatt ved at alle som kjørte inn på strekningen ble varslet.

6.7.2 Materialer

- Våt sand i ulike fraksjoner
- Tørr sand u/ salt
- Tørr sand m/ salt
- Knust leire tilsatt magnesiumklorid

6.7.3 Metoder/strøbiler

- Våt sand (Fastsand), Hedmark
- Våt sand (Fastsand), Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag
- Strøbil m/ tallerkenspreder fra OSL
- Strøbil m/ tallerkenspreder Geilo (gul bil)
- Strøbil m/ etterhengende spreder Geilo (privat bil)

6.7.4 Øvrig maskinelt utstyr

For å kunne lage is ble det stilt til disposisjon følgende utstyr:

- Veghøvel
- Bil med vanntank
- Brannbil

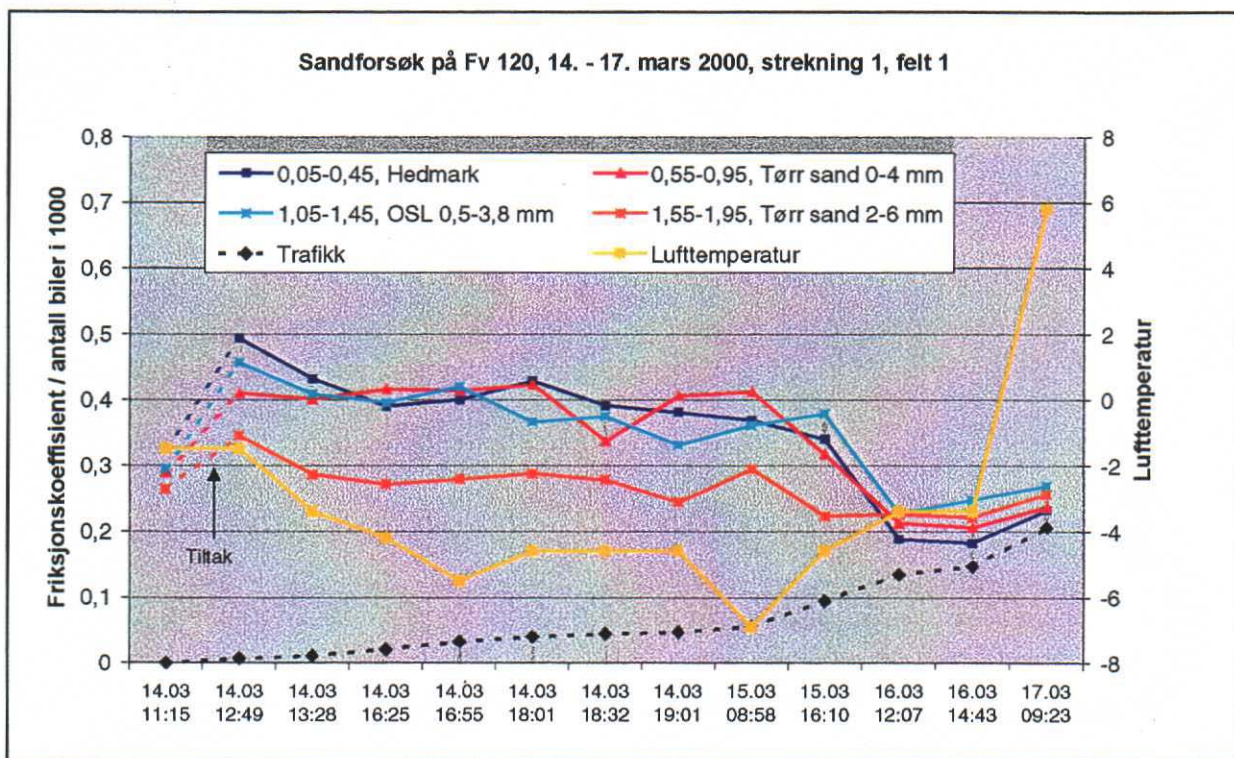
6.7.5 Resultater

På den første delstrekningen som ble strødd på Fv 120 er det som en ser av figur 6.34 liten forskjell mellom de ulike metodene, og forsøkene på Geilo tyder generelt på det ved liten trafikk vil være mindre forskjeller mellom ulike metoder enn når trafikkpåvirkningen øker.

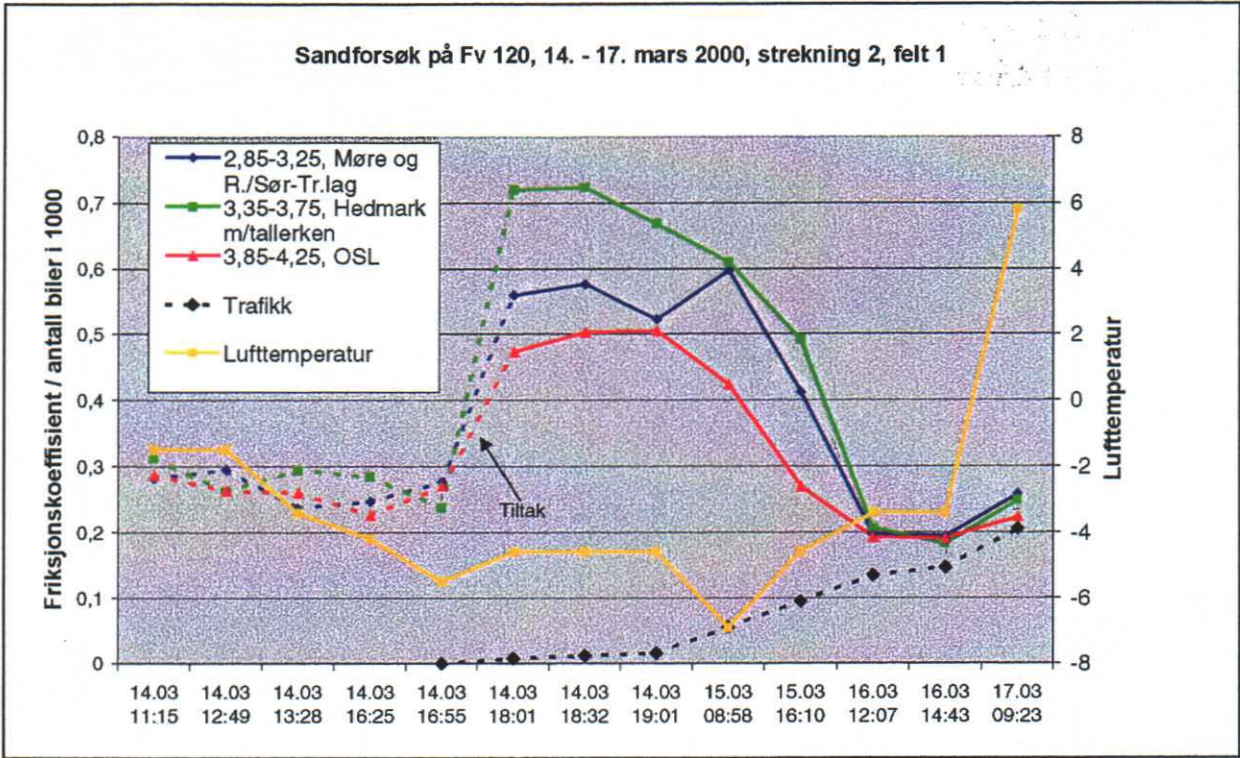
Det at Hedmarksbilen med etterhengende spreder ikke kom bedre ut på den første forsøksstrekningen kan tyde på at utleggingen ikke var optimal. På de andre forsøksstrekningene er resultatene for varmbefuktet sand på linje med det som er oppnådd i tidligere forsøk.

En sammenligning mellom ulike måter å tilsette vann på, viser at tallerken m/ varmt vann (Hedmarksbilen) er noe bedre enn etterhengende spreder m/ varmt vann (Møre og Romsdal/Sør-Trøndelag) som igjen er bedre enn tallerken m/ temperert masse (OSL).

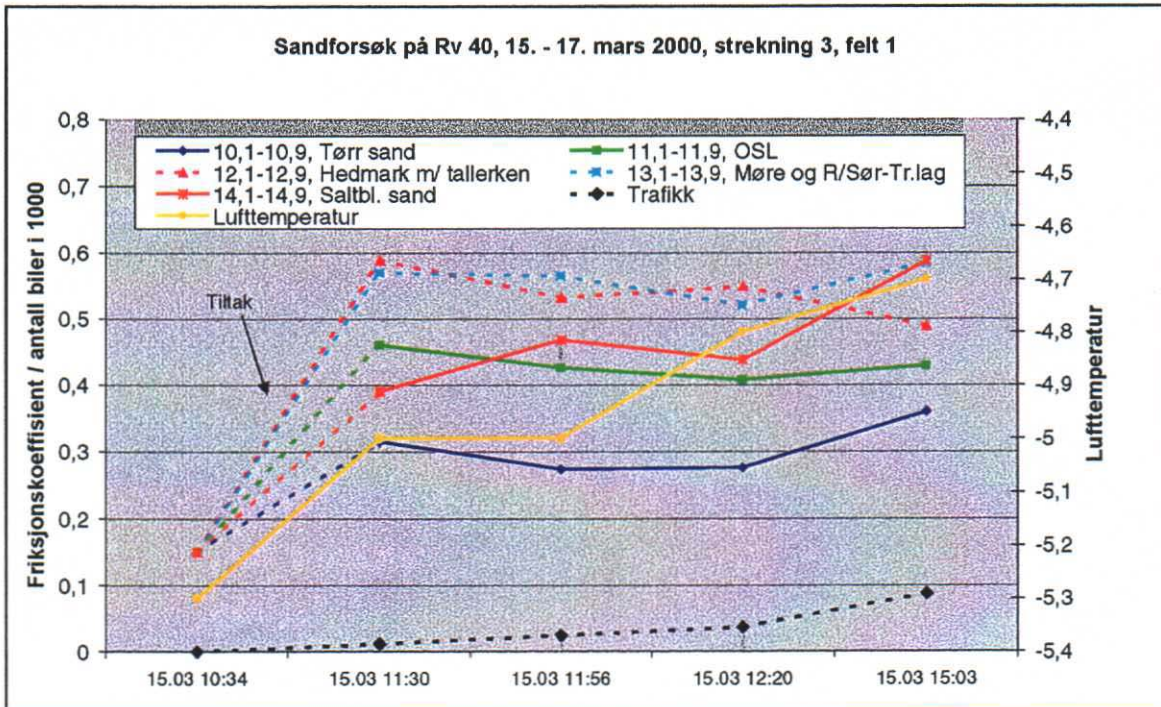
Også på våt is, se figur 6.32 og 6.36, skiller varmbefuktet sand seg fordelaktig ut.



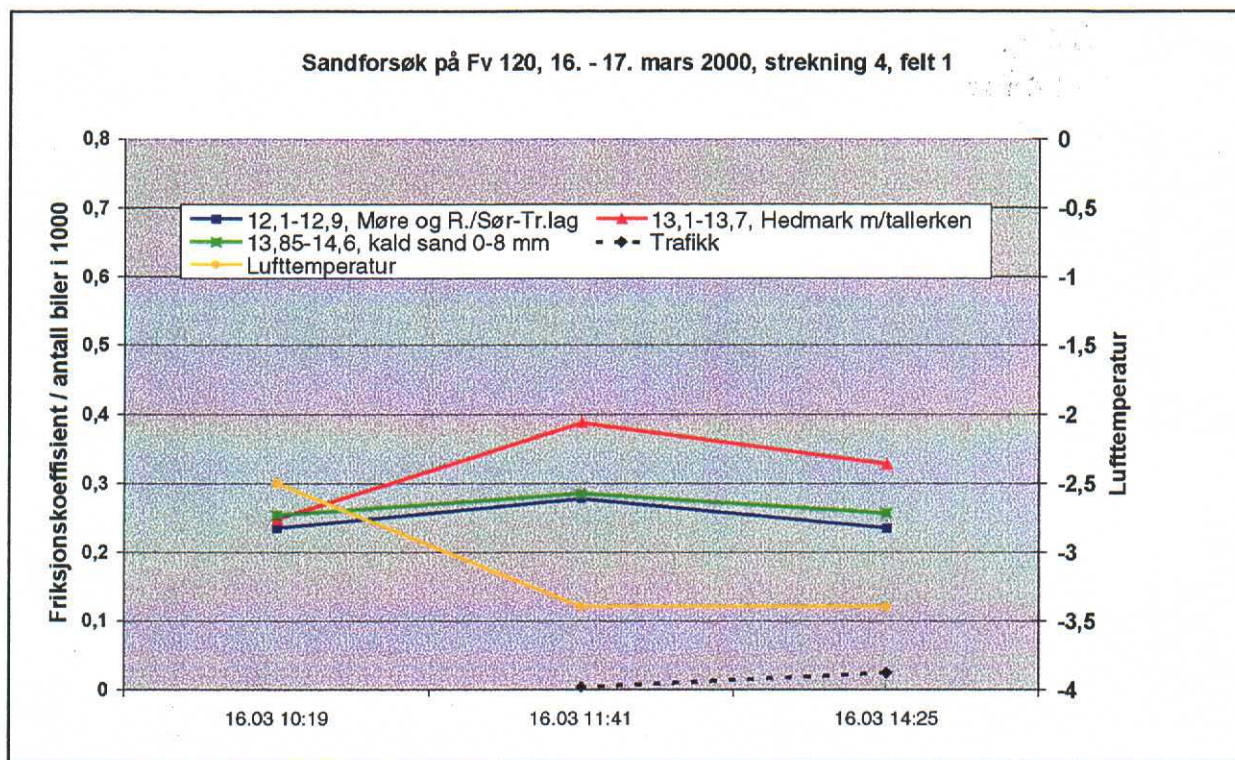
Figur 6.30: Sandforsøk på Fv 120 mot Tunhovd 14.-16.03.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 1.



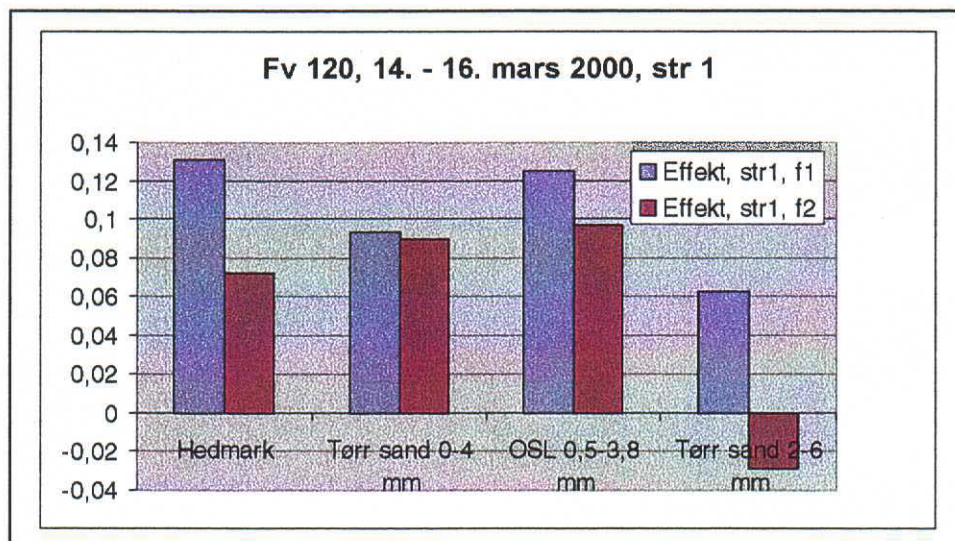
Figur 6.31: Sandforsøk på Fv 120 14.-16.03.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 2.



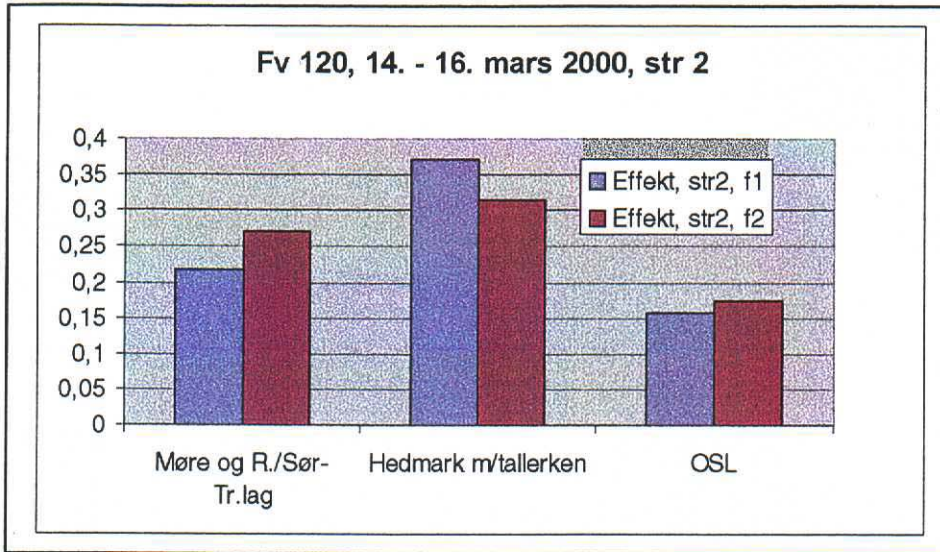
Figur 6.32: Sandforsøk på Rv 40 15.-16.03.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 3.



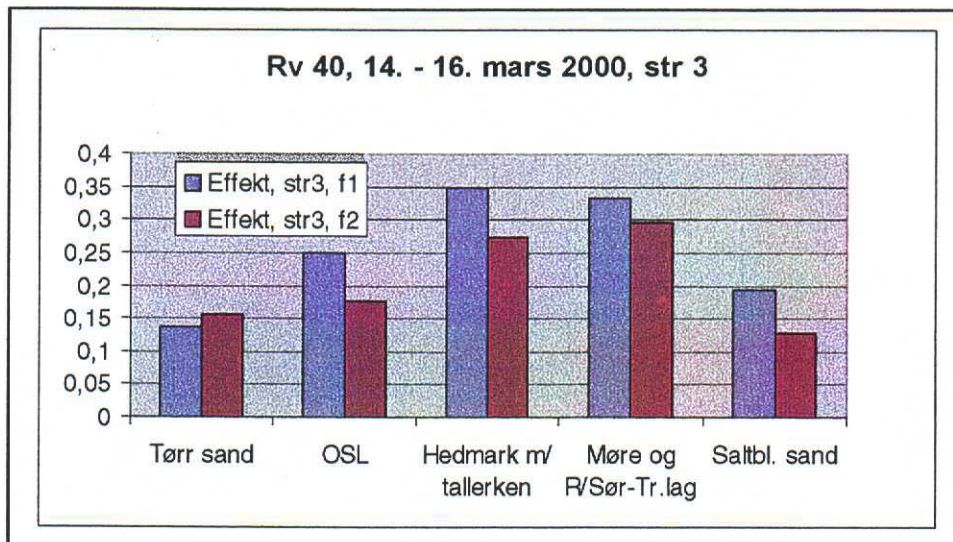
Figur 6.33: Sandforsøk på Fv 120 16.03.2000. Utvikling i friksjonsnivå på strekning 4.



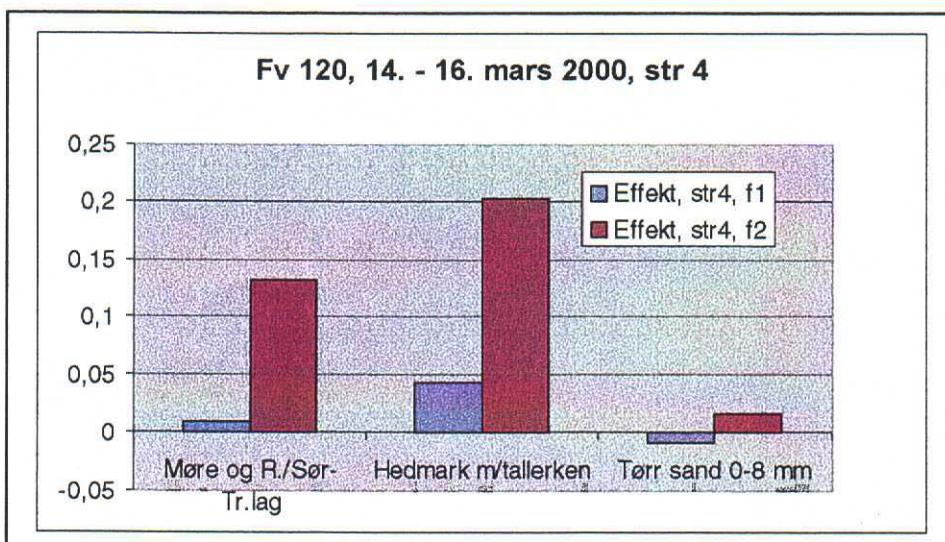
Figur 6.34: Sandforsøk på Fv 120 mot Tunhovd 14.-16.03.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt på strekning 1.



Figur 6.35: Sandforsøk på Fv 120 14.-16.03.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt, strekning 2.



Figur 6.36: Sandforsøk på Rv 40 15.-16.03.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt, strekning 3.



Figur 6.37: Sandforsøk på Fv 120 16.03.2000. Friksjonstilskudd på ulike delfelt, strekning 4.

Vedlegg 1: Oversikt over forsøkene som ligger til grunn for resultatene i kapittel 4

Vedlegg 1.1: Oversikt over utlagte materialer under varmsandforsøket på E136 11.-13.01.2000

Dato	Felt	Metode	Fraksjon	Dosering	Temp., vann	Temp., luft/dekke	Tidspunkt
11.01	1	Våt sand, Hedmark	0 - 6 mm (V3) knust fjell	250	90 ⁰	+1,0 / -3,0	11.10- 11.30
	2	Våt sand, Oppland	0 - 6 mm (V3) knust fjell	243	90 ⁰	+1,0 / -3,0	11.10- 11.30
	3	Kald sand u/salt	0 - 6 mm (K5) knust natur	203		+1,0 / -3,0	11.10- 11.30
	4	Tørr sand u/salt	2 - 6 mm (K4) knust fjell	169		+1,0 / -3,0	11.10- 11.30
	5	Tørr sand m/salt 15 kg/m ³	0 - 6 mm (KS3) knust natur	175		+1,0 / -3,0	11.10- 11.30
	6	Tørr sand m/salt 30 kg/m ³	0 - 6 mm (KS4) knust natur	202		+1,0 / -3,0	11.10- 11.30
	7	Våt sand, Hedmark	0,5-4 mm (V2), knust natur	291	90 ⁰	-0,4 / -3,5	16:25- 17.10
	8	Tørr sand u/salt	0,5-4 mm (K2), knust natur	200		-0,4 / -3,5	16:25- 17.10
	9	Kalkstein	2 - 7 mm knust fjell	173		-0,4 / -3,5	16:25- 17.10
	10	Våt sand, Oppland	0,5-4 mm (V2), knust natur	291	90 ⁰	-0,4 / -3,5	16:25- 17.10
12.01	11	Kalkstein	2 - 7 mm knust fjell	195		-2,2 / -3,2	12:30- 13:00
	12	Tørr sand m/salt 15 kg/m ³	0 - 4 mm (KS1) knust natur	165		-2,2 / -3,2	12:30- 13:00
	13	Tørr sand u/salt	2 - 4 mm (K3) knust fjell	193		-2,2 / -3,2	12:30- 13:00
	14	Tørr sand u/salt Tallerken + vann	0 - 4 mm (Åndalsnes), knust fjell	180	kaldt vann	-2,2 / -3,2	12:30- 13:00
	15	Våt sand, Oppland	0 - 4 mm (lokal, natur)	181	90 ⁰	-2,2 / -3,2	12:30- 13:00
	16	Våt sand, Hedmark	0 - 4 mm (lokal, natur)	186	65 ⁰	-2,2 / -3,2	12:30- 13:00
	17	Våt sand, Hedm. tallerken + vann	0 - 4 mm (lokal, natur)	186	65 ⁰	-2,2 / -3,2	16:20- 16.30
13.01	18	Våt sand, Oppland	0 - 4 mm (lokal, natur)	173	90 ⁰	-3,8 / -4,8	09:00 - 09:10
	19	Våt sand, Oppland	0 - 4 mm (lokal, natur)	260	90 ⁰	-3,8 / -4,8	11:00- 11.10

Vedlegg 1.2: Oversikt over utlagte materialer under sandingsforsøkene på E136 8. –10. februar 2000

Dato	Felt	Metode	Fraksjon	Dosering	Temp., Vann/ masse	Temp., luft/dekke	Tids- punkt
08.02	1	Våt sand, Hedmark	0 - 4 mm (lokal, natur)	188	90 ⁰ 0,8 ⁰	-3,2 / -2,1	11.10- 11.30
	2	Våt sand, Møre/Sør-Tr.lag	0 - 4 mm (lokal, natur)	191	95 ⁰ 0,6 ⁰	-3,2 / -2,1	11.10- 11.30
	3	Våt sand, Oppland	0 - 4 mm (lokal, natur)	205	90 ⁰ 1,0 ⁰	-3,2 / -2,1	11.10- 11.30
	4	Våt sand, Akershus	0 - 4 mm (lokal, natur)	144	30 ⁰	-3,2 / -2,1	11.10- 11.30
	5	Tørr sand	0 - 6 mm (KS3) knust fjell	165		-3,2 / -2,1	11.10- 11.30
	6	Våt sand m/tall., Hedmark	0 - 4 mm (lokal, natur)	188	90 ⁰ 0,8 ⁰		12:45- 13:10
09.02	7	Tørr sand, kalkstein	1 - 7 mm (K6) knust fjell	207		-11,6 / -8,6	10:10- 10:30
	8	Våt sand, Møre/Sør-Tr.lag	0,5 - 4 mm (V2), knust fjell	256	95 ⁰ 0,8 ⁰	-11,6 / -8,6	10:10- 10:30
	9	Våt sand, Oppland	0,5 - 4 mm (V2), knust fjell	257	90 ⁰ 0,8 ⁰	-11,6 / -8,6	10:10- 10:30
	10	Våt sand, Akershus	0,5 - 4 mm (V2), knust fjell	198	30 ⁰	-11,6 / -8,6	10:10- 10:30
	11	Tørr sand	1 - 5 mm (V2), knust fjell	239		-9,5 / -7,3	16:45- 17.10
	12	Våt sand, Hedmark	0 - 6 mm (V3), knust fjell	192	90 ⁰ 0,8 ⁰	-9,5 / -7,3	16:45- 17.10
	13	Våt sand, Møre/Sør-Tr.lag	0 - 6 mm (V3), knust fjell	222	95 ⁰ 0,8 ⁰	-9,5 / -7,3	16:45- 17.10
	14	Våt sand, Oppland	0 - 6 mm (V3), knust fjell	267	90 ⁰ 0,8 ⁰	-9,5 / -7,3	16:45- 17.10
10.02	15	Våt sand, Hedmark	0 - 2 mm (Litra) knust fjell	182	90 ⁰ 0,8 ⁰	1,2 / -1,8	12:30- 13:00
	16	Våt sand, Møre/Sør-Tr.lag	0 - 2 mm (Litra) knust fjell	204	95 ⁰ 0,8 ⁰	1,2 / -1,8	12:30- 13:00
	17	Våt sand, Oppland	0 - 2 mm (Litra) knust fjell	204	90 ⁰ 0,8 ⁰	1,2 / -1,8	12:30- 13:00
	18	Våt sand, Hedmark	0 - 2 mm (Litra) knust fjell	98	90 ⁰ 0,8 ⁰	1,2 / -1,8	16:20- 16.30
	19	Våt sand, Møre/Sør-Tr.lag	0 - 2 mm (Litra) knust fjell	111	95 ⁰ 0,8 ⁰	1,2 / -1,8	09:00 – 09:10
	20	Våt sand, Oppland	0 - 2 mm (Litra) knust fjell	123	90 ⁰ 0,8 ⁰	1,2 / -1,8	11:00- 11.10

Vedlegg 1.3: Oversikt over metoder som ble testet på de ulike delfeltene under sandingsforsøkene på Fv 120 og Rv 40 14. - 16. mars 2000

Dato	Felt	Metode	Fraksjon	Dosering	Temp., vann	Temp., luft/dekke	Tidspunkt
14.03	1 Fv 120	Brent leire		ca 90		-1,5 / -1,5	12:00- 12:30
	2 Fv 120	Hedmark	0-4 mm (KF1), knust fjell	209	90 ⁰	-1,5 / -1,5	12:00- 12:30
	3 Fv 120	Epoke, etterhengende	0-4 mm (KF1), knust fjell	220		-1,5 / -1,5	12:00- 12:30
	4 Fv 120	OSL	0,5-3,8 mm, vasket natur	174	30 ⁰	-1,5 / -1,5	12:00- 12:30
	5 Fv 120	Tørr, tallerken	2-6 mm (KF7), knust fjell	100		-1,5 / -1,5	12:00- 12:30
	6 Fv 120	Våt sand, Møre/Sør- Tr.lag	0-4 mm (KF1), knust fjell	164	95 ⁰	-5,5 / -4,6	17:20- 17:40
	7 Fv 120	Hedmark, tallerken	0-6 mm (KF5), knust fjell	209	90 ⁰	-5,5 / -4,6	17:20- 17:40
	8 Fv 120	OSL	0,5-3,8 mm, vasket natur	174	30 ⁰	-5,5 / -4,6	17:20- 17:40
15.03	9 Rv 40	Tørr	2-6 mm (KF7), knust fjell	163		-5,3 / -3,7	10:35- 11:00
	10 Rv 40	OSL	0-6 mm (KF5), knust fjell	205	30 ⁰	-5,3 / -3,7	10:35- 11:00
	11 Rv 40	Hedmark, tallerken	0-6 mm knust fjell (KF5)	213	90 ⁰	-5,3 / -3,7	10:35- 11:00
	12 Rv 40	Våt sand, Møre/Sør- Tr.lag	0-6 mm (KF5), knust fjell	185	95 ⁰	-5,3 / -3,7	10:35- 11:00
	13 Rv 40	Tørr	0-6 mm (KFS6), knust fjell, 30 kg salt/m ³	184		-5,3 / -3,7	10:35- 11:00
	14 Rv 40	Brent leire				-5,3 / -3,7	10:35- 11:00
16.03	15 Fv 120	Våt sand, Møre/Sør- Tr.lag	0-6 mm (KF5) knust fjell	185	95 ⁰	-2,5 / -3,4	10:45- 11:20
	16 Fv 120	Hedmark, tallerken	0-6 mm (KF5) knust fjell	213	90 ⁰	-2,5 / -3,4	10:45- 11:20
	17 Fv 120	Tørr, tallerken	0-8 mm natur (lokal)	190		-2,5 / -3,4	10:45- 11:20