



Feltforsøk med ulike strøsandkvaliteter

Etatsprogram vinterdrift

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 550



Tittel

Feltforsøk med ulik strøsandkvalitet

Undertittel

Etatsprogram vinterdrift

Forfatter

Inge Bolme, Veidekke
Bård Nonstad, Statens vegvesen

Avdeling

Vegavdelingen

Seksjon

Drift, vedlikehold og vegteknologi

Prosjektnummer

604535

Rapportnummer

Nr. 550

Prosjektleder

Bård Nonstad

Godkjent av

Øystein Larsen

Emneord

Vinterdrift, sanding, friksjon

Sammendrag

Denne rapporten oppsummerer resultater fra gjennomførte feltforsøk med ulike sandkvaliteter. Testene har bidratt til økt kunnskap og endrede krav til strøsand som benyttes i Statens vegvesens driftskontrakter. Prosjektet har vært en del av Etatsprogram vinterdrift (EVI).

Title

Field tests with different sand quality

Subtitle

Research programme winter maintenance

Author

Inge Bolme
Bård Nonstad

Department

Roads Department

Section

Operation, Maintenance and Road Technology

Project number

604535

Report number

No. 550

Project manager

Bård Nonstad

Approved by

Øystein Larsen

Key words

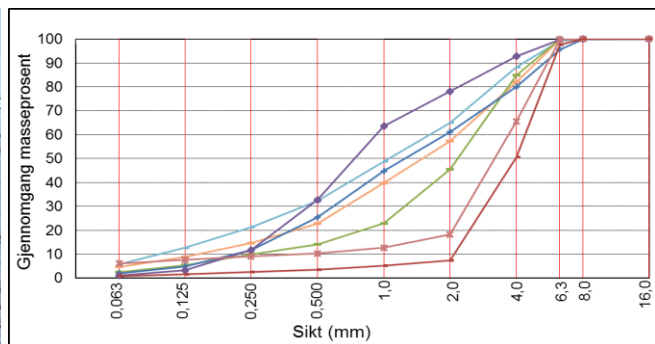
Winter maintenance, sanding, friction

Summary

This report summarize the results from field tests with different sand qualities. The tests have contributed to new knowledge and requirements for the sand that is used in the maintenance contracts. The project has been a part of the research programme "winter maintenance".

RAPPORT

Veidekke Industri Kompetansesenteret



Etatsprogram Vinterdrift

Ulik strøsandkvalitet og betydning for friksjon og varighet
Feltforsøk Bjorli 19. – 20. januar og 9. – 10. februar 2016



Trondheim: 11.09.2017

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
1 Innledning.....	5
2 Gjennomføring	6
2.1 Generelt – lokalisering, vær- og klimadata, testede massetyper	6
2.2 Utstyr	10
2.3 Klargjøring for feltforsøk.....	11
2.4 Forsøksopplegg – beskrivelse av feltstrekningene, friksjons- og føreforhold	15
2.4.1 Test 1 – Dag 1 (19.01.2016).....	15
2.4.2 Test 1 – Dag 2 (20.01.2016).....	17
2.4.3 Test 2 – Dag 1 (09.02.2016).....	19
2.4.4 Test 2 – Dag 2 (10.02.2016).....	21
3 Resultater og vurderinger	23
3.1 Siktekurver	23
3.2 Bilder av sandtypene	26
3.3 Mengdekontroll ved hjelp av oppsamling på duker – vurdering av resultater	27
3.4 Friksjonsmålinger, bilder og visuell bedømming av tiltak.....	33
3.4.1 Test 1 - Dag 1	33
3.4.2 Test 1 - Dag 2	37
3.4.3 Test 2 - Dag 1	40
3.4.4 Test 2 - Dag 2	42
3.5 Felt- og friksjonsresultater oppsummert.....	43
3.6 Friksjonsresultater visualisert – «absolutt» og «relativt» friksjonstilskudd	46
3.7 Krav til strøsand i driftskontrakter	53
3.8 Videre arbeid.....	56
4 Oppsummering – konklusjon	57
5 Referanser.....	58
Vedlegg 1: Klimadata test 1	59
Vedlegg 2: Klimadata test 2	60
Vedlegg 3: Samlet oversikt – massetype og metode m.m.	61
Vedlegg 4: Dukveieresultater – samlet oversikt.....	62
Vedlegg 5: Siktekurver – samlet oversikt.....	64
Vedlegg 6: Dukvariasjon relatert til finstoffinnhold	65

Sammendrag

Som en del av aktiviteten innen Statens vegvesen Vegdirektoratets prosjektet: «Etatsprogram Vinterdrift» (EVI) har det blitt gjennomført to feltforsøk med ulike strøsandkvaliteter. Sju ulike sandkvaliteter, med innbyrdes forholdsvis forskjellige karakteristikk, ble testet for å se på fraksjoner betydning med tanke på friksjonstilskudd og varighet. Innbyrdes variasjon mellom massene var på det meste slik at gjennomgangsprosenten varierte mellom 10-80 % (ved sikt 2,0 mm). Forsøkene ble gjennomført på Bjorli den 19.-20. januar samt 9.-10. februar 2016.

Forsøkene har synliggjort at en ser ut til å ha betydelige utfordringer og forbedringspotensialer knyttet til teknisk tilstand, samt mengde- og breddenøyaktighet for spredermateriellet som inngår i vinterdriften. Dette samsvarer med øvrig erfaring fra FoU- aktiviteter innen EVI.

Med tanke på teknisk tilstand dreier det seg ofte om åpenbare feil og mangler, *synlig og åpenbar for enhver som* går seg en tur rundt sprederen eller observerer sprederesultatet. Brennerproblematikk på spredere til fastsand, samt skader på nedløp og tallerken er særlig vanlig. Ettersyn, service og vedlikehold kan se ut til å være et forsømt område. *Funksjonstesting* med tanke på verifisering av spreders yteevne likeså.

En del av mengdeunøyaktigheten kan forklares gjennom manglende samsvar mellom innstilt og reell spredbredde. Spredbredden avhenger av tallerkenhastigheten. Sprederne er programmert slik at en gitt breddeinnstilling resulterer i en gitt tallerkenhastighet (r/min). Samtidig er det slik at ulike masser vil oppføre seg ulikt på tallerken, avhengig av blant annet finstoffinnhold, fuktighet i massen og kornfordeling. Siden spredprogrammeringen er statisk, mens strømmiddelet varierer, forstår en at avvik mellom innstilt og reell spredbredde vil være å forvente. Mulighet for forenklet sjåførstyrt *spredbredde-optimalisering* har blitt foreslått med tanke på framtidige forbedringer.

Gitt et avvik mellom innstilt og reell spredbredde, til dels betydelige i forbindelse med sandtestene her, kan en heller ikke forvente samsvar mellom innstilt og utlagte mengde (per flateenhet). «Manglende» breddenøyaktighet resulterer derfor i «tilsynelatende» mengdeunøyaktighet i en del tilfeller. I andre tilfeller, så som stor variasjon i utlagt mengde fra duk til duk (stor spredning) eller store variasjoner mellom to forsøk med ellers like betingelser (manglende repeterbarhet) er det vanskeligere å forklare mengdeunøyaktigheten.

Det ble gjennomført 20 ulike feltutlegginger av sand. Utlagt mengde, iht. dukoppsamling, varierte mellom 79 og 262 g/m² for disse forsøkene. Det gjennomsnittlige standardavviket (gj.snittet av standardavviket for de enkelte forsøkene) for de 20 feltutleggingene var i størrelsesorden 20 %. I de tilfeller hvor en har repeterte utlegginger på duk er avviket på inntil 100 % mellom den første og gjentatte utlegging på duk. Variasjonene er med andre ord betydelige og bidrar til at det er *en god del usikkerhet knyttet til resultatene*. Dog har en del av denne usikkerheten blitt forsøkt adressert gjennom å se på oppnådd friksjonstilskudd per utlagt mengde («relativt» friksjonstilskudd).

Med tanke på fastsand har en konkludert med at de testede massetyper så ut til å være lite egnet. De testede massene (siktekurvene) avviker til dels mye fra gjeldende anbefalinger knyttet til fastsandmateriale. Resultatene kan derfor sies å være som forventet, samtidig som de nevnte utfordringer med spredermateriellet kan ha påvirket testresultatene eller bidratt til dette.

For tørrsand tyder forsøkene på at en stor endring i mellomfraksjonen mellom sikt 0,25 mm og 4,0 mm er viktig for friksjonstilskuddet. Stor andel stein i mellomfraksjonene vil, for en gitt utlagt mengde (200 g/m²), gi et stort antall korn per flateenhet. Samtidig kan det tenkes at kornene da har en størrelse (tilstrekkelig store) og fasong som er gunstig med tanke på friksjonsbidrag. *Kombinasjonen av kvantitet (mengde, antall korn) og kvalitet (fasong, overflate, størrelse) kan tenkes å være det som gir masser med høy andel stein i mellomfraksjonene høyest resulterende friksjonstilskudd.* Forskjellene er dog små og mange faktorer fra feltforsøkene er usikre. Utfordringene knyttet til spredermateriellet kan nok ha påvirket testresultatene også her.

1 Innledning

Veidekke Industri er engasjert av Statens vegvesen Vegdirektoratet i prosjektet: «Etatsprogram Vinterdrift». Etatsprogram vinterdrift (EVI) ble startet i januar 2013 og er et fireårig forsknings- og utviklingsprogram. Prosjektet søker å bidra til blant annet bedre framkommelighet, regularitet, sikkerhet og tilgjengelighet på vinteren for alle trafikantgrupper.

Som en del av aktiviteten innen EVI ble det vinteren 2016 gjennomført to feltforsøk med ulike strøsandkvaliteter. Forsøkene ble gjennomført på Bjorli den 19.-20. januar samt 9.-10. februar for å se på sandfraksjoners betydning med tanke på friksjonstilskudd ved ulike føreforhold. Likedan kunne det være aktuelt å se på sandkvaliteters betydning knyttet til varighet.

Testene skulle bidra til økt kunnskap og bedret beslutningsgrunnlag blant annet med tanke på framtidige krav til strøsand (grensekurver mm) som benyttes i Statens vegvesens driftskontrakter. I dagens driftskontraktsmal er det eneste kravet at sanda ikke skal overstige 6 mm steinstørrelse.

Denne delrapporten oppsummerer resultatene fra feltforsøkene. Fra Veidekke Industri (VDI) har Stein Høseth, Tore Menne og Inge Bolme stått for feltarbeid og bearbeiding av data. Fra Statens vegvesen (SVV) har blant andre Dagfin Gryteselv, Kai Rune Lysbakken og Bård Nonstad deltatt i det samme. Delrapport er utarbeidet av Inge Bolme og Bård Nonstad i fellesskap.

I rapporten har vi valgt ikke å ta med spredertype og hvilken entreprenør som har lagt ut sanda på de ulike teststrekningene.

Vi ønsker å takke de lokale entreprenører som bisto oss i dette feltforsøket: Mesta, Veidekke, Stian Brenden og Eide & Frilund.

2 Gjennomføring

De to feltforsøkene ble gjennomført i og på området i umiddelbar tilknytning til Bjorli flyplass. Omegn Dombås, Lesja og Bjorli egner seg godt til feltforsøk med strøsand da området preges av mye kaldt og stabilt vintervær. De påfølgende avsnitt av dette kapittel gir en kort beskrivelse med tanke på gjennomføring, vær og klima, sandtyper, utstyr som inngikk og forberedelser forut for selve feltforsøkene. Begreperne test, sandingsforsøk og feltforsøk benyttes litt om hverandre i denne rapport.

2.1 Generelt – lokalisering, vær- og klimadata, testede massetyper

Figur 1 nedenfor gir et oversiktsbilde med tanke på lokalisering og gjennomføring.

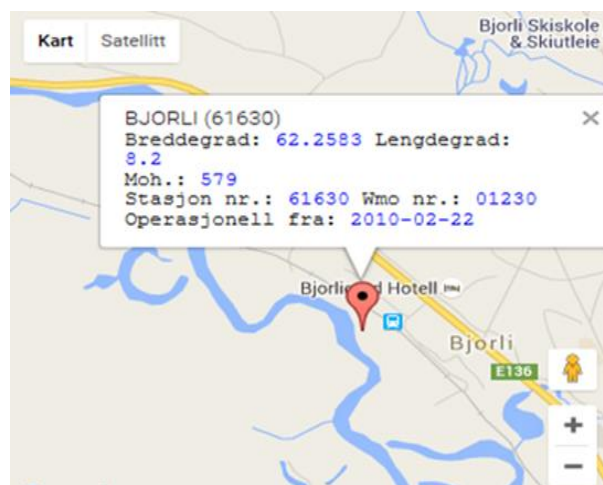


Figur 1: Feltstrekninger og lokalisering i forbindelse med feltforsøkene.

Både selve flystripa og kommunal vei fra FV 517 Rånåvegen ble benyttet i forbindelse med feltutlegging av sand. Klargjøring og forsøk på innjustering av spredmaterialet ble utført på området i umiddelbar tilknytning til flystripa. I tillegg ble strekningen fra nevnte kommunalvei og inn på flyplassen benyttet til det samme. Liten eller ingen trafikk i området på denne tiden av året. Det vises igjen til figur 1.

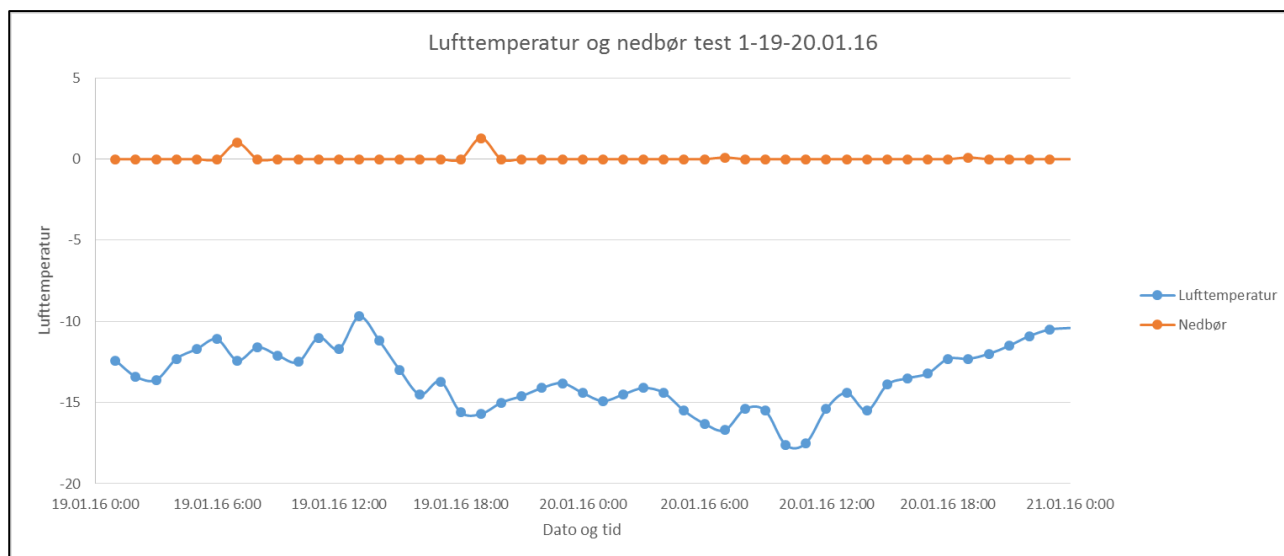
Værdata

Nærmeste værstasjon som tilhører Statens vegvesen er Brustugulia som ligger ved E136 øverst i Romsdalen. Denne ligger omkring 20 kilometer i luftlinje fra flyplassen, og noe lavere i terrenget. Temperaturene i dette området er normalt noe høyere enn i omegn flyplassen. Så var også tilfelle disse dagene. Meteorologisk institutt har en værstasjon som ligger rett ved Bjorli jernbanestasjon, omkring 5 kilometer i luftlinje fra flyplassen, det vises til figur 2. Denne ble valgt benyttet som kilde til klimadata. Det rapporteres klimadata hver time fra værstasjonen.



Figur 2: Plassering av værstasjon på Bjorli.

Klimadata 19. - 20. januar 2016 Bjorli stasjon – Test 1

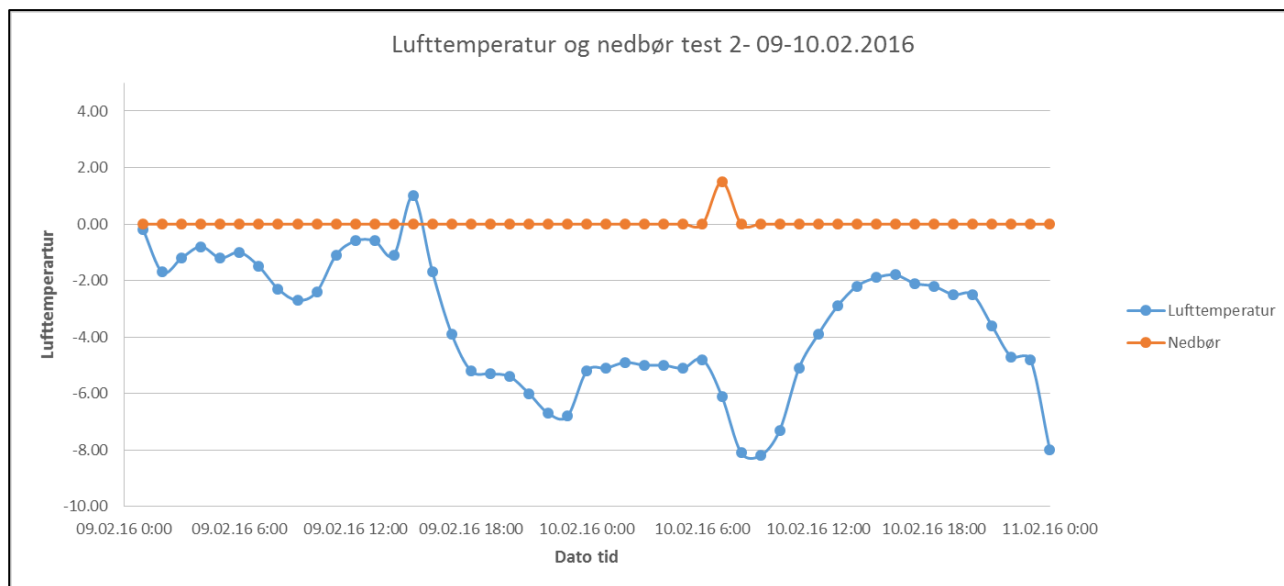


Figur 3: Lufttemperatur og nedbør test 1.

Tirsdag 19. januar 2016: Noe stigende lufttemperatur på formiddagen, deretter synkende temperatur igjen. Basert på figur 3 over kan en si at lufttemperaturen varierte mellom -10 og -15 °C denne dagen. Noe nedbør i form av snø, men dette påvirket ikke forsøkene. Registrert vegbanetemperatur (temperatursensor på Roar-friksjonsmåler) viste ganske stabile verdier omkring -11 til -12 °C hele dagen.

Onsdag 20. januar 2016: Stabilt kaldt vær med lufttemperatur omkring -15 °C. Noe lett nedbør (snø-yr), men dette påvirket ikke forsøkene og ga heller ikke utslag på nedbørssensoren på værstasjonen. Vegbanetemperatur i området fra -10 til -13 °C i løpet av dagen.

Klimadata 09. - 10. februar 2016 Bjorli Stasjon – Test 2



Figur 4: Lufttemperatur og nedbør test 2.

Tirsdag 9. februar 2016: Lufttemperatur så vidt på minussiden (minus 1-2 °C). Ingen nedbør. Vegbanetemperatur mellom -2 og -4 °C.

Onsdag 10. februar 2016: Lufttemperatur omkring -8 °C fra morgenen av. Stigende temperatur utover dagen til omkring -2 °C ved avslutning av testene. Vegbanetemperaturen viste samme utvikling fra -6 °C på morgenen til -2 °C ved avslutning av testen. Det hadde kommet et tynt lag med snø i løpet av natta, men ellers ingen nedbør i løpet av dagen (registrert som 1,5 mm nedbør på værstasjonen). Det vises til figur 4 over.

Tabell 1 under gir en oversikt med tanke på testede masstyper, fraksjon og finstoffinnhold. Likedan viser tabellen hvor mange prøveuttak og sikteanalyser (noen våtsiktede prøver tilkommer) som ligger til grunn for siktediagrammene som presenteres utover i denne rapport.

Massene ble testet i litt ulikt omfang. For eksempel inngikk massen benevnt som «Kårbøseter» i forbindelse med begge testene, mens masstypen «Dombås» kun ble testet i forbindelse med test to. Omfanget av testingen for hver enkelt masstype framgår til en viss grad av «Antall prøveuttak» og «Antall sikteanalyser» i tabellen. Økende antall prøveuttak følger av at samme masse ble hentet fra ulike lagre eller inngikk i forbindelse med begge feltforsøkene.

Tabell 1: Oversikt over masstyper som inngikk i forsøkene (testede sandkvaliteter)

Masstype (forekomst)	Bingsa	Kårbøseter	Veblungnes	Isfjordskorgen	Eide & Frilund	Dombås	Visnes
Materiale	Knust natur	Knust natur	Knust natur	Knust natur	Knust natur	Knust fjell	Knust strøsingel
Fraksjon	0/4 mm	0/4 mm	0/4 mm	0/4 mm	0/4 mm	2/6 mm	2/7 mm
Antall prøveuttak	1	3	2	3	1	1	1
Antall sikteanalyser	2	6	4	6	2	2	2
Vanninnhold [%]	2,0	1,8-2,6	3,5	1,7-3,3	2,7	-	1,3
Siktemetode	Tørr	Tørr	Tørr	Tørr	Tørr	Tørr	Tørr
Finstoffinnhold [%]	5,5-6,0	4,2-5,0	2,4-3,1	1,0-2,5	1,0-1,1	5,9-6,2	0,7-0,8

I tabell 1 er massene sortert etter finstoffinnhold. Unntaket er massetypen «Dombås» som hadde det høyeste finstoffinnholdet til tross for at det var en 2/6 fraksjon. Finstoffinnholdet (andel < 0,063 mm) kan sees og variere mellom 1-6 %. Her kan bemerkes at masseprøvene i utgangspunktet ble tørrsiktet og at finstoffinnholdet derfor kan være noe underestimert. Dette vil en komme tilbake til i kapittel 3.1.

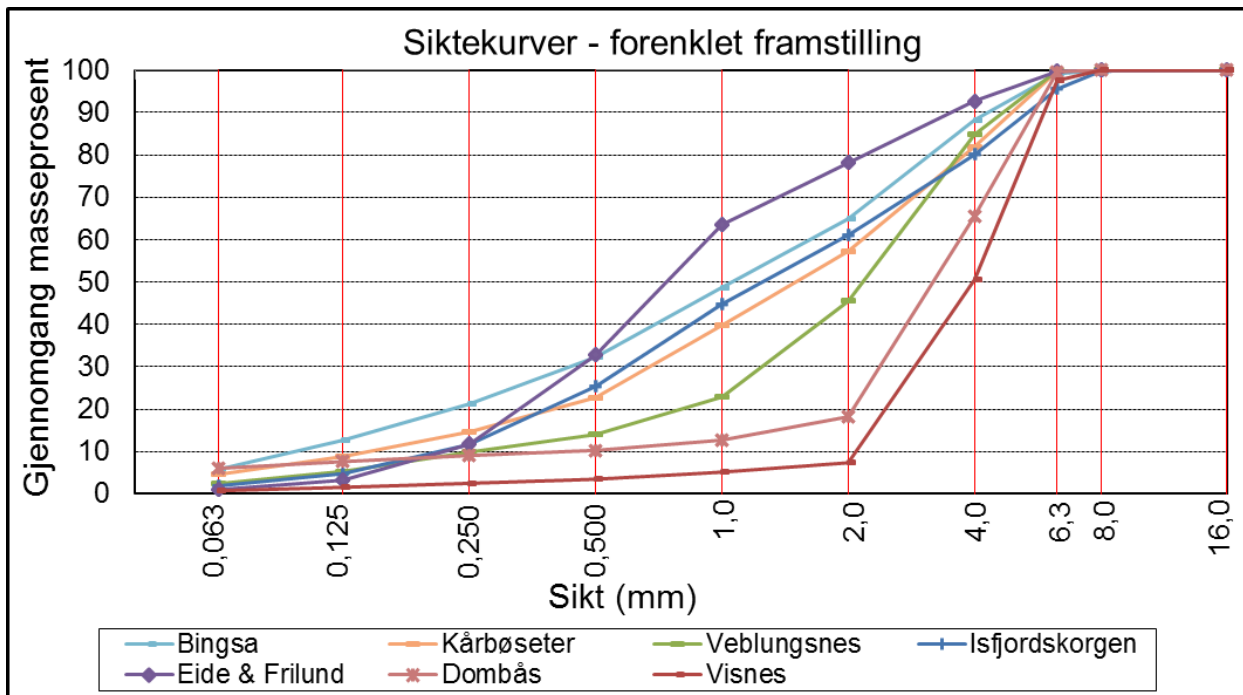
Figur 5 gir en innledende forenklet framstilling av kornfordelingen for de testede massetypene. Forenklet i den forstand at ikke samtlige tilgjengelige kurver er inkludert. Antall tilgjengelige siktekurver øker med antall prøveuttak og sikteanalyser, og fremstillingen blir raskt «brokete». I de tilfeller hvor en har flere tilgjengelige kurver har en valgt ut den kurven en mener representerer massetypen og sikteresultatene best. Siktekurvene som presenteres representerer i tillegg, av samme årsak som nevnt over, et gjennomsnitt av to siktinger for et prøveuttak.

Siktediagrammer presenteres i ulike former utover i rapporten. En samlet fremstilling med siktekurver fra samtlige tilgjengelige sikteanalyser (dog slik at hver kurve representerer et gjennomsnitt av to siktinger), inklusive ulike grensekurver, er inntatt senere i denne rapport.

Av figur 5 ser en at de testede massene spenner over et forholdsvis bredt spekter med tanke på kornfordeling. Både ensgraderte og velgraderte materialer har blitt forsøkt. I følge håndbok N200 Vegbygging (Statens vegvesen 2014), er definisjonen på et ensgradert materiale et materiale med graderingstall (Cu) mindre enn 5. Graderingstallet er forholdet mellom kornstørrelse ved 60 %- og 10 % gjennomslipp. Tar en utgangspunkt i dette så er det bare de to massene Visnes og Dombås som er definert som ensgraderte. I denne rapporten er uttrykk som «ensgradert» likevel brukt om andre massetyper, men altså ikke korrekt i forhold til definisjon i håndbok N200.

Forskjellene i kornfordelingsstruktur sees å være slik (figur 5) at gjennomgangsprosenten ved sikt/kornstørrelse 1,0 mm varierer mellom 5-65 % («Visnes» vs. «Eide & Frilund»). Ved 2,0 mm kornstørrelse er forskjellene enda større. Her kan en litt grovt si at gjennomgangsprosenten varierer mellom 10-80 %. 80 % av «Eide & Frilund» massen er «finere» enn 2,0 mm, mens 90 % av «Visnes» massen er grovere enn dette. Massetypene «Bingsa», «Isfjordskorgen» og «Kårbøseter» har kornfordeling som følger noe av den samme utviklingen. Dog har «Bingsa» massen omkring 10 prosentpoeng høyere andel av korn med størrelse mindre enn 0,250 mm, en forskjell som hovedsakelig skyldes forskjeller mellom massene i andelen korn innenfor intervallet 0,063-0,125 mm.

Generelt vil en også si at massene framstod som «rene», kanskje med unntak av Kårbøseter massen. Innholdet av «nullstoff/finstoff» virket å være lavt. Massene kan sies å minne om sand som er vasket.



Figur 5: Siktekurver for de ulike sandkvalitetene som ble testet (innledende presentasjon, forenklet oversikt).

2.2 Utstyr

Deltakende spredermateriell er valgt anonymisert. Tabell 2 under viser årsmodell og type spredder bak de ulike «Bil/spredder nr.» som benyttes videre i denne rapport. Seks ulike bil/spredder kombinasjoner bisto i forbindelse med feltutleggingen av sand. Mer «spredderspesifikt» så deltok fire spreddere av typen Falköping og en fra hver av produsentene Schmidt og Epoke. Jfr. figurene 6, 7 og 8 til høyre samt nedenfor, medtatt av illustrative hensyn.



Figur 6: Tørrsandspredder fra Epoke



Figur 7: Fastsandspredder fra Falköping



Figur 8: Tørrsandspredder fra Schmidt

Tabell 2: Oversikt over deltagende spredermateriell

Bil/spreder nr.	1	2	3	4	5	6
Spredertype	Schmidt Stratos	Falköping LTFV	Epoke Sirius	Falköping LTFV	Falköping LTFV Kombi	Falköping LTFV Kombi
Årsmodell	-	2014	2013	2013	2013	2013
Spreader-ID	-	23970	49130385	23735	23739	23740

Friksjonsmåler Roar Mark 5 ble benyttet for å se på effekten av de ulike tiltakene. Denne foretar målinger med et standardisert målehjul som bremses kontinuerlig med 20 % i forhold til et fritt rullende hjul. Friksjonskoeffisienten beregnes ut fra de kreftene som virker på målehjulet under bremsing. Friksjonskoeffisienten beregnes for hver tiende meter i tillegg til at vegbilder tas med valgt frekvens. Vegbane- og lufttemperatur registreres også.



Figur 9: Friksjonsmåler Roar Mark 5 i aksjon.

2.3 Klargjøring for feltforsøk

Kontroll med spredereinnstillinger og spredebilde ble foretatt som en klargjøring forut for feltutleggingen. Kalibrering av spreder opp imot aktuell massetype (enhetlig utlagt mengde) ble også foretatt. For spredere som skulle benyttes til å legge fastsand ble vanntemperatur og brennerytelse kontrollert.

Erfaringene fra dette arbeidet med tanke på teknisk tilstand for spredermateriellet, samsvarer med erfaringene fra øvrig FoU aktivitet i etatsprogram vinterdrift (EVI). Klargjøringen er tidkrevende og det avsløres ofte feil og mangler på spredermateriellet som er *av stor betydning for resultatet som oppnås*. Ofte vil det være *åpenbare feil og mangler, synlig og åpenbar for enhver som går seg en tur rundt sprederen eller observerer det resultat som oppnås (utlagt spredebilde)*, enten ved å simulere utlegging eller se i speilene på bilen i forbindelse med tiltak.

Skader på nedløp og tallerken er særlig vanlig. Ofte med det til følge at strømiddelet plasseres suboptimalt eller direkte feil (i grøfta). Typisk vil også spredere respons ved endring av sprede-symmetrien bli påvirket. Brennerproblematikk på spredere til fastsand er også en gjenganger. Det kan være brennere som ikke starter, eller at vannoppvarmingsystemet ikke greier å levere vann

med tilfredsstillende temperatur over tid. I begge tilfelle vil det som oftest være åpenbart at en her har feil på sprederen.

Det er bare å håpe at erfaringene fra FoU aktiviteten i EVI ikke gjenspeiler virkeligheten med tanke på teknisk tilstand for spredermateriellet som benyttes i vintervedlikeholdet i Norge. Ettersyn, service og vedlikehold ser ut til å være et forsømt område. Tallerkenspredere for sand og salt har etter hvert begynt å bli ganske avansert utstyr. De går som oftest i et tøft miljø og utsettes for store påkjenninger. Når vinteren så er over står de gjerne lagret i flere måneder før de igjen skal tas i bruk. Det er nok da langt fra å kunne forvente at spredere skal levere år ut og år inn uten et visst regime med tanke på *funksjonstesting, service og vedlikehold*.

Tabell 3 under oppsummerer registreringene fra sandtestene på Bjorli med tanke på teknisk tilstand for spredermateriellet. Klargjøringen tok mye tid og kun to av de seks deltagende bil/spreder kombinasjonene var i tilfredsstillende forfatning ved oppmøte. Tallerkenhøyde, skader på nedfallsrør og tallerken med tilhørende plasseringsfeil for strømmiddelet, brenner som ikke ville starte (elektriske styringskomponenter som stod under vann), vannoppvarmingssystem som ikke opprettholdt temperaturen grunnet for lite kjølemedium i varmeveksleren er noen av feilene som ble avslørt/utbedret.

Tabell 3: Registreringer fra feltforsøkene – teknisk tilstand på spredermateriell

Bil/spreder nr	1	2	3	4	5	6
Høyde tallerken	Ok	Ok	Noe høy	Noe høy	Ok	Ok
Plassering av strømmiddelet	Justeringsbehov	Ok	Ok	Ok	Ok	Ikke bra
Vannoppvarmingssystem fastsand	Ikke aktuelt	Ok	Ikke aktuelt	Rep og service	Ok	Rep og service
Innstilt pulsverdi	-	Justert (< 2%)	-	Ok	Justert (< 2%)	Justert (< 2%)
Oppgitt pulsverdi (billeverandør)	-	Tilf. samsvar	-	Tilf. samsvar	Grovt avvikende	Grovt avvikende
Øvrig identifisert VH-behov	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja

Som nevnt ble spredere kalibrert opp imot massetype mer enn spredereleverandørens instruksjoner (antallet veiinger gjerne høyere enn spesifisert for en bedre/sikrere kalibrering). Oppsamling på duker ble benyttet for å ha en formening om hvilken mengde sand som ble lagt ut i felt, jfr. figur 10.

Erfaringene fra feltforsøkene tyder på at mengdenøyaktigheten varierer til dels betydelig. I enkelte tilfeller må nøyaktigheten kunne beskrives som langt fra god selv med nykalibrert spreder. Generelt var utlagt mengde, oppveid fra oppsamling på duker, lavere enn innstilt mengde. Spredningen i målingene (variasjon fra duk til duk) varierte til dels betydelig, likedan utlagt mengde fra forsøk til forsøk med samme masse og spredereinnstillinger.

«Manglende» breddenøyaktighet (avvik fra innstilt spredebredde) vil i en god del av tilfellene forklare mengdeavviket mellom innstilt og dukveid utlagt mengde. Det vises til tabell 4 under og beregning av en «korrigeret mengde» basert på observert spredebredde («Korr mengde – obs spr.br»). Åpenbart vil dukveid mengde avvike fra innstilt mengde dersom reell spredebredde er det dobbelte av innstilt spredebredde. Dette vil en komme nærmere tilbake til i avsnitt 3.3.

En hadde til hensikt å legge ut omkring 200 g/m². I praksis ble det benyttet spredereinnstillinger i intervallet 180-210 g/m² (innstilt mengde justertes i sprang (150, 180, 210 g/m²) på Epokesprederen som deltok).

I forbindelse med test nr. 1 ble bilen kalibrert og feltutlegging med oppsamling på duker i gang satt. Basert på erfaringen fra test nr. 1 ble det i forbindelse med test nr. 2 gjennomført oppsamling av sand på duker også forut for feltutlegging. Dette for eventuelt å justere spredningsstillingene slik at utlagt mengde på feltstrekningene ble mer lik (sammenlignbare).



Figur 10: Oppsamling på duker

Dukveieresultatene, fra forsøk på innjustering forut for feltutlegging, er inntatt sammen med de fra feltutleggingen i tabell 4. I to tilfeller ble innstilt mengde endret for å øke mengden utlagt på feltstrekningen, jfr. «Innstilt mengde» for bil nr. 2 og 5. Av tabellen ser en hvordan utlagt mengde («Gj.snittlig utl mengde sand») varierer mellom utlegginger med ellers like forutsetninger. Dukveid utlagt mengde ses å variere innenfor $\pm 30\%$, jfr. «Feltutlegging vs. klargjøring» (og omvendt) i tabell 4. I det ene tilfellet (bil nr. 6) er forskjellen mellom dukveid utlagt mengde fra klargjøring til feltutlegging på mer enn 100 % (to påfølgende forsøk, uten justering eller endringer).

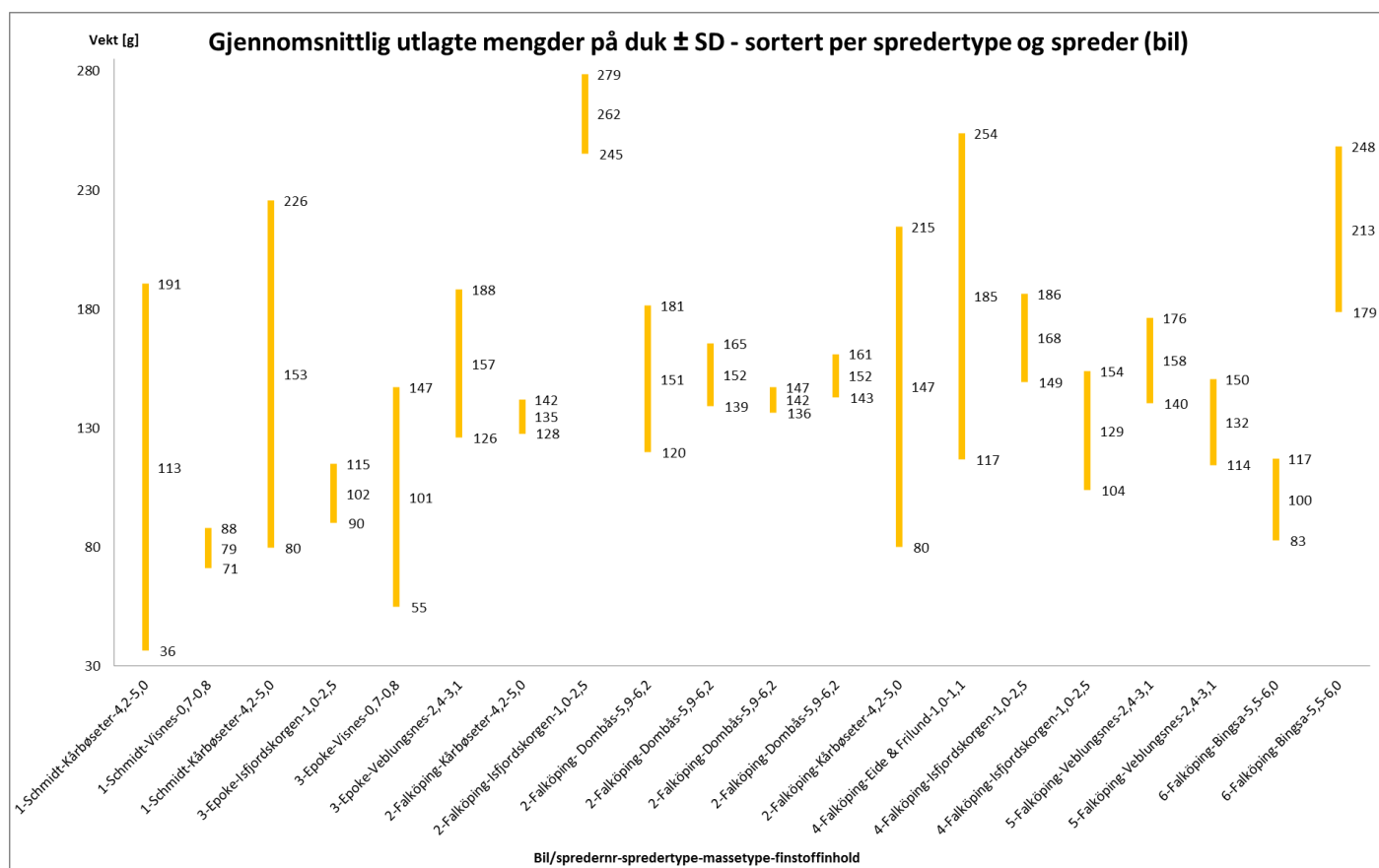
Tabell 4: Test 2 – forsøk på innjustering av spredere forut for feltutlegging

Bil nr		Test 2									
		9. februar 2016						10. februar 2016			
		2	2	4	4	5	5	2	2	6	6
Masstype (forekomst)		Dombås	Dombås	Isfjordkorgen	Isfjordkorgen	Veblungsnes	Veblungsnes	Dombås	Dombås	Bingsa	Bingsa
Materiale		Knust fjell	Knust fjell	Knust natur	Knust natur	Knust natur	Knust natur	Knust fjell	Knust fjell	Knust natur	Knust natur
Fraksjon		2/6 mm	2/6 mm	0/4 mm	0/4 mm	0/4 mm	0/4 mm	2/6 mm	2/6 mm	0/4 mm	0/4 mm
Finstoffinnhold [%]		5,9-6,2	5,9-6,2	1,0-2,5	1,0-2,5	2,4-3,1	2,4-3,1	5,9-6,2	5,9-6,2	5,5-6,0	5,5-6,0
Innstilt mengde		180	200	180	180	180	200	200	200	200	200
Innstilt bredde		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Observert bredde		3,6	3,4	2,2	2,2	2,5	2,8	3,9	3,8	2,3	2,8
Utlagt mengde sand (g/m ²)	Duk nr 1	116	165	148	153	140	112	140	162	89	190
	Duk nr 2	176	153	170	130	158	138	148	145	120	254
	Duk nr 3	159	139	185	103	176	147	137	149	91	196
Gj.snitt utl mengde sand		151	152	168	129	158	132	142	152	100	213
Korr mengde - obs spr.br		271	259	185	142	198	185	277	289	115	299
SD for "Utlagt mengde sand"		31	13	19	25	18	18	5	9	17	35
Feltutlegging vs. klargjøring [%]		1		-23		-16		7		114	
Klargjøring vs. feltutlegging [%]		-1		30		20		-7		-53	
Feltreferanse	Klargj./innjust.	Fastsand, Felt 1 Tørrsand, Felt 2	Klargj./innjust.	Fastsand, Felt 3 Tørrsand, Felt 4	Klargj./innjust.	Fastsand, Felt 6 Tørrsand, Felt 5	Klargj./innjust.	Flyplass Felt 1, 2 og 6	Klargj./innjust.	Flyplass Felt 3, 5 og 4	

Det er vanskelig å ha noen sikker formening om årsakene til at utlagt mengde varierer som de gjør. Noe variasjon må naturligvis forventes, mens $\pm 30\%$ forskjell må kunne betraktes som mye. Manglende «repeterbarhet» kan være eksempelvis bil-, spredere- eller vedlikeholds beroende. Variasjonen kan også skyldes at metoden (mengdekontroll gjennom oppsamling på duker) ikke i tilstrekkelig grad evner å gi et korrekt bilde av virkeligheten.

Variasjonen og usikkerheten med tanke på repeterbarhet vanskeliggjør vurderingene knyttet til testresultatene for de ulike sandtypene. For det første vil det nok være rimelig å si at det er knyttet en del usikkerhet til de data en har med tanke på utlagt mengde. For det andre varierer utlagt mengde mye mellom de ulike forsøksfelt med tilhørende utfordringer og usikkerhet når aspekter som oppnådd friksjonstilskudd skal vurderes.

Figur 11 viser resultatet fra samtlige utlegginger på duk i forbindelse med feltforsøkene. Tre duker resulterer i tre målinger per forsøk (feltutlegging). Basert på disse målingene (veinger) beregnes «Gjennomsnittlig utlagt mengde». I tillegg har en estimert standardavviket per serie a tre målinger. Gjennomsnittsverdien tillagt ett standardavvik i hver retning (\pm SD) gir et bilde av usikkerheten knyttet til utlagt mengde sand. Med kun tre målinger og stor spredning (lange søyler) vil det være vanskelig å ha en noenlunde sikker formening om hvor gjennomsnittet (utlagt mengde) faktisk (reelt) er plassert.



Figur 11: Resultater fra utlegging på duker. Data sortert per spredertype og spredder.

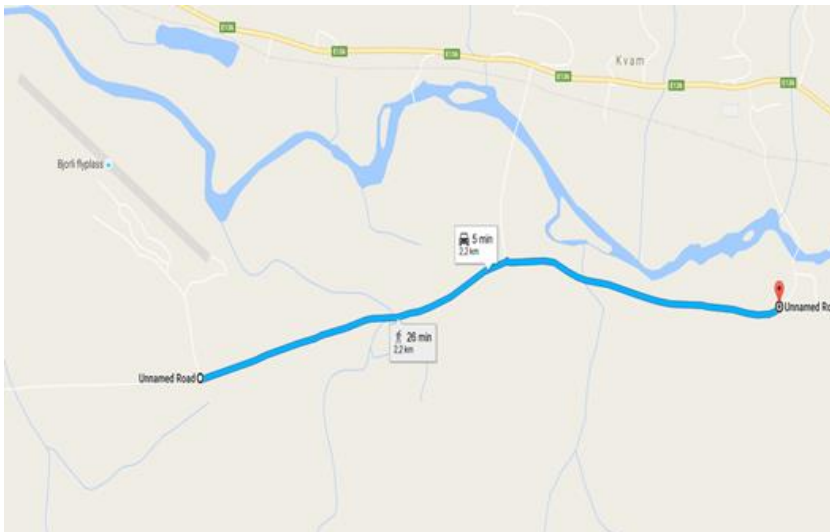
Dataene som ligger til grunn for figur 11 vil bli presentert i andre former og mer behørig omtalt senere i rapporten. De introduseres her, sortert etter bil-/spredernummer og spredertype, for å gi leseren et innblikk i hvordan utlagt mengde varierte fra duk til duk samt fra forsøksfelt til forsøksfelt, med det som er skrevet over friskt i minne. Det minnes om at innstilt mengde var i størrelsesorden 200 g/m^2 .

2.4 Forsøksopplegg – beskrivelse av feltstrekningene, friksjons- og føreforhold

Test 1 foregikk den 19. og 20. januar på den kommunale tilførselsvegen til Bjorli flyplass. Dette er en veg med lite trafikk, små høydeforskjeller og stabilt klima på hele strekningen.

Test 2 foregikk den 9. og 10. februar. Dag 1 ble det gjennomført tester på kommunal tilførselsveg, mens dag 2 foregikk testene på flystripa.

2.4.1 Test 1 – Dag 1 (19.01.2016)



Teststrekningen på dag 1 var en kommunal veg med liten trafikk sørøstover fra avkjørsel til flyplassen på Bjorli, jfr. figur 12 til venstre.

Figur 12: Strekning som ble benyttet på dag 1.



Natta før forsøket hadde det kommet noe snø slik at brøyting ble gjennomført før sanding. Likevel så var det noe løs snø igjen oppe på isen.

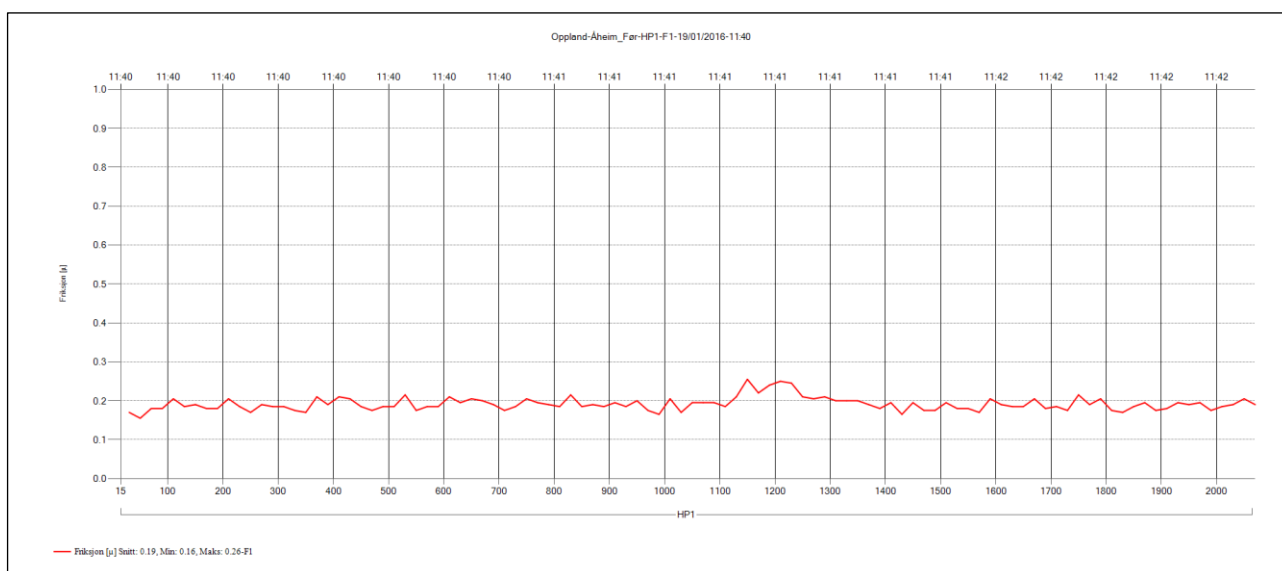
Figur 13: Deler av strekningen før tiltak. Noe løs snø på isoverflaten.

Tabell 5: Oversikt over delstrekninger dag 1

Strekning	Strømetode	Type sand
1.	Fastsand	Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)
2.	Tørr sand	Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)
3.	-	Referansestrekning
4.	Tørr sand	Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)
5.	Tørr sand	Visnes, knust strøsingel (2/7 mm)
6.	Tørr sand	Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)

Strekningsnummerering fra øst mot vest, i stigende rekkefølge (dvs. fra rød markør i figur 12 og mot flyplass).

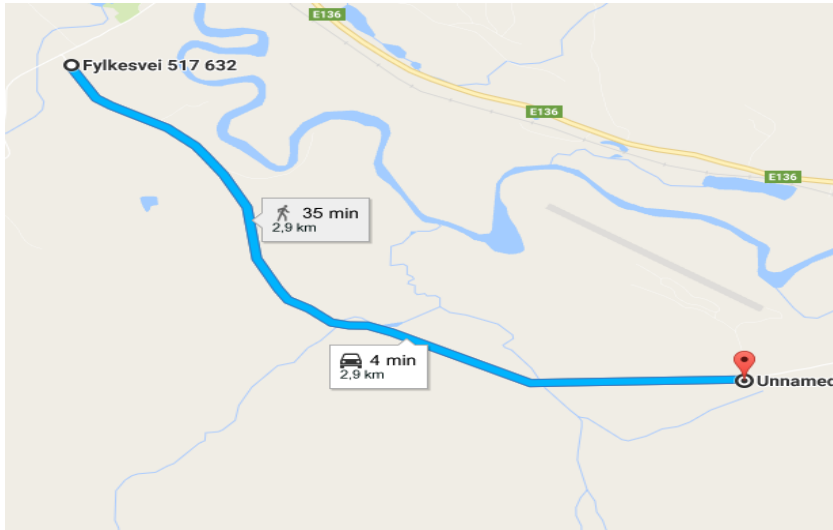
Figur 14 viser friksjonsnivået over hele strekningen før tiltak. Snittfriksjon var 0,19. Ett parti midtveis hadde noe høyere friksjon enn resten av strekningen. (Minimum for hele strekningen var 0,17 og maksimumsverdi 0,28).



Figur 14: Friksjonsmålinger over hele strekningen.

Friksjonen endret seg noe i løpet av dagen, og det er de siste målingene før tiltak som er lagt til grunn ved beregning av friksjonstilskudd for de ulike delstrekningene/tiltakene.

2.4.2 Test 1 – Dag 2 (20.01.2016)



Figur 15: Strekning som ble benyttet på dag 2.



Figur 16: Deler av strekningen før tiltak.

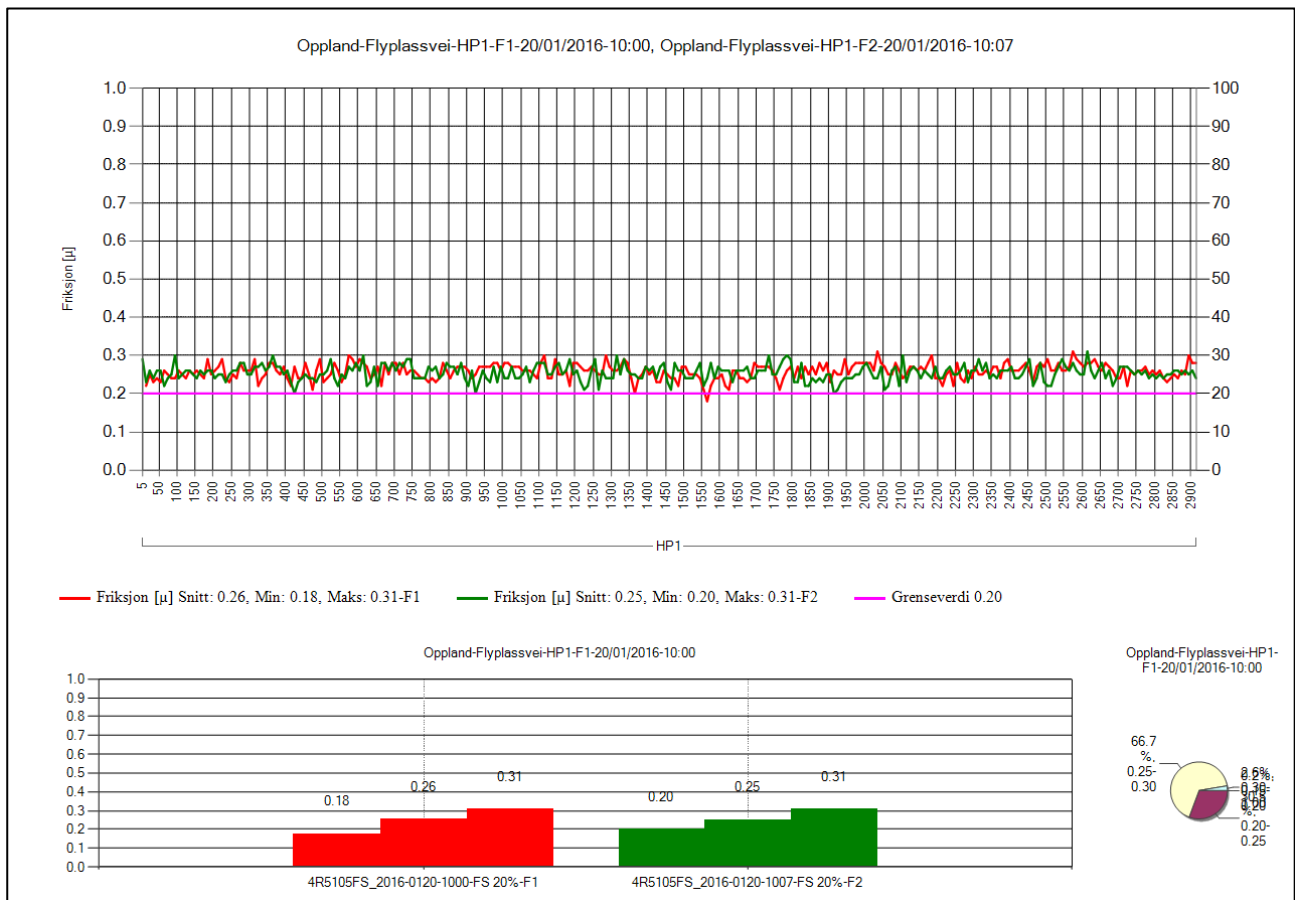
Teststrekning for testene på dag 2 var en kommunal veg med lite trafikk nordvestover fra innkjørsel til flyplassen på Bjorli.

Føreforholdene på vegen var gode med vekslende is- og snøforhold. Utgangsfriksjon var nok dog noe høyere enn det som er vanlig i forbindelse med sandingstiltak.

Tabell 6: Oversikt over delstrekninger dag 2

Strekning	Strømetode	Type sand
7.	Tørr sand	Visnes, knust strøsingel (2/7 mm)
8.	Tørr sand	Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)
9.	Tørr sand	Veblungnes, knus natur (0/4 mm)
10.	Tørr sand	Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)
11.	Fastsand	Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)
12.	Fastsand	Eide og Frilund, knus natur (0/4 mm)
13.	Tørr sand	Eide og Frilund, knus natur (0/4 mm)

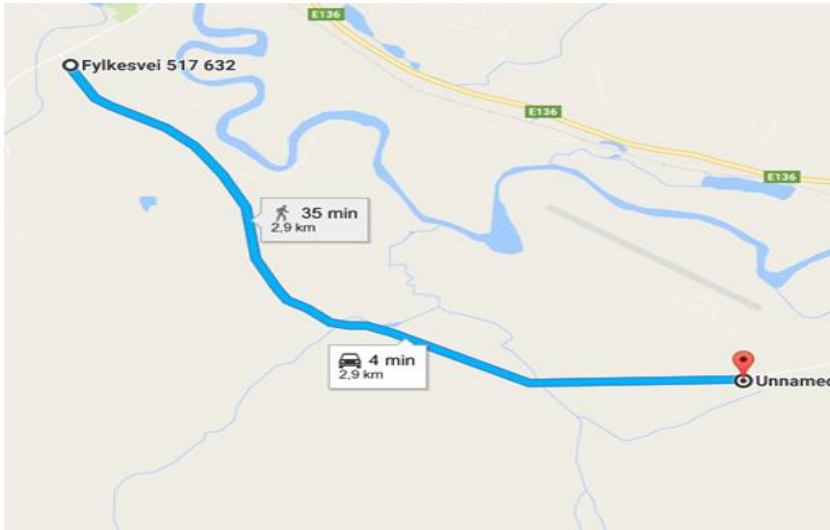
Strekningsnummerering som over fra øst mot vest. Strekning 7 følger etter strekning 6 fra innkjøring til flyplass og mot FV 517 Rånåveien, jfr. figur 15.



Figur 17: Frisjonsmåling i felt 1 (rød farge) og felt 2 (grønn farge). Søylediagrammet nederst i figuren viser henholdsvis minimum-, snitt-, og maksimumsverdi.

Frisjonsmålingene viste et nivå på henholdsvis 0,26 og 0,25 i felt 1 (rød kurve) og felt 2 (grønn kurve). Det vil si en del høyere enn dag 1, og et nivå som vanligvis ikke tilsier behov for tiltak.

2.4.3 Test 2 – Dag 1 (09.02.2016)



Figur18: Strekning som ble benyttet på test 2 - dag 1.



Figur 19: Del av strekning før tiltak.

Teststrekningen benyttet på test 2 - dag 1 (samme strekning som benyttet i forbindelse med dag 2 - test 1 over).

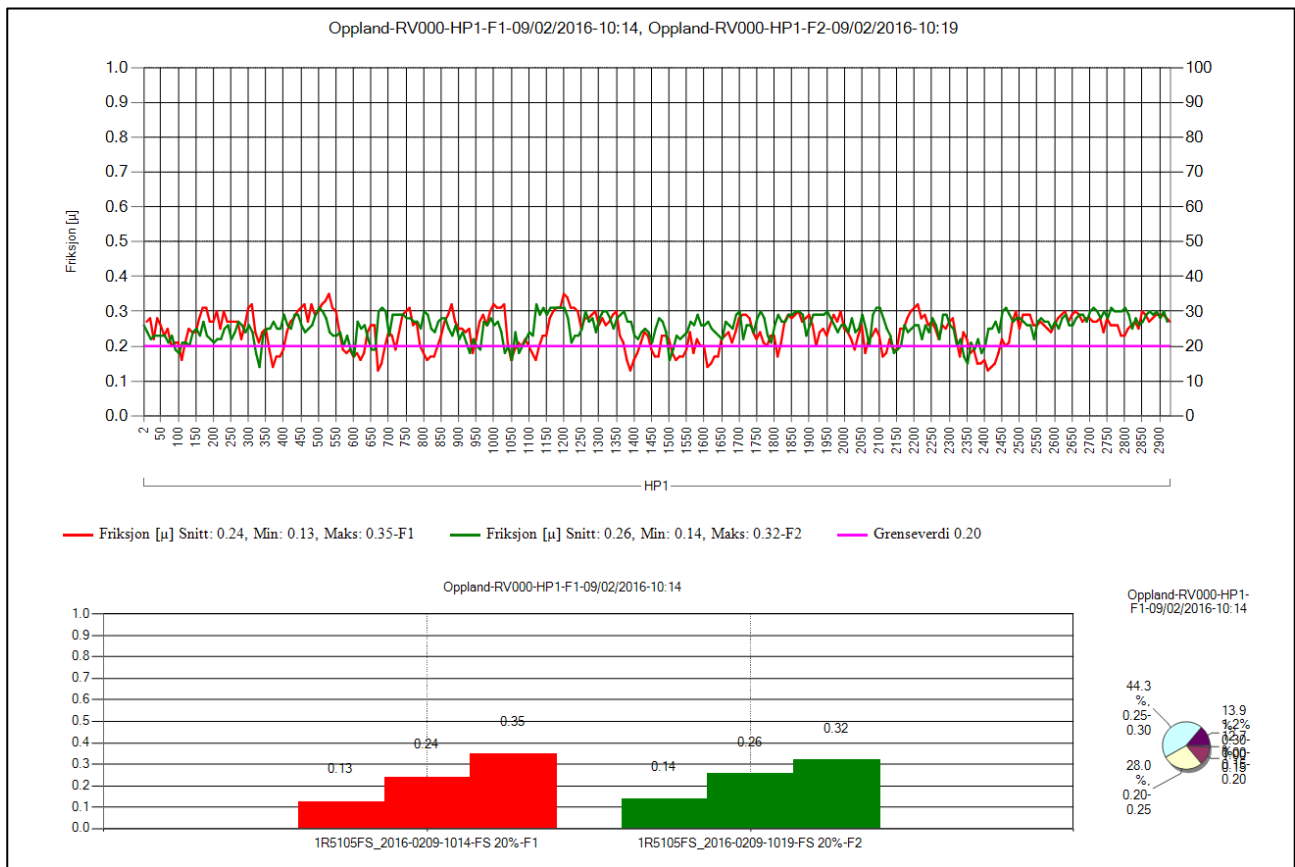
Kommunal veg med lite trafikk nordvestover fra innkjørsel til flyplassen på Bjorli mot FV 517 Rånåveien.

Hovedsakelig is og hardpakket snøføre på alle delstrekningene. Friksjonsnivå omkring 0,25 (Gjennomsnittlig friksjonsnivå).

Tabell 7: Oversikt over delstrekninger test 2 - dag 1

Strekning	Strømetode	Type sand
1.	Fastsand	Dombås, knust fjell (2/6 mm)
2.	Tørr sand	Dombås, knust fjell (2/6 mm)
3.	Fastsand	Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)
4.	Tørr sand	Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)
5.	Tørr sand	Veblungsnes, knust natur (0/4 mm)
6.	Fastsand	Veblungsnes, knust natur (0/4 mm)
7.	Tørr sand	Veblungsnes, knust natur (0/4 mm)

Strekningsnummerering som test 1, dvs. fra innkjøring til flyplass og mot FV 517 Rånåveien (fra øst mot vest), jfr. figur 18.



Figur 20: Friksjonsmålinger for felt 1 og 2. Henholdsvis 0,24 og 0,26 i felt 1 (rød kurve) og felt 2 (grønn kurve). Søylediagrammet nederst i figuren viser henholdsvis minimum-, snitt-, og maksimumsverdi.

Som nevnt hovedsakelig is og hardpakket snøføre på alle delstrekningene med et gjennomsnittlig friksjonsnivå omkring 0,25.

2.4.4 Test 2 – Dag 2 (10.02.2016)

Testene på dag 2 foregikk på flystripa. Det hadde kommet et tynt lag med nysnø i løpet av natta. Det ble derfor benyttet kost for å fjerne snøen, men likevel ble det noe forskjellig utgangsfriksjon på de to feltene (nordside og sørside av flyplassen).



Figur 21: Nordside flyplass, sett fra øst mot vest.

På nordsida av flyplassen var det en hard og glatt issåle med et gjennomsnittlig friksjonsnivå omkring 0,16. Dette er et friksjonsnivå som tilsier behov for sanding uavhengig av driftsklasse. For friksjonsmåling se figur 23.

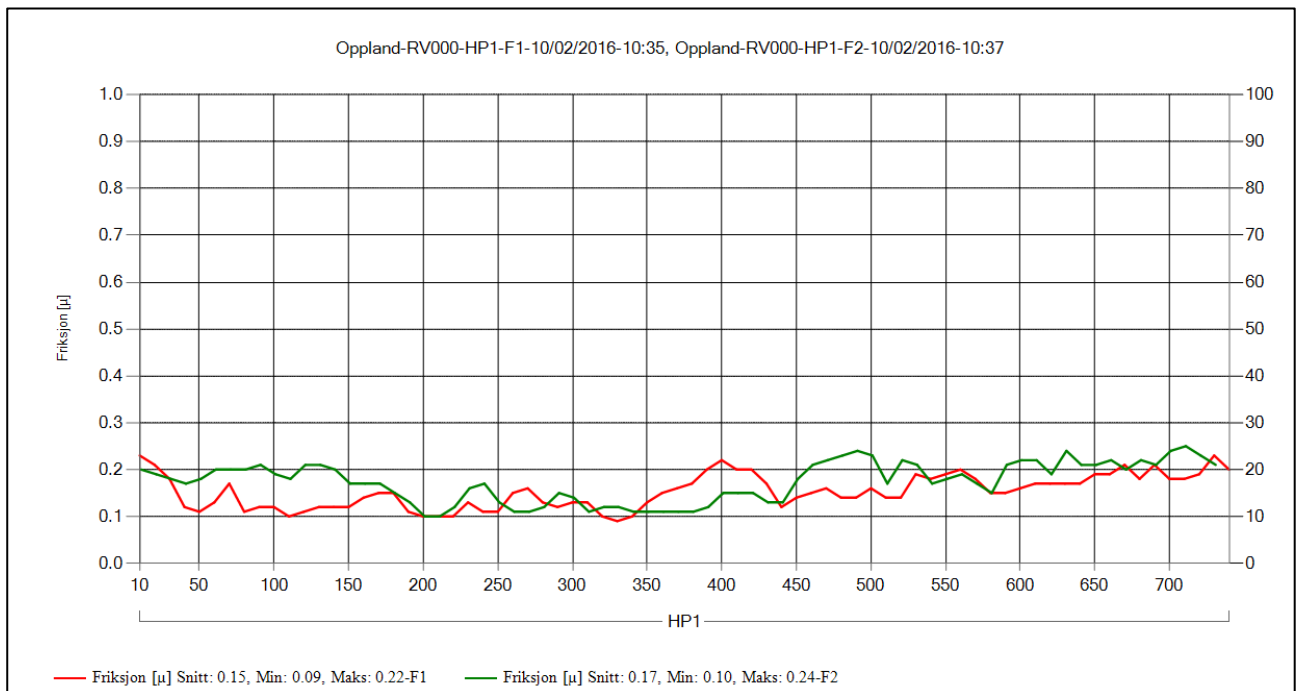


Figur 22: Sørside flyplass, sett fra vest mot øst.

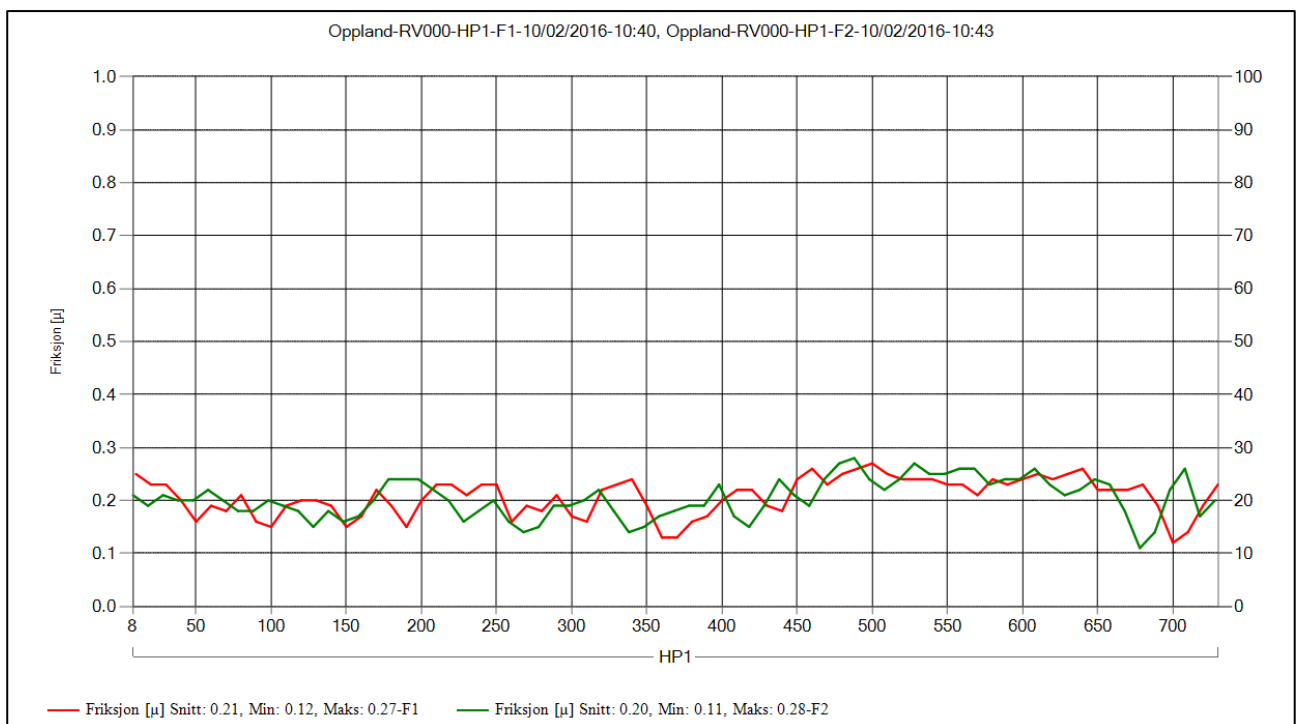
På sørsida av flyplassen hadde snøen satt seg mer fast i isen og teksturen og friksjonsnivået var derfor høyere. Gjennomsnittlig friksjon lå på 0,20 før tiltak. (0,20 er friksjonskravet i driftsklasse E). For friksjonsmålinger for sørsida, se figur 24.

Tabell 8: Oversikt over delstrekninger test 2 - dag 2 (flyplass)

Strekning	Strømetode	Type sand	Benevnelse
1.	Fastsand	Dombås, knust fjell (2/6 mm)	Nordside, lengst vest
2.	Tørr sand	Dombås, knust fjell (2/6 mm)	Nordside, i midten
3.	Fastsand	Bingsa, knust natur (0/4 mm)	Nordside, lengst øst
4.	Fastsand	Bingsa, knust natur (0/4 mm)	Sørside, lengst vest
5.	Tørr sand	Bingsa, knust natur (0/4 mm)	Sørside, i midten
6.	Fastsand	Dombås, knust fjell (2/6 mm)	Sørside, lengst øst



Figur 23: Friksjon nordside før tiltak. To serier.



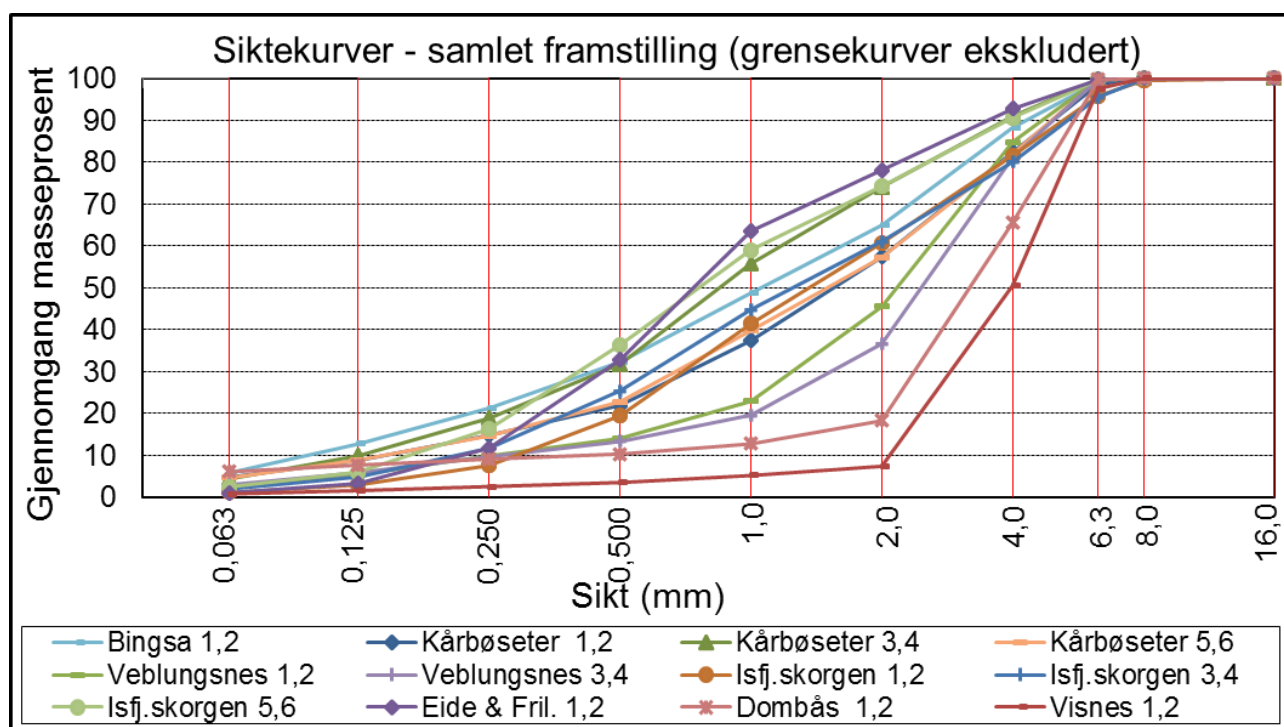
Figur 24: Friksjon sørside før tiltak. To serier

3 Resultater og vurderinger

De påfølgende avsnitt oppsummerer resultatene fra feltforsøkene.

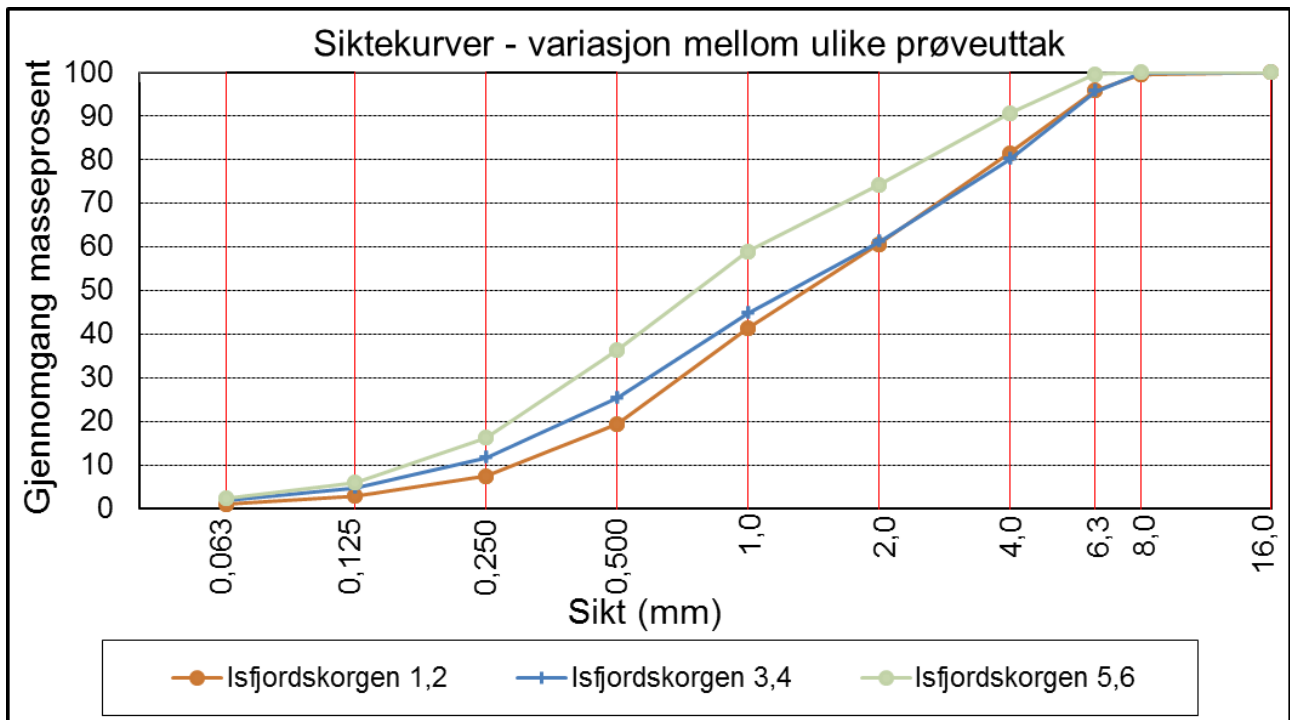
3.1 Siktekurver

Figur 25 nedenfor viser «samtlige» siktekurver for tørrsiktete prøver. Hver kurve i diagrammet representerer gjennomsnittet av to siktinger da det alltid siktes minimum to prøver per prøveuttak/sikteanalyse. I realiteten innebærer dette at antallet tilgjengelige kurver er det dobbelt av det som framgår av figur 25. Normalt vil kurvene for to slike siktingene følge hverandre. De er «slått sammen» til gjennomsnittskurver her for at ikke framstillingen skal bli for kompleks.

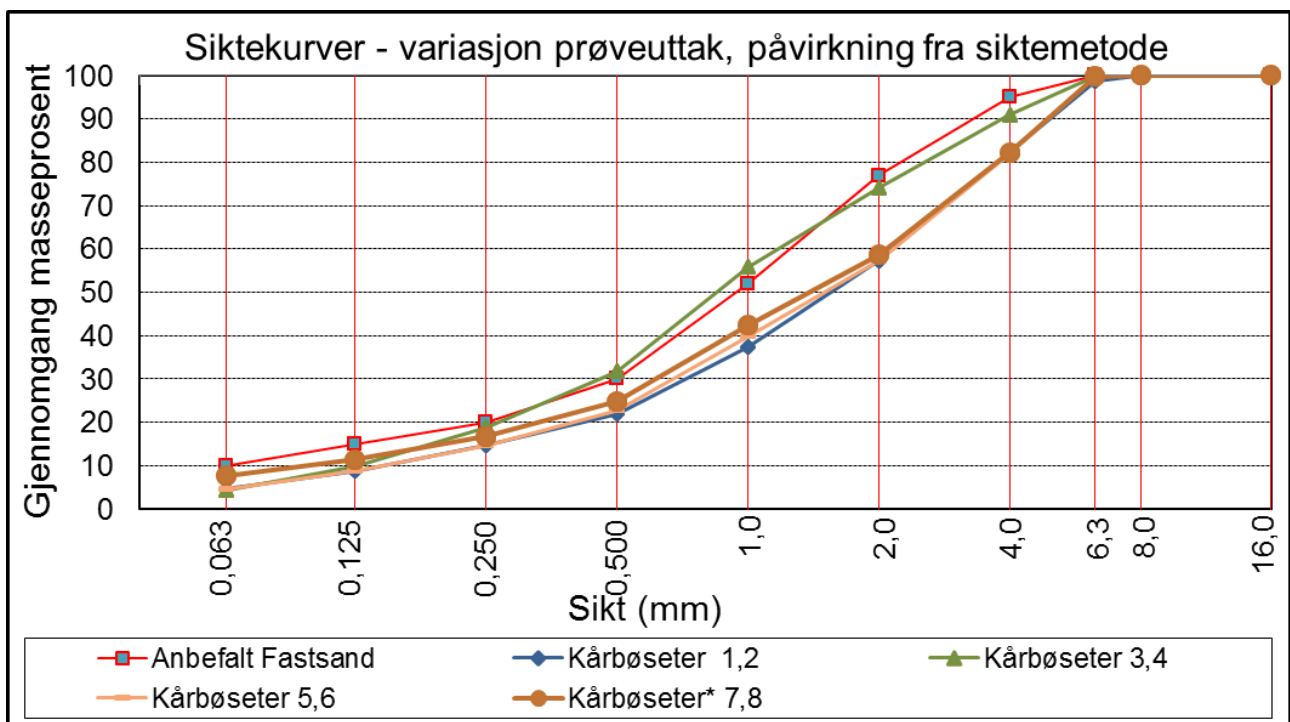


Figur 25: Siktekurver for samtlige tørrsiktete prøver.

Antallet prøveuttak varierer. Mest data (flest siktinger) har en for Kårbøseter- og Isfjordskorgen massene. Siktekurvene for disse varierer noe fra prøveuttak til prøveuttak, hvilket kan skyldes påvirkning fra tilfeldig eller systematisk variasjon så vel som reelle forskjeller for massen. Variasjonen mellom ulike prøveuttak framgår av figur 26 og 27. Gjennomgangsprosenten ved sikt 1,0 mm varierer eksempelvis med opp mot 20 prosentpoeng for tre uttatte prøver av Isfjordskorgen massen, jfr. figur 26.



Figur 26: Siktekurver for tre ulike prøveuttak av Isfjordskorgen masse (3 prøver – 6 siktinger – 3 «gjennomsnittskurver»).

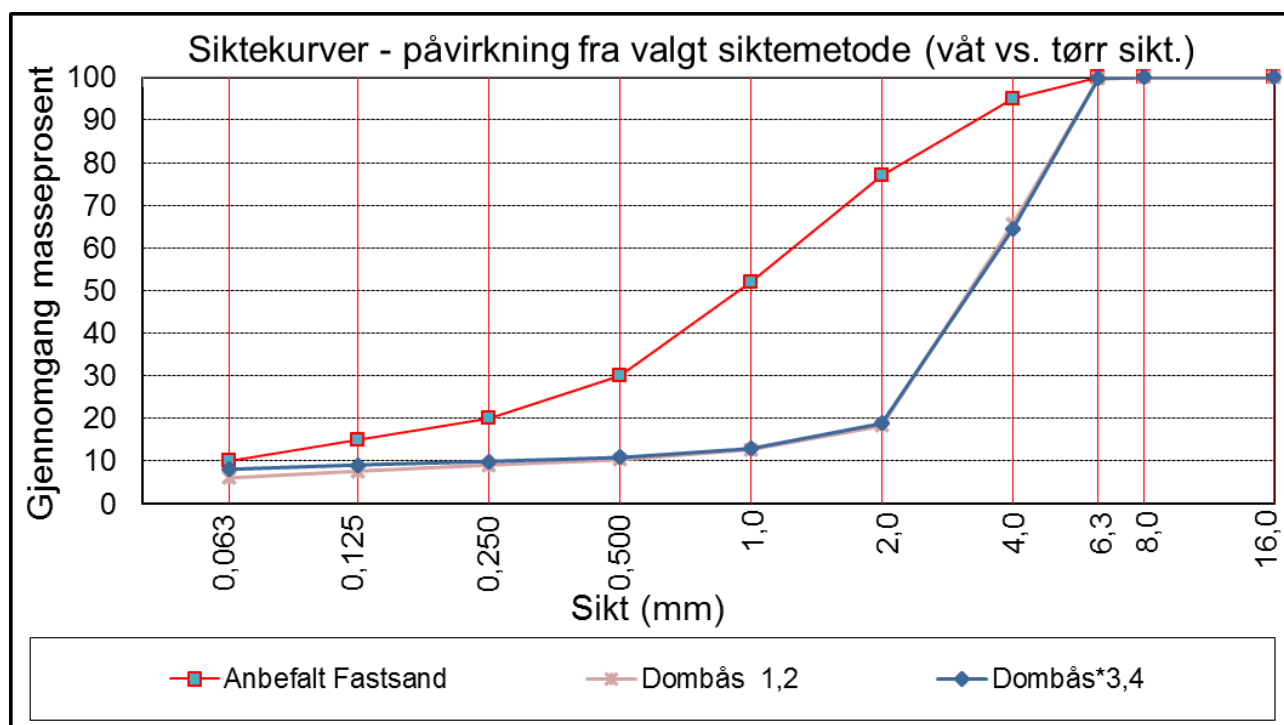


Figur 27: Siktekurver for tre ulike prøveuttak av Kårbøseter masse (3 prøver – 8 siktinger – 4 «gjennomsnittskurver»). * betyr våtsikting.

Av figur 27 ser en at forskjellen er omtrent den samme for Kårbøseter massen ved samme sikt. Denne figuren viser i tillegg forskjellen i estimert finstoffinnhold som følge av valgt siktemetode. I utgangspunktet ble samtlige prøver tørrsiktet. I forbindelse med siktearbeidet i etterkant av test nr. 2

fikk en mistanke om at finstoffinnholdet var såpass høyt at våtsikting ville gi et sikrere resultat. Det ble derfor gjennomført våtsikting for de massetyper en fortsatt hadde prøver av.

Figur 27 og 28 viser forskjellen i indikert finstoffinnhold som følge av siktemetode. Våtsiktede prøver er tilføyd en * i serienavnet (Kårbøseter* 7,8 og Dombås* 1,2). Det vises også til tabell 9.



Figur 28: Forskjell i indikert finstoffinnhold som følge av siktemetode (tørr- vs. våtsikting). * betyr våtsikting.

Av figurene og tabell 9 ser en at våtsikting, for disse to masseprøvene, resulterer i 2-3 prosentpoeng høyere finstoffinnhold. Dog mener en det er grunn til å tro at forskjellen ikke ville vært like stor for de øvrige massetyperne som ble testet. Dette fordi disse framsto som «renere» («vasket», liten andel av «støv» eller «nullstoff»), og sikteresultatet ved tørrsikting først påvirkes ved for mye slikt «støv» (noe «støv» tåles, men gjennomgangen på de fineste siktene påvirkes etterhvert som mengden øker).

Tabell 9: Sikteresultater og finstoffinnhold - påvirkning fra siktemetode

Massetype (forekomst)	Kårbøseter	Kårbøseter	Dombås	Dombås
Materiale	Knust natur	Knust natur	Knust fjell	Knust fjell
Fraksjon	0/4 mm	0/4 mm	2/6 mm	2/6 mm
Antall prøveuttak	1	-	1	-
Antall sikteanalyser	2	2	2	2
Siktemetode	Tørr	Våt	Tørr	Våt
Finstoffinnhold [%]	4,5-4,7	7,6-7,7	5,9-6,2	7,8-8,3

Forøvrig kan nevnes at det i de aller fleste tilfeller er liten forskjell mellom to tilhørende kurver i en sikteanalyse (kurvene følger hverandre godt). Dette basert på kjennskap til sikteanalysene. Selve siktearbeidet synes derfor ikke å være årsaken til variasjonen som framgår av figur 26 og 27.

3.2 Bilder av sandtypene ¹



Figur 29: Visnes, knust strøsingel 2/7 mm.



Figur 30: Dombås, knust fjell 2/6 mm.



Figur 31: Eide og Frilund, knust natur 0/4 mm.



Figur 32: Isfjordskorgen, knust natur 0/4 mm.



Figur 33: Kårbøseter, Knust natur 0/4 mm.



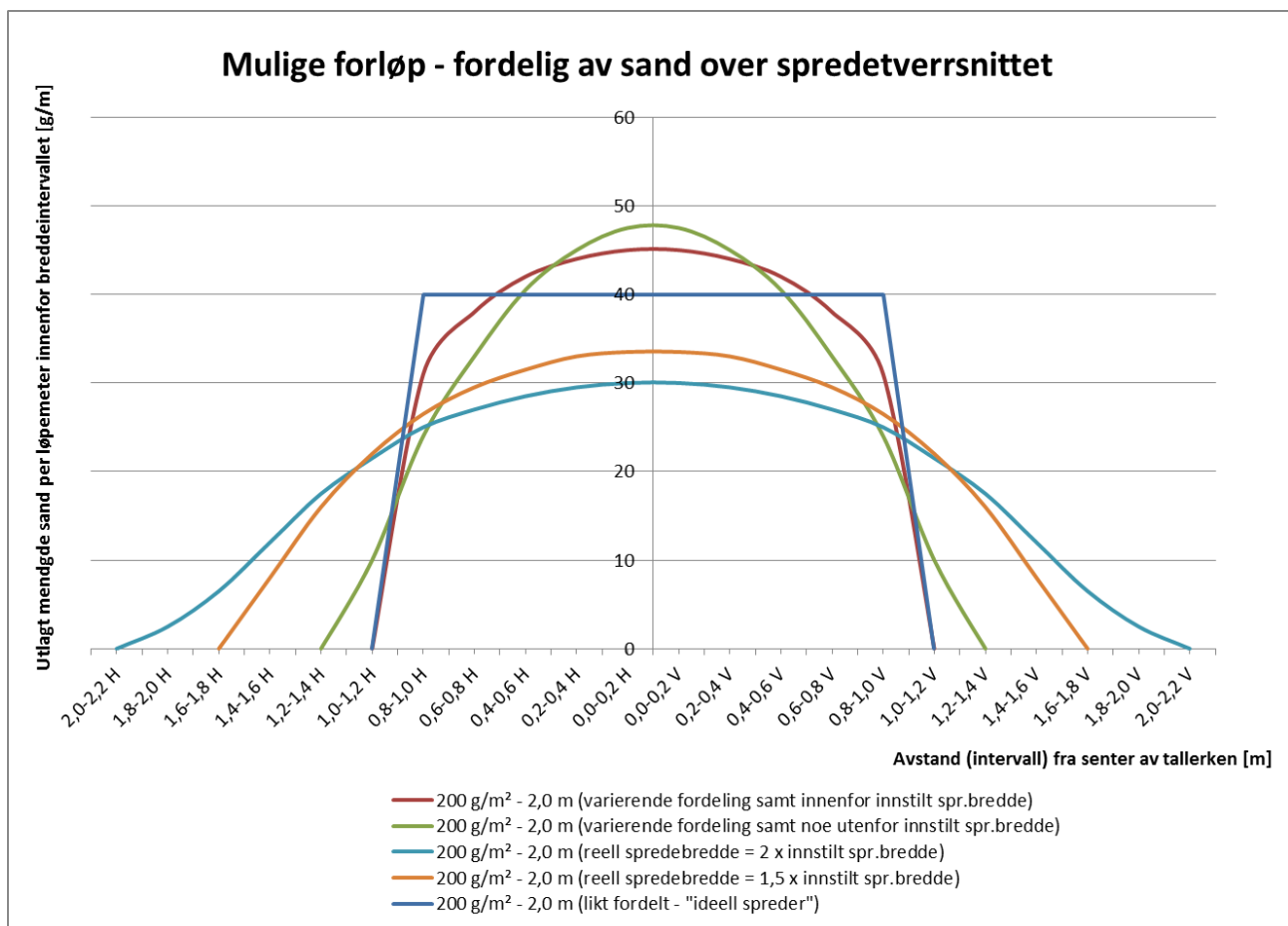
Figur 34: Bingsa, knust natur 0/4 mm.

¹ Bilde av masse Veblungnes mangler i denne oversikten. Bildene er tatt på ulike tidspunkt og med ulike kamera så fargenyansene kan være feil.

3.3 Mengdekontroll ved hjelp av oppsamling på duker – vurdering av resultater

I tillegg til «Innstilt bredde» ble det som nevnt registrert en «Observert bredde». Spredbredden bestemmes i stor grad av tallerkenhastigheten (omdreininger/min). For en gitt tallerkenhastighet (fast innstilling som er programmert fra fabrikk) vil store korn bli kastet lengre enn små. Reell spredbredde for en ensgradert strøsingel så som «Visnes» vil derfor måtte forventes å være en (helt) annen enn for en finstoffrik eller mer velgradert masse. Den reelle eller observerte spredbredde vil siden være av betydning for hvilket samsvar en kan forvente mellom «Innstilt mengde» og «Utlagt mengde» når mengdekontrollen baserer seg på oppsamling ved hjelp av duker.

Utlagt mengde vil heller ikke være lik over tverrsnittet. Med symmetrisk spredbilde og korrekt plassering vil utlagt mengde være større i senter rett bak tallerken enn ved kantene. Gitt korrekt spredde (mengde, bredde, plassering og symmetrisk spredbilde) vil utlagt mengde, oppsamlet ved hjelp av duker, typisk kunne forventes å overstige innstilt mengde. Etter hvert som avviket mellom innstilt og reell spredbredde øker vil en nå et skjæringspunkt hvor så ikke er tilfelle. Dette synes å følge naturlig av den infinitesimale betrakningsmetode (integral tenkning), illustrert i figur 35 nedenfor.



Figur 35: Modellerte forløp for hvordan utlagt mengde kan variere over spredetverrsnittet.

Samtlige kurver i figur 35 er modellert slik at utlagt mengde svarer til 400 g per løpometer (200 g/m², 2,0 m bredde). Den blå skarpskårne kurven representerer en tenkt «ideell spredde» som fordeler mengden likt over hele den innstilte spredbredden. Denne kurven skjærer 2.aksen i 40 g/m.

Intervallbredden langs 1. aksen er 20 cm. Multipliseres 40 g/m med fem ($5 \times 0,2 \text{ m} = 1 \text{ m}$) får en utlagt mengde per m^2 ($40 \text{ g/m} \cdot 5 \text{ intervaller/m} = 200 \text{ g/m}^2$). Virkeligheten vil åpenbart ikke være som illustrert med denne blå kurven.

Den røde og grønne kurven viser to ulike forløp med 200 g/m^2 lagt ut rimelig bra innenfor innstilt bredde. Av figuren går det an å anslå at utlagt mengde innenfor en meters bredde (dukbredden) rett bak sprederen vil være i størrelsesorden $225\text{-}235 \text{ g/m}^2$ ($45 \text{ g/m}^2 \times 5 = 225 \text{ g/m}^2$). Den oransje og turkise kurven illustrerer to tilfeller reell spredebredde er henholdsvis $1 \frac{1}{2}$ og 2 ganger større enn innstilt bredde. Utlagt mengde innenfor en meter rett bak sprederen vil i disse tilfellene være henholdsvis 165 g/m^2 og 145 g/m^2 . ($33 \text{ g/m}^2 \times 5 = 165 \text{ g/m}^2$ og $29 \text{ g/m}^2 \times 5 = 145 \text{ g/m}^2$).

Basert på de registreringer som ble gjort med tanke på «Observert bredde» har en beregnet en korrigeret mengde («Korr mengde – obs spr.br»). Her har en ganske enkelt korrigeret gjennomsnittlig utlagt mengde («Gj.snitt utl mengde sand») ved hjelp av observert bredde og innstilt bredde.

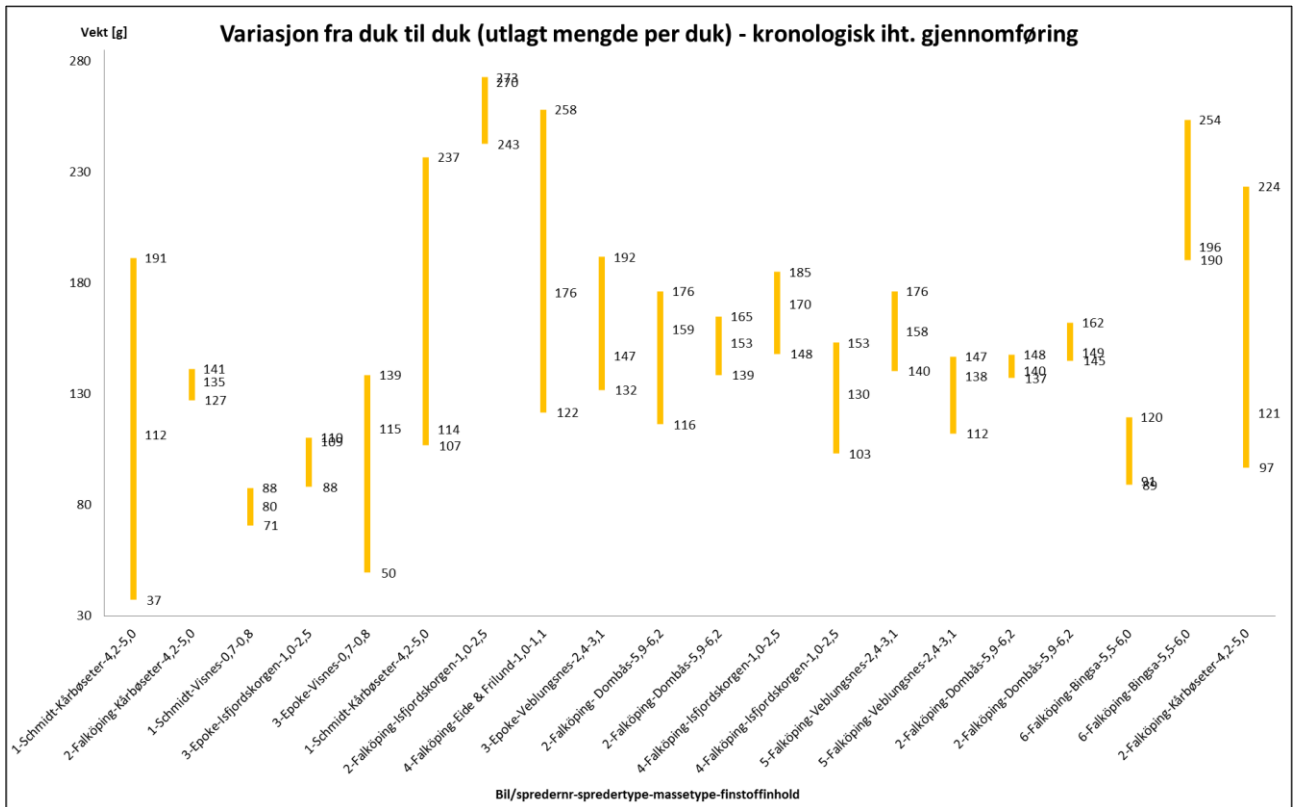
Korrigeret mengde tar ikke hensyn til at utlagt mengde varierer over spredetverrsnittet. Tilnærmingen vil også være forbundet med både subjektivitet og usikkerhet, men bidrar til å nyansere bildet. Korrigeret mengde gir en indikasjon på hvilken dukveid utlagt mengde en kunne forventet gitt at utlagt mengde sand innenfor den observerte spredebredde hadde blitt lagt ut innenfor innstilt bredde.

Tankegangen knyttet til korrigeret mengde og varierende fordeling over spredetverrsnittet er viktig å ha med seg når en vurderer aspekter så som tallerkenspredernes mengdenøyaktighet. Manglende forståelse kan lett lede til misbruk av dataene som er presentert. Bildet er nok slettet ikke så «dystert» som en kunne få inntrykk av, for eksempel i figur 11, samt i de påfølgende figurer (figur 36 og 37). *Dog ser en at en har forbedringspotensialer, kanskje særlig med tanke på plassering og spredebredde optimalisering.*

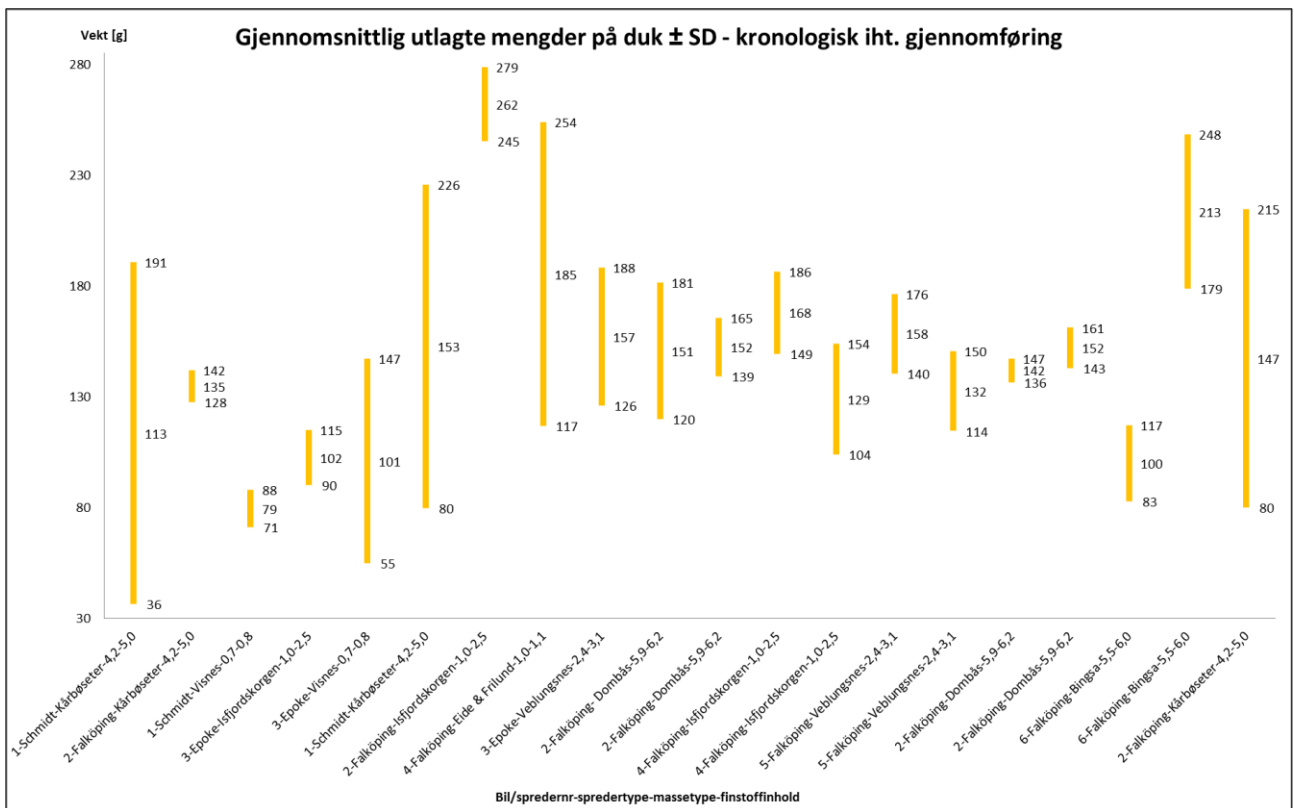
En samlet oversikt over dukveieresultater fra feltstrekningene er inntatt som tabell A og B i vedlegg 4. For fastsand er «Utlagt mengde sand» og «Tilsatt mengde vann» veid/beregnet etter fordamping av vann i tørkeskap. Tabellene viser hvordan dukveieresultatene varierte. De påfølgende tabeller og figurer gir en bearbeidet og visualisert framstilling av dukveieresultatene. Disse er utarbeidet som en del av arbeidet med å vurdere resultatene fra feltforsøkene, samt for å vurdere oppsamling på duk som metode i forbindelse med mengdekontroll og kalibrering.

Figur 36 viser oppsamlet mengde per duk og serie (feltutlegging). Søylene visualiserer dermed variasjonen (spredningen) i utlagt mengde fra duk til duk per feltutlegging. Figur 37 viser i grunn det samme bare i form av gjennomsnitt og standardavvik (SD). Av figurene ser en at spredningen synes å være størst for Kårbøseter massen. Likedan at det med kun tre målinger (og stor spredning) vil være vanskelig å ha en sikker formening om hvor gjennomsnittet reelt er plassert.

Ta for eksempel 6. søyle fra venstre i figur 36 og 37. Vanskelig å ha en sikker formening om den dukoppsamlede mengde 237 g/m^2 er en såkalt «slenger» eller ei. Gitt at denne er en «slenger» hører den typisk med innenfor $\pm 3\text{SD}$ og ikke som i figur 37 hvor den er nær ved å komme innenfor $\pm \text{SD}$. Tre målinger synes lite når usikkerheten skal vurderes, nøyaktigheten til utstyr og metode tatt i betraktning.



Figur 36: Oppveid utlagt mengde per duk, for hver av de tre dukene i serien.



Figur 37: Alternativ visualisering med tanke på variasjon og usikkerhet. Gjennomsnittlig utlagt mengde ± ett standardavvik.

Tabell 10 nedenfor gir en oversikt med tanke på innstilt vs. gjennomsnittlig utlagt og korrigert mengde fra oppsamling på duk. Det ble registrert «observert bredde» omkring to ganger innstilt bredde. Gjennomsnittlig utlagt mengde ses hovedsakelig å være lavere enn innstilt mengde, mens bildet mer eller mindre snus på hodet dersom korrigert mengde legges til grunn. Av de beregnede avvik ser en for eksempel at variasjonen fra duk til duk (tyngste eller letteste vs. gjennomsnittet) på det meste er opp imot 70 % (henholdsvis 69 og -67 % i det tilfellet med størst spredning).

Tabell 10: Bearbeide resultater utlegging på duk – innstilte vs. utlagte mengder, avvik

	Test 1									Test 2										Enh		
	19. januar 2016				20. januar 2016					9. februar 2016					10. februar 2016							
Bil/spreader nr	1	2	1	3	3	1	2	4	3	2	2	4	4	5	5	2	2	6	6	2	200	g/m ²
Innstilt mengde	200	200	200	200	210	200	200	180	210	180	200	180	180	180	200	200	200	200	200	200	200	g/m ²
Innstilt bredde	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	m
Observert bredde	-	-	-	-	5,7	2	3,1	2,9	5	3,6	3,4	2,2	2,2	2,5	2,8	3,9	3,8	2,3	2,8	2,3	2,3	
Gj.snitt utl mengde sand	113	135	79	102	101	153	262	185	157	151	152	168	129	158	132	142	152	100	213	147	g/m ²	
Korr mengde - obs spr.br	-	-	-	-	192	102	271	179	262	271	259	185	142	198	185	277	289	115	299	169	169	
Avvik duker - tyngste vs. gj.snitt	69	5	10	8	37	55	4	39	22	17	8	10	19	11	11	4	7	20	19	52	%	
Avvik duker - letteste vs. gj.snitt	-67	-6	-11	-14	-51	-30	-7	-34	-16	-23	-9	-12	-20	-11	-15	-3	-5	-11	-11	-34		
SD for "Utlagt mengde sand"	77	7	8	12	46	73	17	69	31	31	13	19	25	18	18	5	9	17	35	67	g/m ²	
SD i prosent av "Gj.snitt utl..."	68	5	11	12	46	48	6	37	20	21	9	11	19	11	14	4	6	17	16	46	%	

Tabell 11 oppsummerer tabell 10. Tabellen viser største og minste verdi med tanke på mengder og avvik. I tillegg har en beregnet gjennomsnittet av de 20 seriene (feltutleggingene) i tabell 10. Gjennomsnittlig utlagt mengde, oppsamlet på duk, varierer mellom 79 og 262 g/m², mens standardavviket i gjennomsnitt («SD i prosent av Gj.snitt utl...») er i størrelsesorden 20 %.

Tabell 11: Data i tabell 10 oppsummert og bearbeidet

	Min	Maks	Gj.snitt	SD	
Gj.snitt utl mengde sand	79	262	147	40	g/m ²
Korr mengde - obs spr.br	102	299	212	62	
Avvik duker - tyngste vs. gj.snitt	4	69	21	18	%
Avvik duker - letteste vs. gj.snitt	-67	-3	-19	16	
SD for "Utlagt mengde sand"	5	77	30	23	g/m ²
SD i prosent av "Gj.snitt utl..."	4	68	21	17	%

Resultatene fra oppsamling på duk oppsummeres etter dette som følger:

- Oppveid mengde per duk varierer til dels betydelig. Størst er variasjonen for Kårbøseter massen. Dette virker rimelig da Kårbøseter massen nok var den massen som var mest krevende (størst finstoffinnhold) for spreaderen å håndtere. Som nevnt framsto denne massen som mindre «ren» enn de øvrige massetypene.
- Vanntilsetningsprosenten i forbindelse med fastsandforsøkene varierte mellom 16 – 47 (vekt %), jfr. tabell A og B i vedlegg 4. Dette under forutsetning av at dukfangede data gir et korrekt bilde av virkeligheten. Anbefalt vanntilsetning er omkring 20 vekt %. Best fastsand resultat ble oppnådd med massetypene Kårbøseter og Dombås. Vanntilsetningen i disse tilfellene var i størrelsesorden 23 – 24 vekt %.

- Sammenheng mellom spredebredde (avvik fra innstilt bredde) og kornfordelingskurve, hvilket må kunne sies å være som forventet. Mer «ensgraderte masser»² (liten andel av de fineste fraksjonene og stor endring i kornfordelingen over noen av de øvre siktene), vil gjerne spres langt bredere enn det sprederinnstillingen tilsier. Avviket mellom innstilt og observert spredebredde er størst for massene Veblungsnes, Dombås og Visnes. Dette er samtidig også det tre mest «ensgraderte» massene, jfr. evt. figur 5. *Sprederoptimalisering mot aktuell massetype*, eksempelvis i form av mulighet for justering/korrigerende av spredebredde fra førerplass, kan være et mulig forbedringsområde innen vinterdriften.
- Variasjon fra duk til duk, fra utlegging til utlegging («repeterte forsøk») og store forskjeller i gjennomsnittlig utlagt mengde (79-262 g/m²) vanskeliggjør vurderingen av resultatene fra selve feltforsøkene (sammenhengen sandfraksjoner vs. friksjonsegenskaper). Det bidrar også til at det må kunne sies å hefte en del usikkerhet ved resultatene. Dog har en prøvd å adressere problemet med varierende utlagt mengde gjennom å beregne et «relativt friksjonstilskudd» (oppnådd friksjonstilskudd per utlagt mengde iht. dukoppsamling).

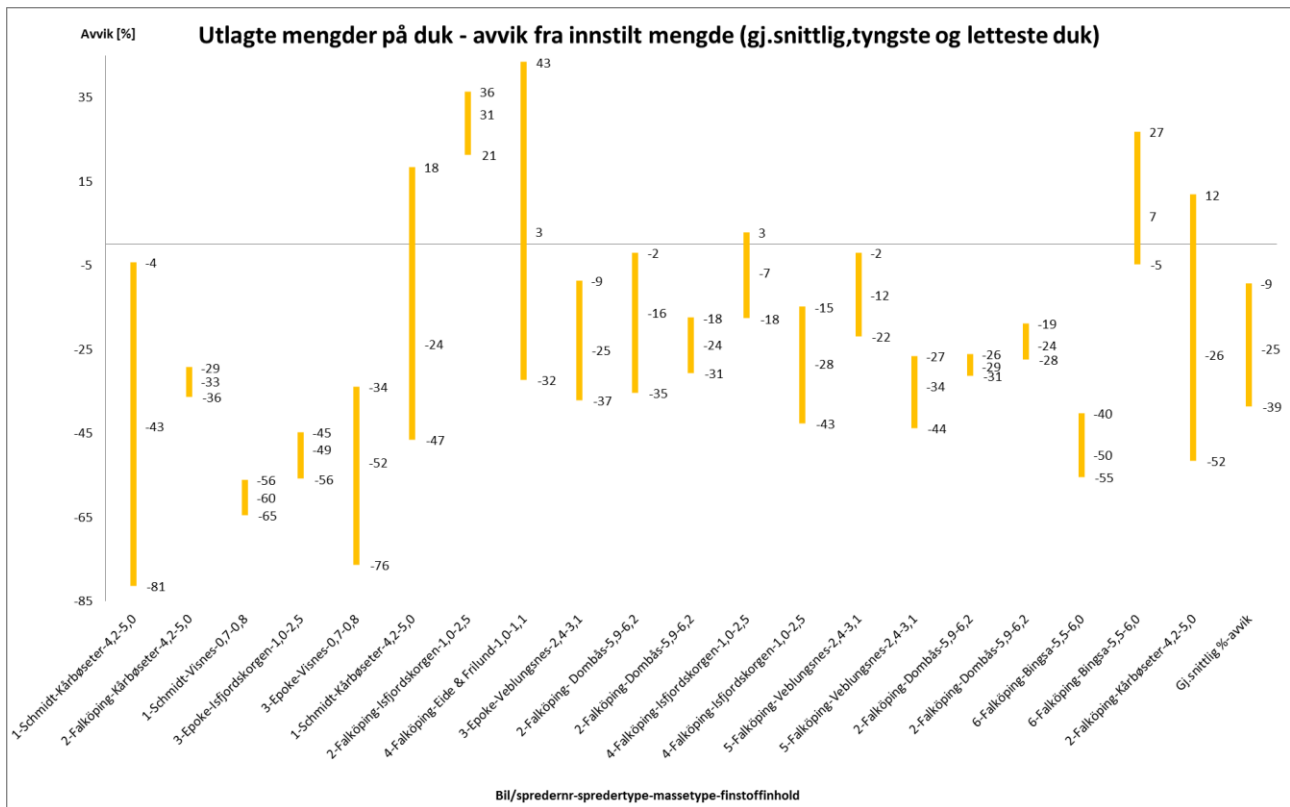
Følgende betraktninger knyttet oppsamling på duk som metode noteres også:

- Mengdekontroll og kalibrering ved hjelp av duker er absolutt ikke uten utfordringer. Dette vil særlig være tilfelle når metoden benyttes sammen med tallerkenspreder. Observert eller reell spredebredde og massens fordeling over spredetverrsnittet må tas i betraktning når resultatene bedømmes. Reell utlagt mengde vil trolig befinne seg et sted mellom dukveid (gjennomsnittlig) utlagte mengde det en her har kalt for «korrigert mengde» siden korrigert mengde heller ikke tar hensyn til at utlagt mengde variere over spredetverrsnittet.
- Forsøksutstyrets og metodens nøyaktighet, samt ønsker, krav eller forventninger til målesikkerhet, er aspekter av betydning for det nødvendige antall målinger i en serie. Tre duker kan kanskje være tilstrekkelig i forbindelse med grovinnjustering av en etterhengende sandspreder. I forbindelse med feltforsøk hvor en ønsker «best mulig» kontroll på variablene vil det nok være fordelaktig å øke antallet.
- Gjerne vanskelig å ha en sikker formening med tanke på utlagt mengde ved mengdekontroll gjennom oppsamling på duk. Særlig vil dette være tilfelle ved stor variasjon fra duk til duk og/eller antallet målinger er lavt (få duker, en enkeltstående måleserie). Ved stor spredning vil det være vanskelig å ha en formening om hvor gjennomsnittet faktisk er plassert.

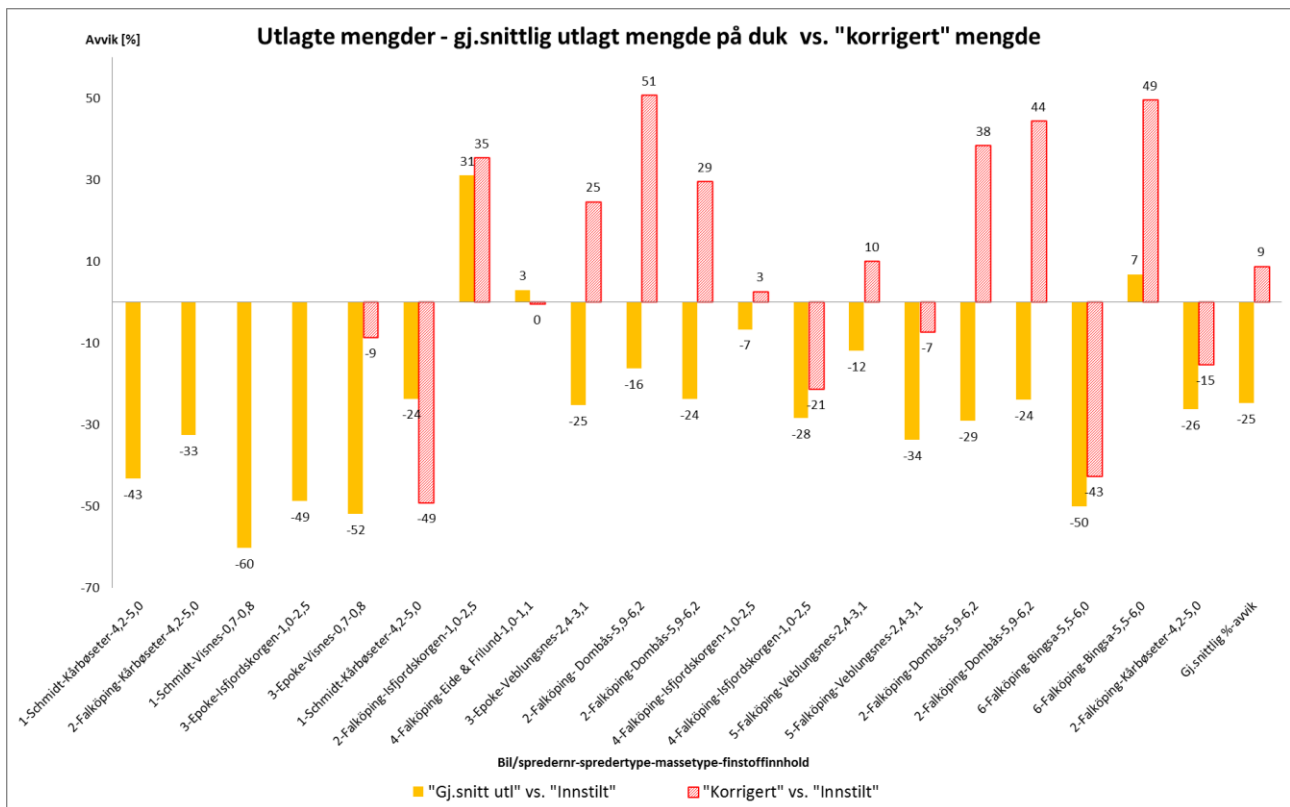
Figur 38 og 39 illustrer noe av utfordringen med bruk av dukoppsamling i forbindelse med mengdekontroll og vurdering av mengdenøyaktighet. Figur 38 synes å vise at spredermateriellet konsekvent legger ut for lite, mens bildet snus mer eller mindre på hode i figur 39 når en «korrigerer» for påvirkning fra avvik mellom innstilt og reelt observert spredebredde.

Som nevnt vil reell (virkelig) utlagt mengde trolig befinne seg et sted mellom gjennomsnittlig utlagt og korrigert mengde, og det kan nok ikke, innen rimelighetens grenser, hevdes at spredermateriellet leverer konsekvent hverken for mye eller for lite.

² Begrepet ensgradert masser er ikke brukt korrekt i forhold til definisjon i N200 i denne rapporten.



Figur 38: Avvik i % mellom innstilt mengde og gjennomsnittlig utlagt mengde (opsamlet på tre duker).



Figur 39: Avvik i % for gjennomsnittlig utlagt og korrigert mengde vs. innstilt mengde. Registreringer med tanke på observert av reell spredetid fra de første feltutleggingene (test 1 - dag 1) mangler.

Figur 38 viser prosentavviket mellom innstilt og gjennomsnittlig utlagt mengde. Verdien i øvre og nedre ende av søylene viser avviket for tyngste og letteste duk. Avviket sees å variere mellom +40 og ÷80 prosent. Gitt at sprederne leverte korrekt mengde, innenfor innstilt spredebredde, skulle en her nå forventet et positivt avvik mellom innstilt og gjennomsnittlig utlagt mengde, muligens i størrelsesorden 10-20 % (basert på det som ble skrevet i forbindelse med figur 35 over).

Figur 39 viser hvordan gjennomsnittlig utlagt mengde og korrigert mengde avviker fra innstilt mengde. Som nevnt vil en si at korrigert mengde er både subjektiv og usikker da målingene av reell spredebredde innebærer bruk av skjønn. Tilnærmingen tar heller ikke hensyn til at utlagt mengde varierer over spredetvernsnittet.

Søylen(e) lengst til høyre i figur 38 og 39 viser det gjennomsnittlige prosentavviket, dvs. gjennomsnittet av avviket per serie (søyle i diagrammet). Gjennomsnittlig avvik for gjennomsnittlig utlagt mengde (dukoppsamlet) sees å være ÷25 % (utlagt mengde 25 % lavere enn innstilt mengde). Gitt at korrigert mengde legges til grunn sees det samme avviket å være i størrelsesorden +10 %. I så tilfelle har utlagt mengde vært 10 % høyere enn innstilt mengde.

Til slutt bemerkes at en ikke har registreringer med tanke på observert eller reell spredebredde fra de første feltutleggingene (test 1 - dag 1).

3.4 Friksjonsmålinger, bilder og visuell bedømming av tiltak

3.4.1 Test 1 - Dag 1

For beskrivelse av føreforholdene se kapittel 2.4.1.

Strekning 1: Fastsand Kårbøseter

Friksjon på denne delstrekningen var 0,20 rett før tiltak, og 0,31 rett etter. Det var en del store steiner i sanda slik at en fikk dårligere effekt enn det som er vanlig ved et fastsandtiltak. I figur 42 ser en at det ligger mye løs masse på skuldra av vegen. Spredemønster og avstand mellom ringene ser bra ut.



Det ble målt friksjon på strekningen dagen etter og tiltaket har fortsatt effekt med en friksjon på 0,28.

Figur 40: Strekning 1. Spredemønster ser bra ut, men mye løse steiner.



Figur 41: Strekning 1. Nærbilde av fastsandklump.



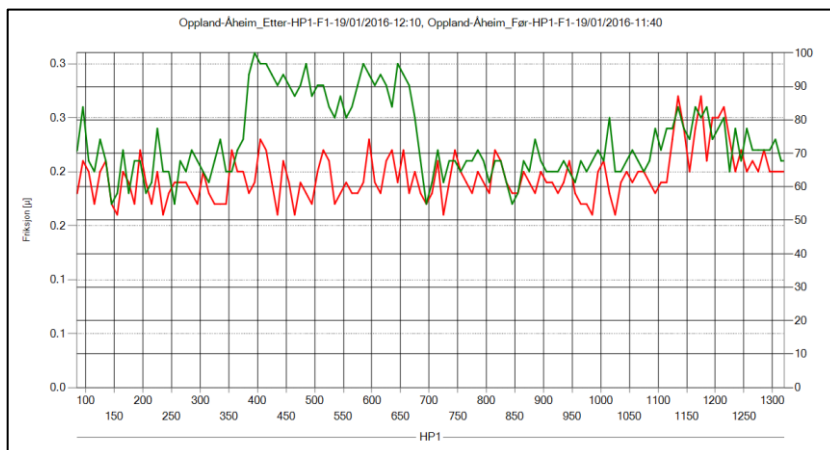
Figur 42: Strekning 1. Løse steiner havner etter hvert på skuldra. Bildet er tatt dag 2.

Strekning 2: Tørrsand Kårbøseter

Samme type sand som på strekning 1, men denne ble strødd tørt og med annen spreder. Spreddebilde og spredebredde ser bra ut.



Figur 43: Strekning 2, rett etter tiltak.



Figur 44: Strekning 2. Friksjon før og etter tiltak.

Friksjon før og rett etter tiltak. En endring i friksjonsnivå fra 0,19 til 0,28.



Figur 45: Strekning 2, dag 2.

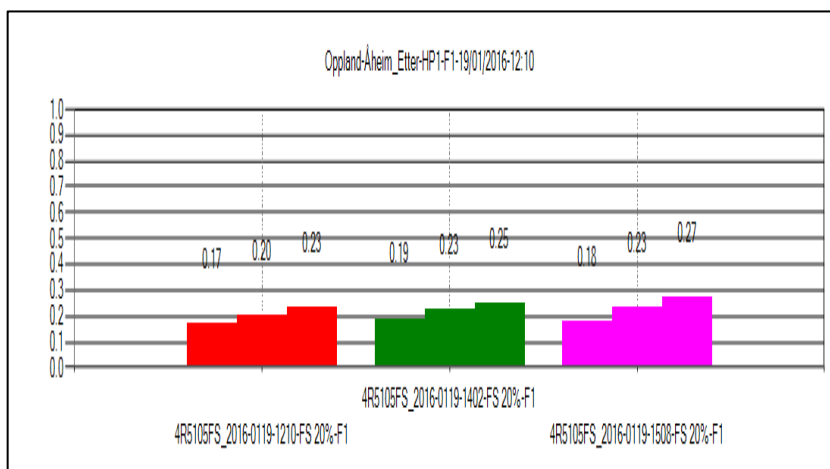
Strekningen på dag 2 etter at det har vært en del trafikk. Det er lite sand igjen i hjulspor, men det er fortsatt noe effekt av tiltaket og friksjonen er 0,25 i snitt over strekningen.

Strekning 3: Referansestrekning



Figur 46: Strekning 3, referansestrekning.

En generell økning i friksjon på referansestrekningen. Mellom kl. 12 og 15 økte friksjonen fra 0,20 til 0,23. Dette kan trolig skyldes at en del av den løse snøen fjernes ved kjøring, og at en kommer ned på isen som har en annen tekstur. (Se figur 47 endring i friksjon).



Figur 47: Endring i friksjon på referansestrekning.

Strekning 4: Tørrsand Kårbøseter

Samme type sand som strekning 1, men strødd tørt med samme spredde som på strekning 1. En økning i friksjonen fra 0,24 til 0,31 etter tiltak. En del korn forsvinner ut på skuldra under utstrøing. Friksjonsmåling på dag 2 viste et friksjonsnivå på 0,24. Det vil si samme nivå som før tiltaket. Som en ser av Figur 49 så ligger det nesten ikke sand i hjulsporene på dag 2 etter at det har vært en del trafikk, men mellom hjulspor og på sidene er det fortsatt en del sand.



Figur 48: Strekning 4, rett etter utstrøing.



Figur 49: Strekning 4, etter ca. 100 bilpasseringer på dag 2.

Strekning 5: Tørrsand Visnes

Strøsingelen fra Visnes inneholder en del hvit stein slik at det er vanskelig å se kornene mot snøen og isen. Friksjonen økte fra 0,23 til 0,26 rett etter tiltak. Massen er ensgradert med mye store steiner som lett spretter over hele vegbredden, og det spres normalt bredere enn innstilling i spredde skulle tilsi. På dag 2 var det ingen sand igjen i hjulsporene og friksjonen var lavere enn før tiltaket ble gjennomført dagen før.



Figur 50: Strekning 5. Vanskelig å se sanda i og med at en del korn er hvite.



Figur 51: Strekning 5, dag 2. Ingen sand igjen i hjulsporene. Noe sand på skuldra.

Strekning 6: Tørrsand Isfjordskorgen



Figur 52: Strekning 6 rett etter tiltak. Vanskelig å se sanda pga. lysforholdene.

Rett før tiltak var friksjonen på denne delstrekningen steget til 0,27. Etter tiltak var friksjonen på 0,32.



Figur 53: Strekning 6, dag 2. Ingen sand igjen i hjulsporene.

På dag 2 etter ca. 100 bilpasseringer så er det ingen sand igjen i hjulsporene og friksjonen er igjen under utgangsnivå. Det er noe sand igjen mellom og på skulderen, men friksjon er kun målt i hjulspor.

3.4.2 Test 1 - Dag 2

Se kapittel 2.4.2 for beskrivelse av føreforholdene.



Figur 54: Strekning 7. Tørrsand (strøsingel) Visnes.

Strekning 7: Tørrsand Visnes

Det ble benyttet samme type sand som ble brukt på strekning 5 på dag 1. Friksjonen ble hevet fra 0,26 til 0,31 rett etter tiltak. Visuelt så ser det ut som om det er lite mengde. Dette er en ensgradert sandtype med lite finstoff og de store kornene spretter lett og sprer seg veldig bredt over hele vegen



Figur 55: Strekning 8. Tørrsand Kårbøseter. Ujevn utlegging.

Strekning 8: Tørrsand Kårbøseter

Samme type sand som ble benyttet på strekning 2 og 4 på dag 1. Friksjonen ble hevet fra 0,27 til 0,33. Sanda ble lagt ujevnt ut som en ser av figur 55.



Figur 56: Strekning 9. Tørrsand Veblungsnes.

Strekning 9: Tørrsand Veblungsnes

Friksjon var 0,25 før tiltak, og 0,34 etter. Det spres ganske bredt i forhold til innstilling.



Figur 57: Strekning 10. Tørrsand Isfjordskorgen.

Strekning 10: Tørrsand Isfjordskorgen.

Ut fra bildet (Figur 57) ser det ut som om det er ujevn utlegging. Friksjonen øker fra 0,26 til 0,34 etter tiltak. Samme massetype ble brukt på delstrekning 6 på dag 1.



Figur 58: Strekning 11. Fastsand Isfjordskorgen.

Strekning 11: Fastsand Isfjordskorgen

Ujevn utlegging og lite sand. Friksjon ble hevet fra 0,27 til 0,35 etter tiltak.



Figur 59: Strekning 12. Fastsand Eide og Frilund.

Strekning 12: Fastsand Eide og Frilund

Friksjonen på strekningen ble hevet fra 0,27 til 0,35. Sanda frøs i liten grad fast, årsaken er sannsynligvis for liten vanntilsetning og for lav temperatur på vannet. Det legges også mer masse til høyre side enn på venstre side.



Figur 60: Strekning 13. Tørrsand Eide og Frilund.

Strekning 13: Tørrsand Eide og Frilund

Friksjon var 0,27 før tiltak, og 0,36 rett etter. Spreder legger ut sand usymmetrisk, noe som fører til mer sand på høyre side av vegen. Det kan også se ut som det fortsatt er noe vanntilsetning i denne sanda i og med at delstrekningen før ble kjørt som fastsand.

3.4.3 Test 2 - Dag 1

For beskrivelse av føreforholdene se kapittel 2.4.3.



Figur 61: Strekning 1. Fastsand (strøsingel) Dombås.

Strekning 1: Fastsand Dombås

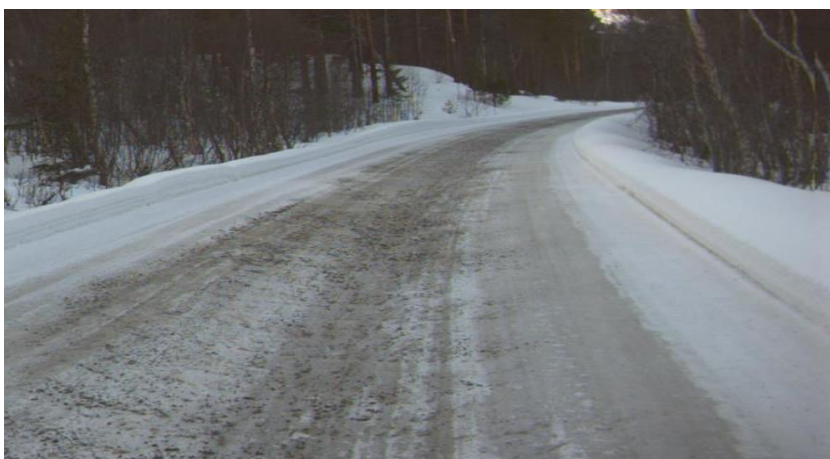
0,24 før og 0,32 etter tiltak. Et mislykket fastsandtiltak med mye løse steiner. Sanda festet ikke skikkelig, og spesielt de store steinene blir liggende løse på snø og is. Resultat iht. forventet med en «ensgradert» strøsingel som dette.



Figur 62: Strekning 2. Tørrsand (strøsingel) Dombås.

Strekning 2: Tørrsand Dombås

Tørrsand, samme sandtype som på strekning 1. Friksjon øker fra 0,23 til 0,29 etter tiltak.



Figur 63: Strekning 3. Fastsand Isfjordskorgen.

Strekning 3: Fastsand Isfjordskorgen

Et mislykket fastsandtiltak. Oppnådd friksjonstilskudd lik 0,04 (fra 0,27 til 0,31). Ujevnt spredebilde som en kan se av bilde. Målinger viste at temperaturen på vannet var for lav og det virket også som om det ble lagt ut for lite vann i forhold til sandmengden.



Figur 64: Strekning 4. Tørrsand Isfjordskorgen.

**Strekning 4: Tørrsand
Isfjordskorgen**

En økning i friksjonen på 0,05
fra 0,24 til 0,27.



Figur 65: Strekning 5. Tørrsand Veblungsnes.

**Strekning 5: Tørrsand
Veblungsnes**

En økning i friksjon på 0,03,
fra 0,24 til 0,27.



Figur 66: Strekning 6. Fastsand Veblungsnes.

**Strekning 6: Fastsand
Veblungsnes**

Høy utgangsfriksjon (0,29) og
kun 0,04 økning i
friksjonsnivå. Sanda festet seg
i liten grad selv om underlaget
var hardpakket snø.

3.4.4 Test 2 - Dag 2

Denne testen foregikk på flystripa på Bjorli. For beskrivelse av føreforhold henvises det til kapittel 2.4.4.



Figur 67: Strekning 1. Fastsand Dombås.

Strekning 1 og 6: Fastsand Dombås

En friksjonsheving på 0,12 på begge delstrekninger til 0,30 og 0,31. En del større steiner festet seg ikke til underlaget. Etter at 60 biler hadde passert var friksjonsnivået sunket til 0,28 og 0,30.



Figur 68: Strekning 2. Tørr sand Dombås.

Strekning 2: Tørrsand Dombås

En friksjonsøkning fra 0,15 til 0,26 etter tiltak. Friksjonsmåling etter 60 bilpasseringer viser kun en minimal nedgang i friksjonsnivået.



Figur 69: Strekning 4. Fastsand Bingsa.

Strekning 3 og 4: Fastsand Bingsa

På strekning 3 ble det et oppnådd et friksjonstilskudd på 0,12, mens på strekning 4 ble friksjonstilskuddet 0,08. Denne strekningen hadde en høyere utgangsfriksjon enn delstrekning 3. Etter 60 bilpasseringer var friksjonen 0,30 på begge strekningene.



Figur 70: Strekning 5. Tørrsand Bingsa.

Strekning 5: Tørrsand Bingsa.

En friksjonsøkning på 0,10 til 0,31. Etter 60 bilpasseringer var friksjonen nede på 0,28.

3.5 Felt- og friksjonsresultater oppsummert

Oppsummering test 1 – dag 1

Tabell 12 viser friksjon før og etter tiltak på de ulike delstrekninger. Det er ikke uventa fastsand som gir størst friksjonstilskudd, men tilskuddet er som nevnt mye mindre enn hva som er vanlig ved metoden under optimale forhold, med riktig masse og spredde som fungerer godt. Utgangsfriksjonen endret seg en del i løpet av dagen slik at det blir vanskelig å sammenlikne de ulike sandtypene, men det er bare på strekning 1 (Fastsand) og på strekning 2 at en ser noe effekt på friksjonsmålingene som er gjennomført i bilsporene på dag 2.

Tabell 12: Oppsummering resultater test 1 – dag 1.

Delstrekning	Metertall	Sandtype	Friksjon rett før	Friksjon rett etter	Tilskudd	Sandmengde [g/m ²]	Friksjon dag 2 (kl. 08:18)	Kommentar effekt dag 2
1	25-325	Fastsand Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)	0.20	0.31	0.11	135	0.28	Fortsatt brukbar effekt
2	375-675	Tørrsand Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)	0.19	0.28	0.09	113	0.25	Fortsatt en liten effekt
3	675-975	Ingen tiltak (referanse strekning)	0.20	0.23	0.03	-	0.22	Friksjonen har gått noe ned på referansestrekning
4	975-1275	Tørrsand Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)	0.24	0.31	0.07	135	0.24	Tilbake på utgangsnivå
5	1325-1625	Tørrsand Visnes, knust strøsingel (2/7 mm)	0.23	0.26	0.03	79	0.21	Lavere nivå enn før utstroing
6	1675-1975	Tørrsand Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)	0.27	0.32	0.05	102	0.24	Lavere nivå enn for utstroing

Oppsummering test 1 – dag 2

Forholdvis høy utgangsfriksjon gjør at friksjonstilskuddet blir noe mindre enn normalt. Begge fastsandtiltakene (strekning 11 og 12) er mislykket pga. spredderproblemer og gir ikke noe bedre resultat enn et tradisjonelt tørrsandtiltak. Tørrsand fra Veblungsnes (knust natur 0/4) er den sandtypen som gir best friksjonstilskudd, men forskjellene er minimale mellom de ulike typene som er testet.

Tabell 13: Oppsummering resultater test 1 – dag 2.

Delstrekning	Metertall	Sandtype	Friksjon rett før	Friksjon rett etter	Tilskudd	Sandmengde [g/m ²]
7	25-325	Tørrsand Visnes, knust strosingel (2/7 mm)	0.26	0.31	0.05	101
8	425-720	Tørrsand Kårbøseter, knust natur (0/4 mm) -type 2	0.27	0.33	0.06	153
9	820-1130	Tørrsand Veblungsnes, knust natur (0/4 mm)	0.25	0.34	0.09	157
10	1250-1550	Tørrsand Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)	0.26	0.34	0.08	262
11	1650-1950	Fastsand Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)	0.27	0.35	0.08	262
12	2050-2350	Fastsand Eide & Frilund, knust natur (0/4 mm)	0.27	0.35	0.08	185
13	2450-2765	Tørrsand Eide & Frilund, knust natur (0/4 mm)	0.27	0.36	0.09	185

Oppsummering test 2 – dag 1

Forholdsvist høy utgangsfriksjon også på denne testen ga mindre friksjonstilskudd enn normalt. I tillegg til mye problemer og feil med spredere så ga dette dårlige resultater enn hva en kunne forvente. Spesielt er resultatet med fastsand svært dårlig i forhold til hva man oppnår med metoden.

Tabell 14: Oppsummering resultater test 2- dag 1

Delstrekning	Metertall	Sandtype	Friksjon rett før	Friksjon rett etter	Tilskudd	Sandmengde [g/m ²]
1	0-400	Fastsand Dombås, knust fjell (2/6 mm)	0.24	0.32	0.08	152
2	500-800	Tørrsand Dombås, knust fjell (2/6 mm)	0.23	0.29	0.06	152
3	1100-1500	Fastsand Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)	0.27	0.31	0.04	129
4	1600-1900	Tørrsand Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)	0.24	0.29	0.05	129
5	2300-2000	Tørrsand Veblungsnes, knust natur (0/4 mm)	0.24	0.27	0.03	132
6	2400-2800	Fastsand Dombås, knust fjell (2/6 mm)	0.29	0.33	0.04	132

Oppsummering test 2 – dag 2

På testene som ble gjennomført på flystripa var utgangsfriksjonen noe lavere enn på de andre testene som ble gjennomført. Forholdene skulle ligge godt til rette for fastsand med hard issåle, men det var likevel små forskjeller på tørr sand- og fastsandtiltakene på de ulike strekningene. For å teste varighet av tiltakene, ble det kjørt 30 bilpasseringer i 50-70 km/t, for deretter å måle friksjonen. Deretter nye 30 passeringer i samme hastighet med påfølgende friksjonsmåling. Varighetstesten viste at det var fastsandtiltakene som holdt best, men også her var forskjellene små mellom fastsand og tørrsand.

Fastsand skal normalt gi en friksjonsheving på 0,20 til 0,30 under gunstige forhold. I disse testene, og spesielt på dag 2, var vi ikke i nærheten av dette. Årsaken skyldes trolig både massene som er testet og spredere som er benyttet. Dersom en ser på siktekurvene for sanda som blir benyttet til fastsand så er den ofte langt fra den anbefalte kurven som ligger i konkurransegrunnlaget til driftskontraktene. Det har både vært sandtyper med lite finstoffinnhold, samt sandtyper med finstoffinnhold i henhold til anbefalt, men med lite stein i mellomstikket. Brennerproblematikk og problemer med å holde tilstrekkelig temperatur på vannet over tid gikk igjen for spredere. Kombinasjonen spredfeil og feil type masse gir friksjonsheving nesten på samme nivå som et tørrsandtiltak. Se forøvrig kapittel 3.6 for ytterligere drøfting omkring dette.

Tabell 15: Oppsummering resultater test 2- dag 2.

Delstrekning	Metertall	Sandtype	Friksjon rett før	Friksjon rett etter	Tilskudd	Sandmengde [g/m ²]	Friksjon etter (30 biler)	Friksjon etter (60 biler)
1	680-490 (F2)	Fastsand Dombås, knust fjell (2/6 mm)	0.18	0.30	0.12	152	-	0.28
2	440-290 (F2)	Tørrsand Dombås, knust fjell (2/6 mm)	0.15	0.26	0.11	152	-	0.25
3	50-250 (F2)	Fastsand Bingsa, knust natur (0/4 mm)	0.15	0.28	0.13	213	-	0.30
4	660-480 (F1)	Fastsand Bingsa, knust natur (0/4 mm)	0.24	0.32	0.08	213	0.32	0.31
5	440-280 (F1)	Tørrsand Bingsa, knust natur (0/4 mm)	0.21	0.31	0.10	213	0.27	0.27
6	200-40 (F1)	Fastsand Dombås, knust fjell (2/6 mm)	0.19	0.31	0.12	152	0.30	0.30

3.6 Friksjonsresultater visualisert – «absolutt» og «relativt» friksjonstilskudd

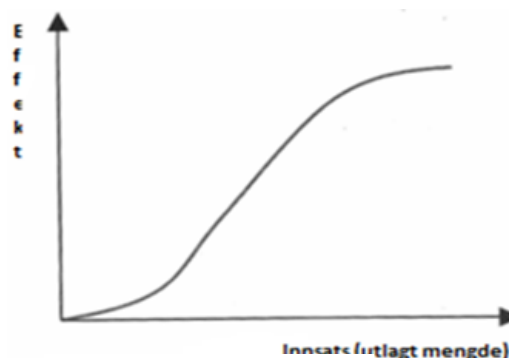
Figurene 73-76 nedenfor oppsummerer og visualiserer oppnådd friksjonstilskudd per forsøksfelt. Figur 73 og 75 viser et plott av målt friksjon før og etter feltutlegging av henholdsvis tørrsand og fastsand. Søylen visualiserer med dette både utgangsfriksjon og oppnådd friksjonstilskudd (lengde av søyle).

Utlagt mengde per forsøksfelt, gitt at dukoppsamlet mengde gir et korrekt/beskrivende bilde av virkeligheten, varierte som nevnt mye, jfr. for eksempel tabell 10 og 11 i avsnitt 3.2 foran. Dette vanskeliggjør vurderinger knyttet til fraksjoners betydning med tanke på friksjonstilskudd. Det framstår som rimelig at oppnådd friksjonstilskudd vil ha en viss sammenheng med utlagt mengde.

For å ha noe å støtte seg til har en derfor beregnet «relativt» friksjonstilskudd. Dette framkommer ganske enkelt ved at oppnådd friksjonstilskudd er dividert med gjennomsnittlig utlagt mengde på duk og så multiplisert med 200 g/m² (siden 200 g/m² er den typiske mengde bestilt i forbindelse med sanding i driftskontrakter). «Relativt» friksjonstilskudd gir med dette en pekepinn på hvilket friksjonstilskudd en kunne forventet med den aktuelle massetype gitt utlegging av 200 g/m².

Tilnærmingen er nok noe enkel. Blant annet synes den å forutsette en lineær sammenheng mellom utlagt mengde og oppnådd friksjonstilskudd. Så kan åpenbart ikke være tilfelle, da dette ville innebære at friksjonstilskuddet kunne øke i det uendelige.

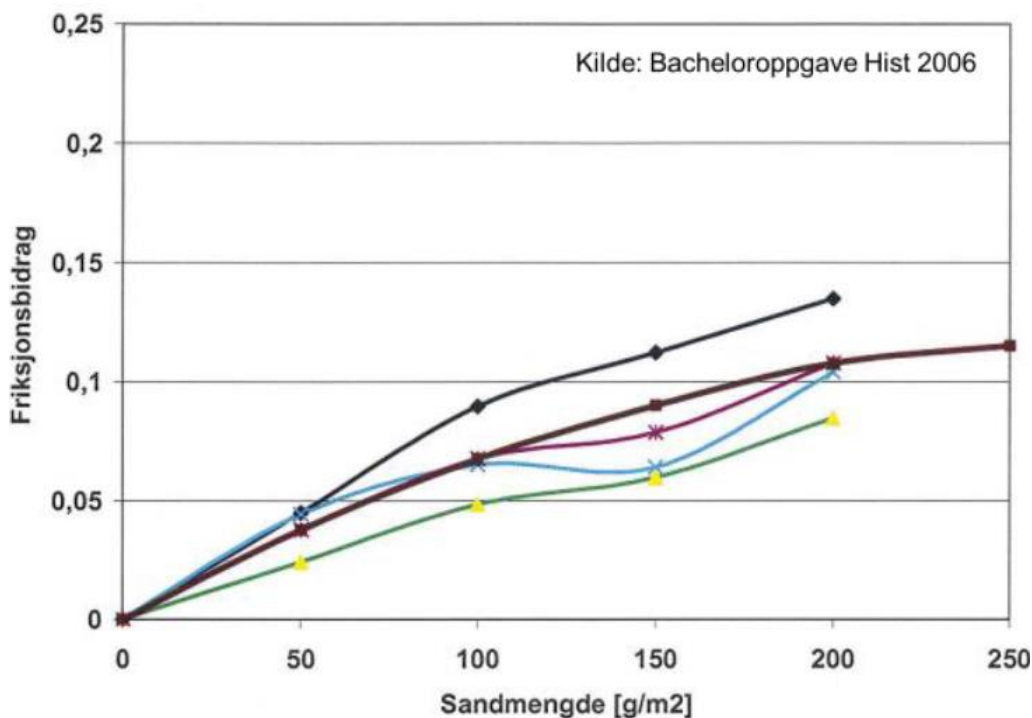
Det vil være mer naturlig å anta at sammenhengen mellom oppnådd friksjonstilskudd og utlagt mengde for eksempel følger formen av en S-kurve, jfr. figur 71. Dette vil innebære at oppnådd effekt (friksjonstilskudd)



Figur 71: Eksempel på S-kurve

etter hvert avtar og går mot null selv om innsatsen (utlagt mengde sand) økes eller går mot uendelig. Samtidig ser en av figur 71 at sammenhengen mellom innsats og effekt vil kunne være tilnærmet lineær innenfor et visst/mindre intervall.

Denne antakelsen i forhold til effekt /friksjonstilskudd stemmer forholdsvis godt overens med resultater fra måling av friksjon ved ulike spredermengder i forbindelse med en bacheloroppgave ved Høgskolen i Sør-Trøndelag i 2006, jfr. figur 72. (Hist 2006)



Figur 72: Friksjonsbidrag ved ulike sandmengder.

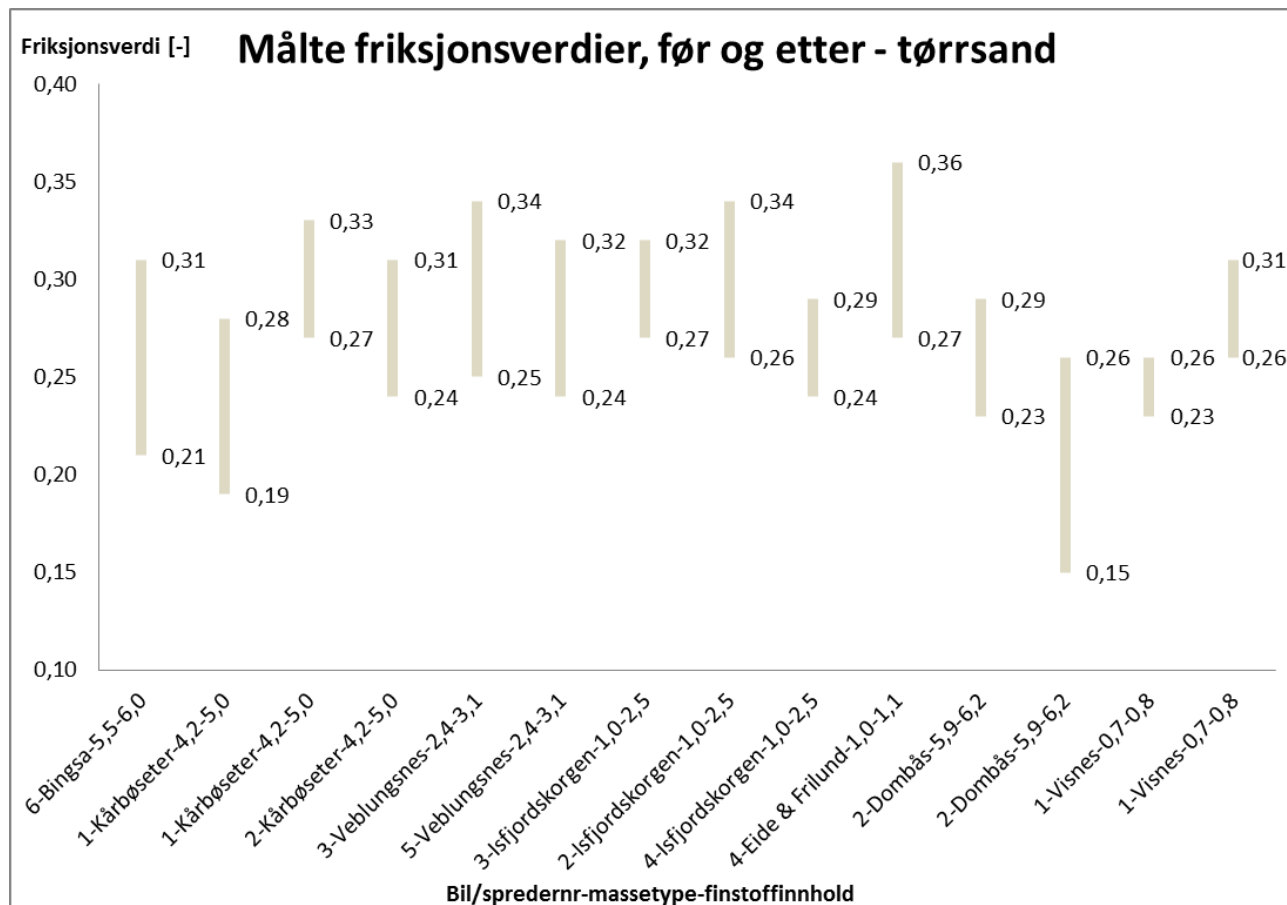
Av tabell 11 fremgikk det at utlagt mengde (gj.snitt av tre duker) varierte mellom 79 og 262 g/m². Det er nok tvilsomt om sammenhengen mellom utlagt mengde og oppnådd friksjonstilskudd er lineær (tilnærmet) i hele dette intervallet. Dog har en tro på at tankegangen gir et tilstrekkelig presist bilde til at det vil være fornuftig å bringe inn «relativt» friksjonstilskudd som en faktor når resultatene fra feltforsøkene skal vurderes. God «score» på «relativt» friksjonstilskudd vil innebære at en har oppnådd bra friksjonstilskudd med lavt sandforbruk (liten utlagt mengde).

«Absolutt» friksjonstilskudd, som i avsnittets overskrift, refererer til det friksjonstilskudd som framkommer basert på friksjonsmålinger før og etter tiltak.

I tillegg til «absolutt» og «relativt» friksjonstilskudd har utgangsfriksjonen blitt vurdert. Dette fordi det vil være lettere å oppnå et høyt friksjonstilskudd med lav utgangsfriksjon. Utgangsfriksjon og friksjonstilskudd er undersøkt tidligere, blant annet ved feltforsøk gjennomført i etatsprogrammet Vinterfriksjonsprosjektet (Dahlen og Vaa, 2001 og Vaa og Støtterud 2004).

En har vurdert resultatene slik at god «score» på «absolutt» friksjonstilskudd, kombinert med høy utgangsfriksjon, støttet av et bra «relativt» friksjonstilskudd skulle tilsi en gunstig sandtype/sandfraksjon.

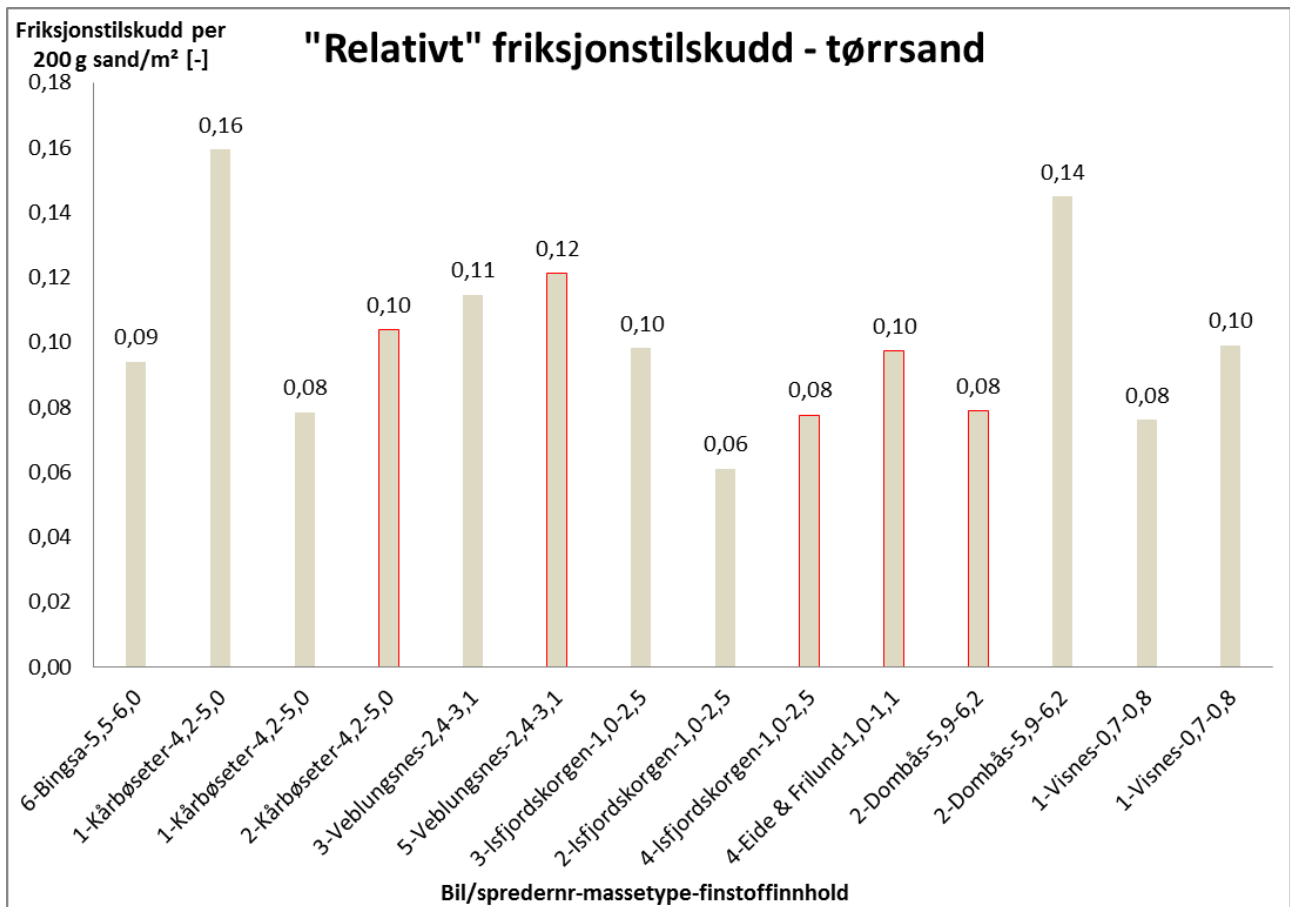
Spredningen i dukveieresultat har også blitt vurdert, da dette vil kunne si noen om sikkerheten knyttet til resultatene. Antallet tilgjengelige sikteprøver likeså.



Figur 73: Målte friksjonsverdier («Absolutt» friksjon) – samtlige tørrsandforsøk.

Måleresultatene for «Dombås» (0,15 – 0,26, søyle nr. 3 fra høyre i figur 73) er noe usikre. Friksjonsmåling etter feltutlegging tilsa en friksjon omkring 0,20. Basert på kjennskap til målefilen og øvrige data fremstår dette friksjonsmåleresultatet som mistenkelig. Verdien har derfor blitt endret fra 0,20 – 0,26 da dette fremstår som den mest sannsynlige korrekte verdi.

Av figur 73 ser en at massene «Veblungsnes» og «Eide & Frilund» scorer bra på «absolutt» friksjonstilskudd fra høy utgangsfriksjon. Disse massene er også blant de som kommer best ut med tanke på «relativt» friksjonstilskudd. Massen «Isfjordskorgen» gjør det bra med tanke på «absolutt» friksjonstilskudd i ett av tre tilfeller, men scorer noe dårligere med tanke på «relativt» friksjonstilskudd. Massene «Bingsa», «Kårbøseter» og «Dombås» ga også bra friksjonstilskudd i noen av tilfellene, men da fra en langt lavere utgangsfriksjon. En velger derfor å konkludere med at massene «Veblungsnes» og «Eide & Frilund» ser ut til å kunne ha de beste egenskapene med tanke på friksjonstilskudd ved tørrsanding, under de forholdene som disse testene har foregått under.

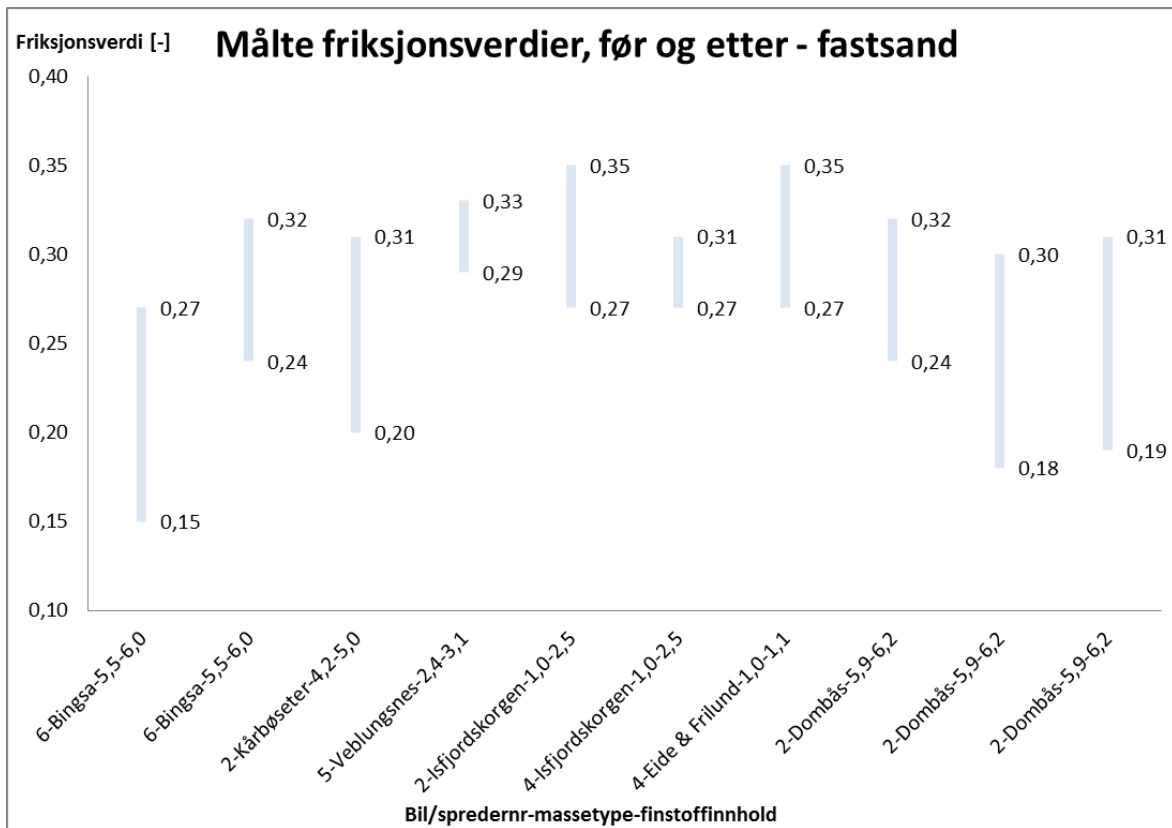


Figur 74: Friksjonstilskudd per 200 g/m² utlagt sand («relativt» friksjonstilskudd) for tørrsandforsøk.

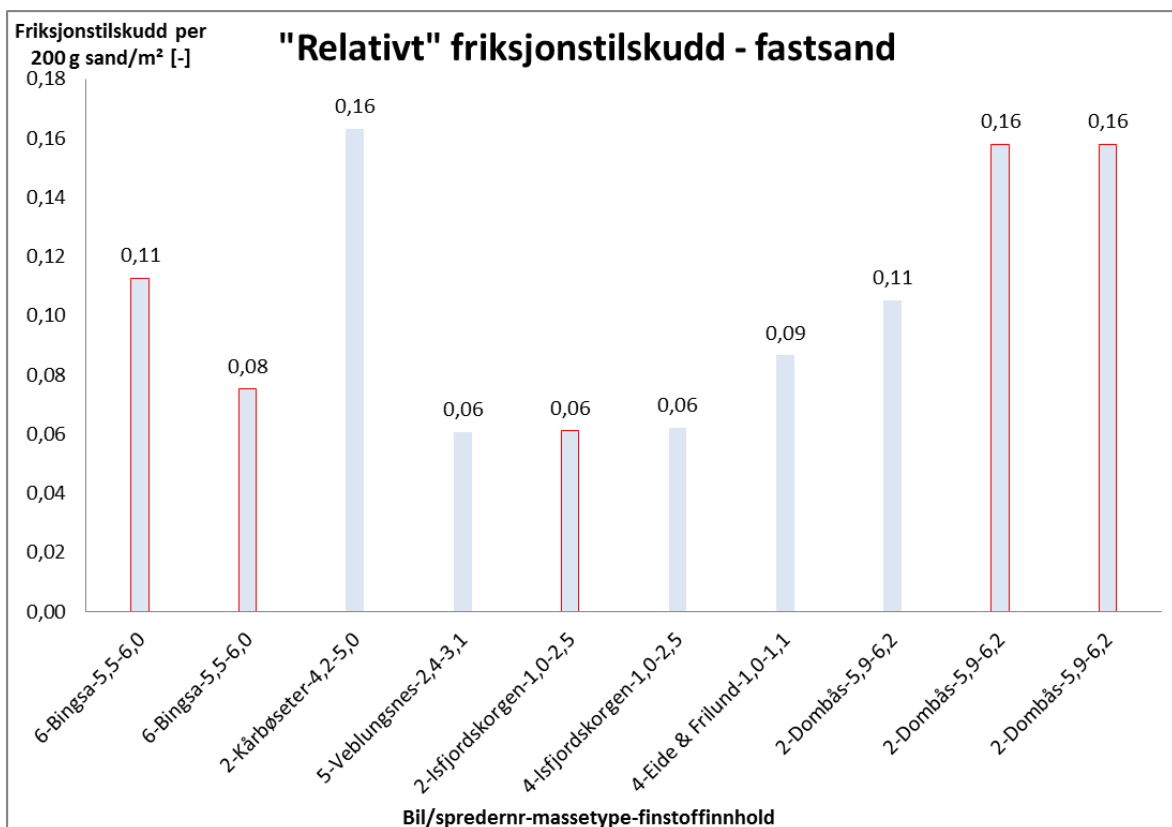
Rød omramming rundt søylene i figur 74 og 76 indikerer at en ikke har dukveieresultater (direkte) fra det aktuelle felt. I de tilfellene ble samme masse lagt ut med samme spredner fortløpende over flere felt, for eksempel fastsand først med direkte overgang til tørr sand. Dukveid mengde, fra det ene av feltene, ble så benyttet som mål på utlagt mengde for begge felt. I ettertid ser en at en skulle hatt målinger fra samtlige felt og flere målinger (flere duker) per felt.

Med tanke på fastsand, jfr. figur 75 og 76, har en ingen resultater lik det en kan oppnå med denne metoden. Siktekurven til de fleste testede massetyper avviker til dels betydelig fra anbefalt kurve. Det vises til figur 80. Særlig over de fineste siktene (0,063 og 0,125 mm), som er antatt å være av stor betydning for et godt fastsandresultat, ser en at massetyperne avviker mye. Som nevnt innledningsvis framsto også massene, med unntak av «Kårbøseter», som «rene». Det virker derfor rimelig og i samsvar med tidligere kunnskap at en ikke oppnådde gode fastsandresultater. De før nevnte utfordringer med spredermateriellet, med tanke på blant annet mengdenøyaktighet, vanntilsetningsprosent og vanntemperatur, har nok også bidratt til dette.

Årsaken til de svake resultatene med fastsand er trolig en kombinasjon av utfordring med spredermateriellet, men også massenes egenskaper da de avviker til dels mye fra det som er gjeldende anbefalinger knyttet til fastsandmateriale.



Figur 75: Målte friksjonsverdier («Absolutt» friksjon) – samtlige fastsandforsøk.



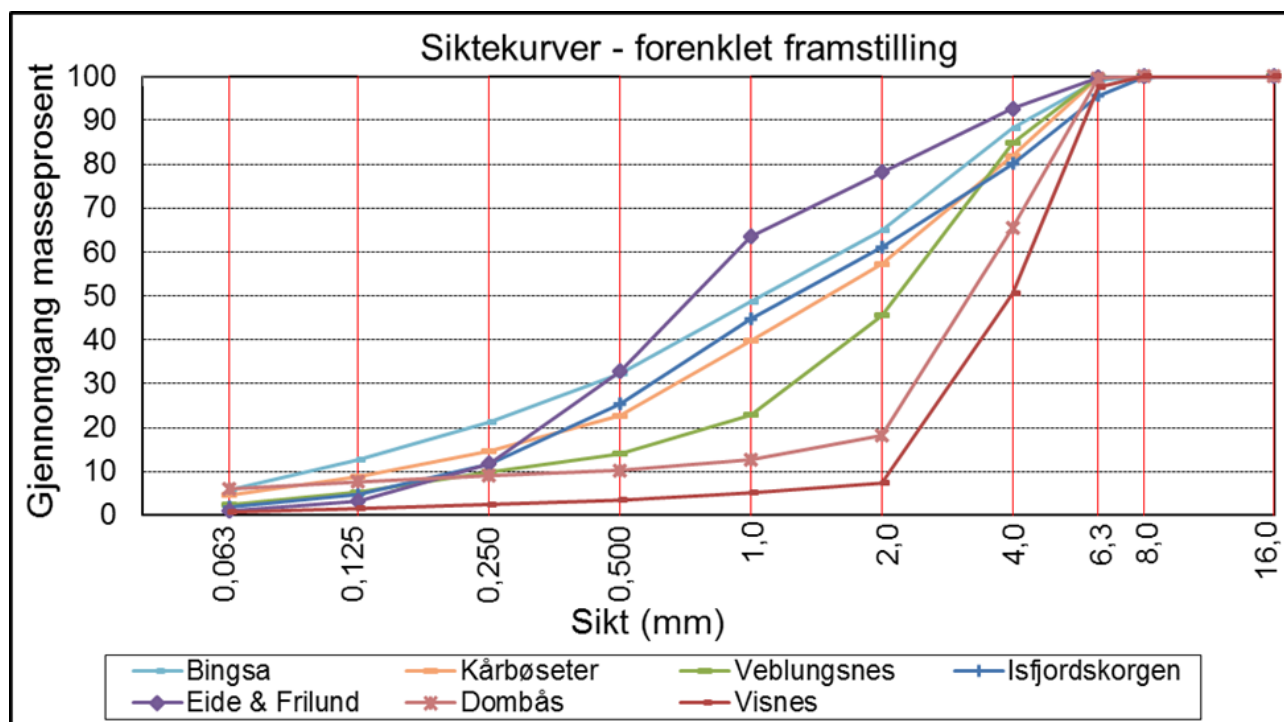
Figur 76: Friksjonstilskudd per 200 g/m² utlagt sand («relativt» friksjonstilskudd) for fastsandforsøk.

Tilbake til tørrsand og videre drøfting av resultatene her opp imot siktekurver og fraksjoners betydning for friksjonstilskudd. Figur 77 viser den forenklete framstillingen av samtlige siktekurver på ny. I figur 78 har en hentet i samtlige kurver for massene «Veblungsnes» og «Eide & Frilund», og samtidig fjernet de øvrige.

En ser av figurene at massene «Veblungsnes» og «Eide & Frilund» karakteriseres gjennom stor endring over et par- tre av «mellomsiktene». Massene kan betegnes som mer «ensgraderte»³ enn «Bingsa», «Isfjordskorgen» og «Kårbøseter» og «ensgraderte» over finere sikt enn massene «Dombås» og «Visnes». Gjennomgangsprosenten for «Eide & Frilund» massen øker med omkring 65 prosentpoeng mellom 0,25-2,0 mm. For «Veblungsnes» massen er endringen omkring 60 prosentpoeng i intervallet 1,0-4,0 mm.

Dersom en skal forsøke seg på en forsiktig konklusjon kan en si at forsøkene indikerer at en stor endring i mellomfraksjonen mellom sikt 0,25 mm og 4 mm er viktig for friksjonstilskuddet. Masser som har mye stein i dette området a la Eide og Frilund og Veblungsnes oppnår høyere friksjonstilskudd enn eksempelvis Visnes og Dombås som har veldig lite stein mindre enn 2 mm.

Hvorfor det kan være slik, at mer «ensgraderte» masser ser ut til å gi bedre friksjonstilskudd, synes derimot vanskelig å forklare. En mulig forklaring kan kanskje være at kontaktkreftene på små/ mindre korn nær et stort/større korn reduseres slik at friksjonsbidraget fra de mindre kornene blir redusert. Med en større andel «like» korn kan det tenkes at eventuelle tap som følge av dette avtar.



Figur 77: Siktekurver for samtlige testede sandtyper/sandkvaliteter (forenklet framstilling).

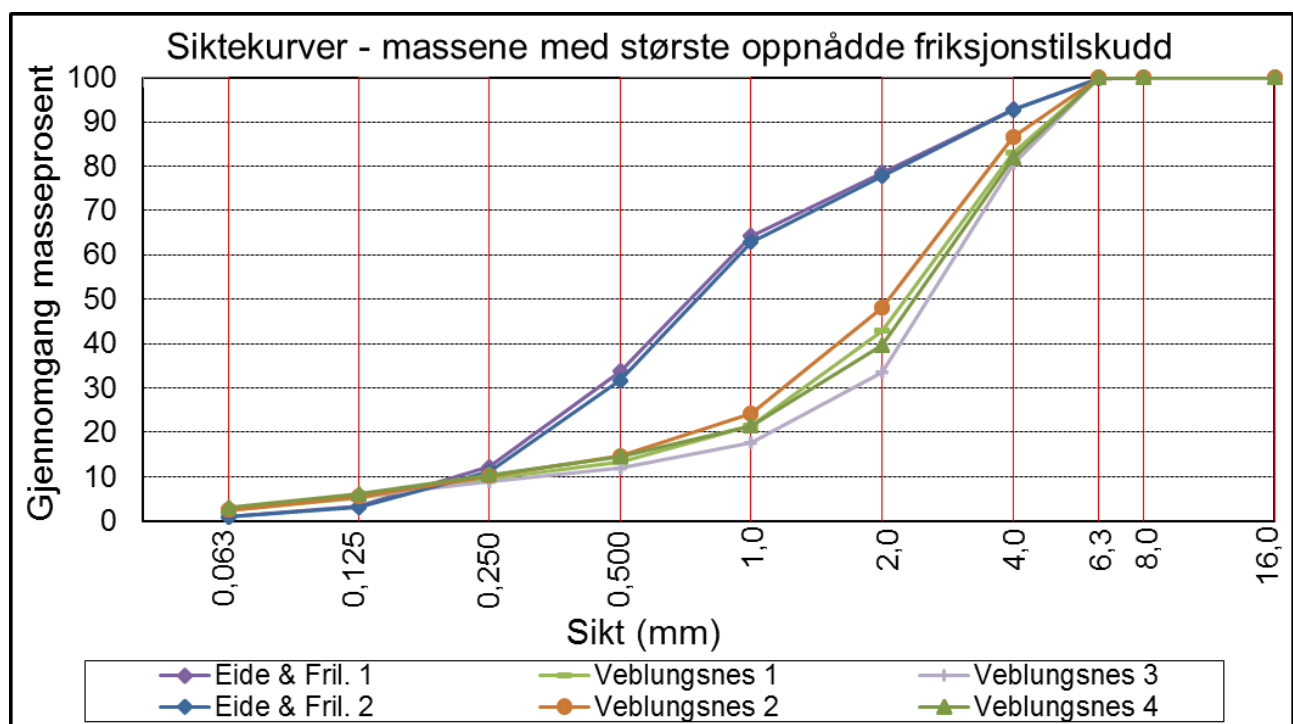
Det kan også se ut til å være gunstig om denne «ensgraderingen» er knyttet til mellomfraksjonene (0,250-4,0 mm). Dette virker i grunn rimelig da høy gjennomgangsprosent ved finere sikt vil gi et

³ Begrepet ensgradert masser er ikke brukt korrekt i forhold til definisjon i N200 i denne rapporten.

større antall korn per flateenhet for en gitt utlagt mengde (200 g/m²). Stor andel korn større enn 4 mm (3-4 mm) vil medføre at det samlede friksjonstilskuddet må genereres ut fra et lite antall (noen få) korn. Dette kan relateres til massene «Dombås» og «Visnes».

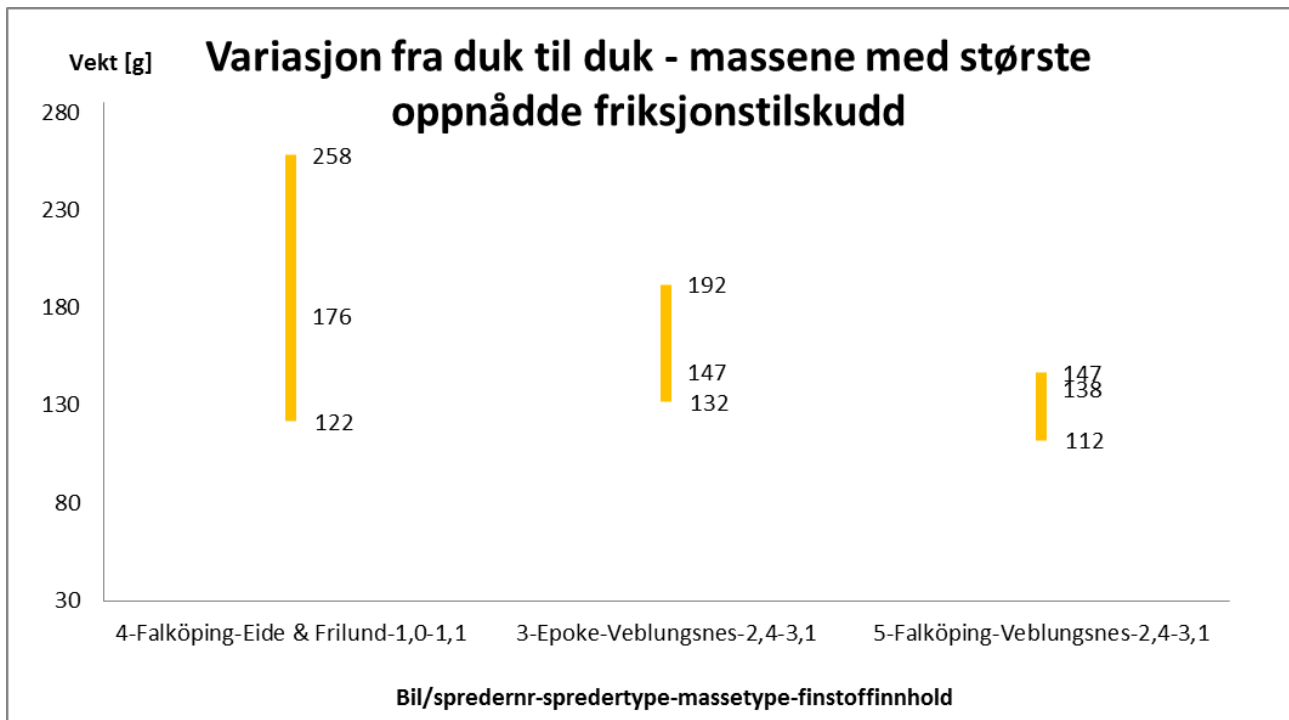
Her kan man dra en analogi til tre ulike former for sukker (melis, strøsukker og sukkerbit), og la ulike sammensetninger av disse representere forskjellige typer strøsand. Melis vil svare til de fineste fraksjonene (finstoffet) i strøanden. Kornenes (melisen) fasong, overflate og størrelse kan tenkes å innebære at de ikke evner å gi et særlig bidrag med tanke på friksjonstilskudd. Sukkerbitene kan tenkes å gi et bra tilskudd, men størrelsen begrenser antallet korn (sukkerbiter) som er tilgjengelig med tanke på å generere et samlet friksjonstilskudd. Korn i mellomfraksjonene (strøsukkeret) kan tenkes å ha både form og fasong som gir friksjon, samtidig som antallet tilgjengelige korn er mer gunstig med tanke på samlede friksjonstilskudd.

Det virker kanskje ikke urimelig om *det samlede friksjonstilskudd (Σ friksjonstilskudd per korn) blir størst ved en eller annen optimal kombinasjon av mengde (antall korn, (kvantitet)) og egenskaper (fasong, overflate og størrelse, (kvalitet)).*



Figur 78: Samtlige siktekurver for massene med størst oppnådd friksjonstilskudd.

Figur 78 viser samtlige tilgjengelige siktekurver for de to massene en mener kom best ut av testen. Noe variasjon for «Veblungsnes» som sikkert kan relateres både til prøveuttak, sikteprosessen og tilfeldig variasjon. Liten eller ingen forskjell mellom de to forsøkene med «Veblungsnes» massen. Kun ett prøveuttak for «Eide & Frilund». Datagrunnlaget er med andre ord begrenset.



Figur 79: Variasjon i dukoppsamlet mengde for massene med størst oppnådd friksjonstilskudd.

Figur 79 viser spredningen i dukoppsamlet mengde for massene «Veblungsnes» og «Eide & Frilund». Størst variasjon og usikkerhet knyttet til «Eide & Frilund». Særlig usikkert hvor reell utlagt mengde er plassert med stor spredning og kun tre målinger.

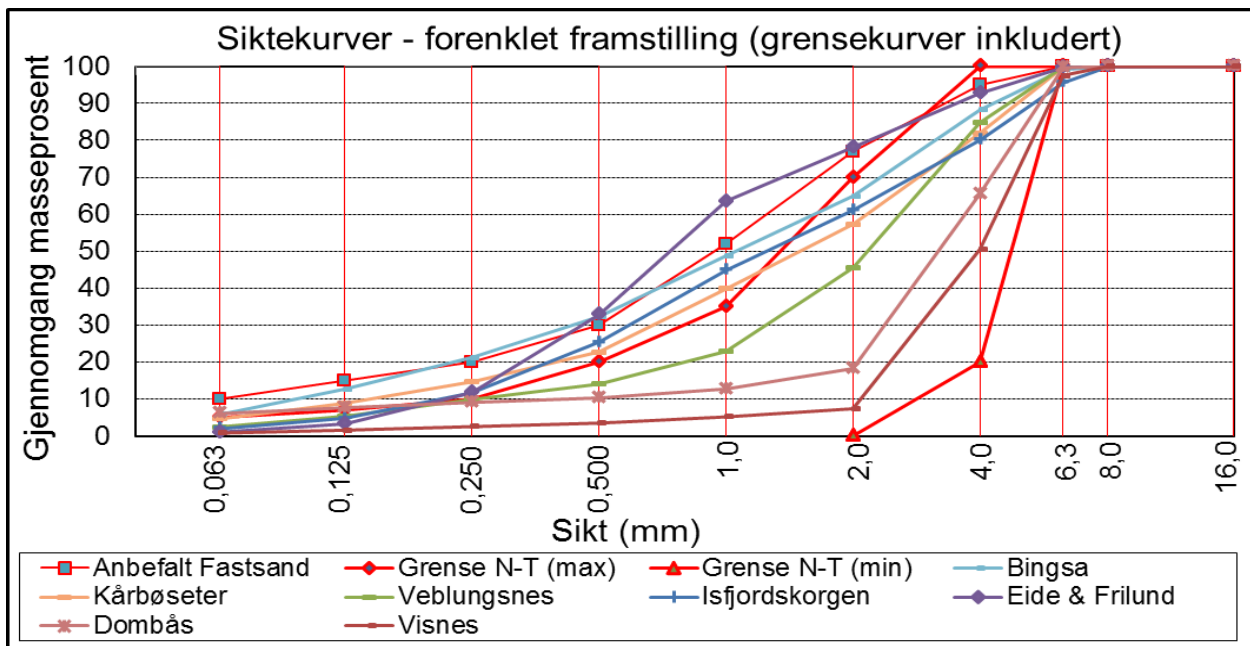
3.7 Krav til strøsand i driftskontrakter

I dagens driftskontrakter er det ikke stilt krav til korngradering for strøsand utover krav til maksimal steinstørrelse på 6 mm og at saltinnblanding skal begrenses til et minimum. Innkjøpskostnad vil gjerne være styrende for entreprenørs valg av materiale, og en har erfart at det benyttes masstyper som gir liten effekt (friksjonstilskudd) og er dårlig egnet med tanke på miljø/svevestøv.

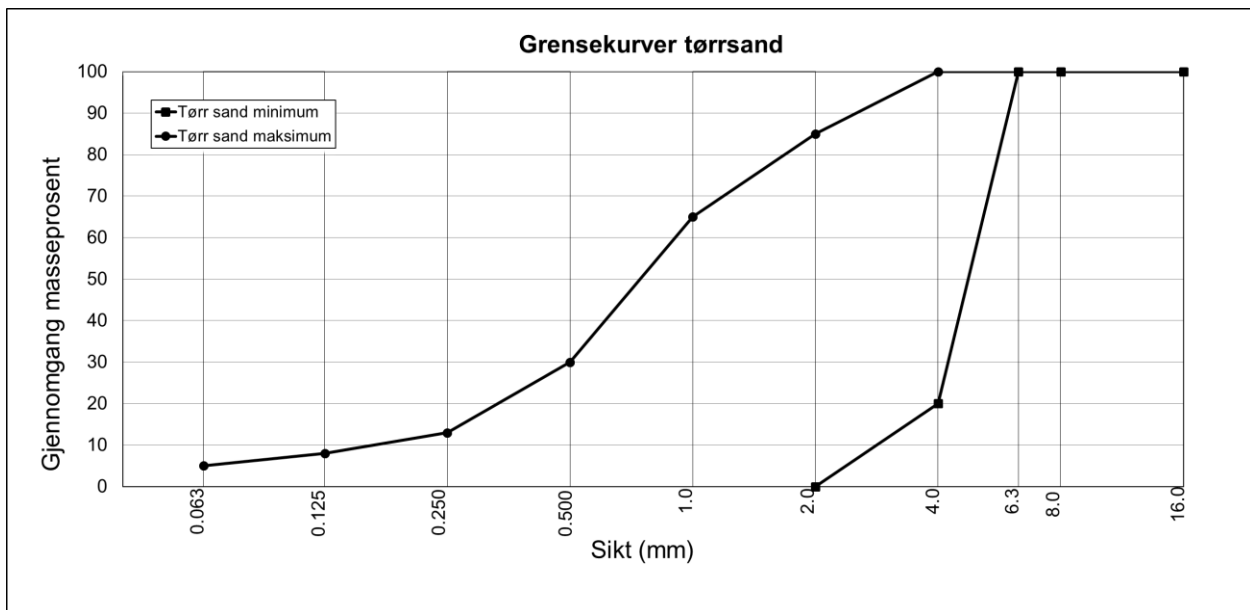
Med bakgrunn i dette har det blitt foreslått at det i driftskontraktene skal stilles krav til siktekurve for strøsand. Testene beskrevet i denne rapport danner grunnlaget for ett sett med foreslåtte grensekurver, jfr. figurene 81-83. Grensekurver for tørrsand, inntatt i driftskontraktene for Nord-Trøndelag fra 2016, ble benyttet som et utgangspunkt.

Bakgrunnen for «Nord-Trøndelags kurvene» var siktekurver fra roder der det var registrert lite problemer med klump og pakking av strøsand. De valgte rodene hadde også et lavt forbruk av strøsand. Tidligere prøvetakninger av strøsand, fra seksten ulike roder her, hadde vist meget stor variasjon i både gradering og finstoffinnhold. Fra ensgradert 2-4 mm masse med 20 % finstoff og 40 % større enn 4 mm, til velgraderte 0-4 mm masse med 1- 2 % finstoff og 5 % større enn 4 mm.

Som en ser av figur 80 vil mange av de testede massene i forsøkene på Bjorli falle utenfor grensekurvene som har blitt benyttet i Nord-Trøndelag. Samtidig ser testresultatene ut til å indikere at fin- eller mellomfraksjonene kan være fordelaktige med tanke på friksjonstilskudd. For ordinær tørrsand foreslås derfor en mer «romslig» maksimal grensekurve, jfr. figur 80 med figur 83.

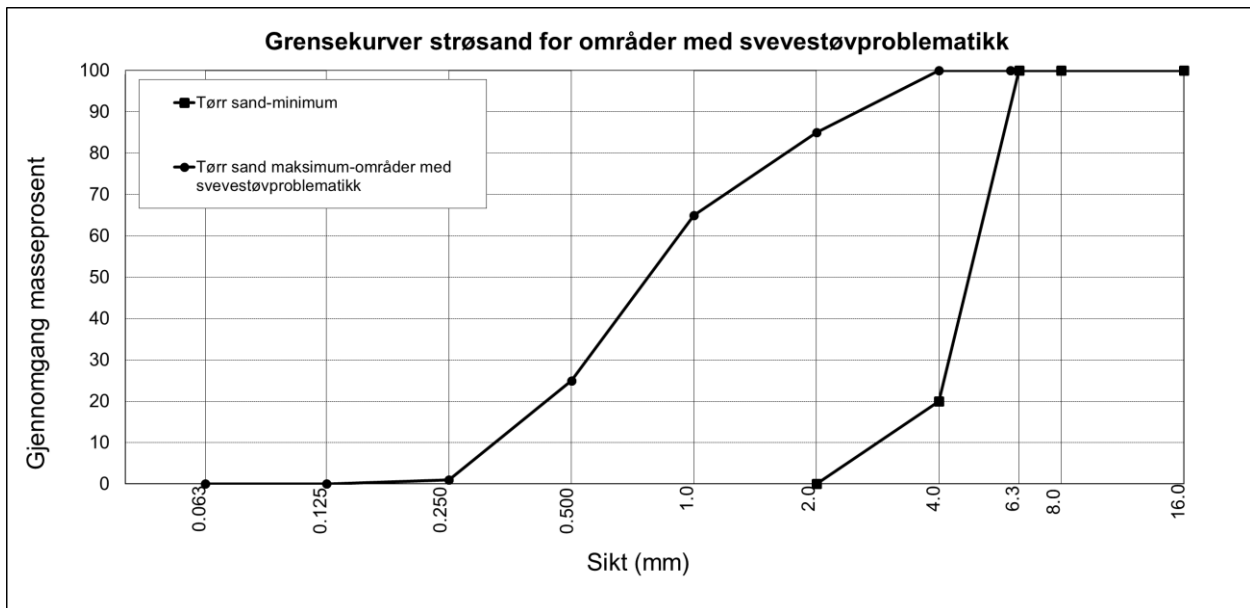


Figur 80: Grensekurver Nord-Trøndelag vs. testede sandkvaliteter.

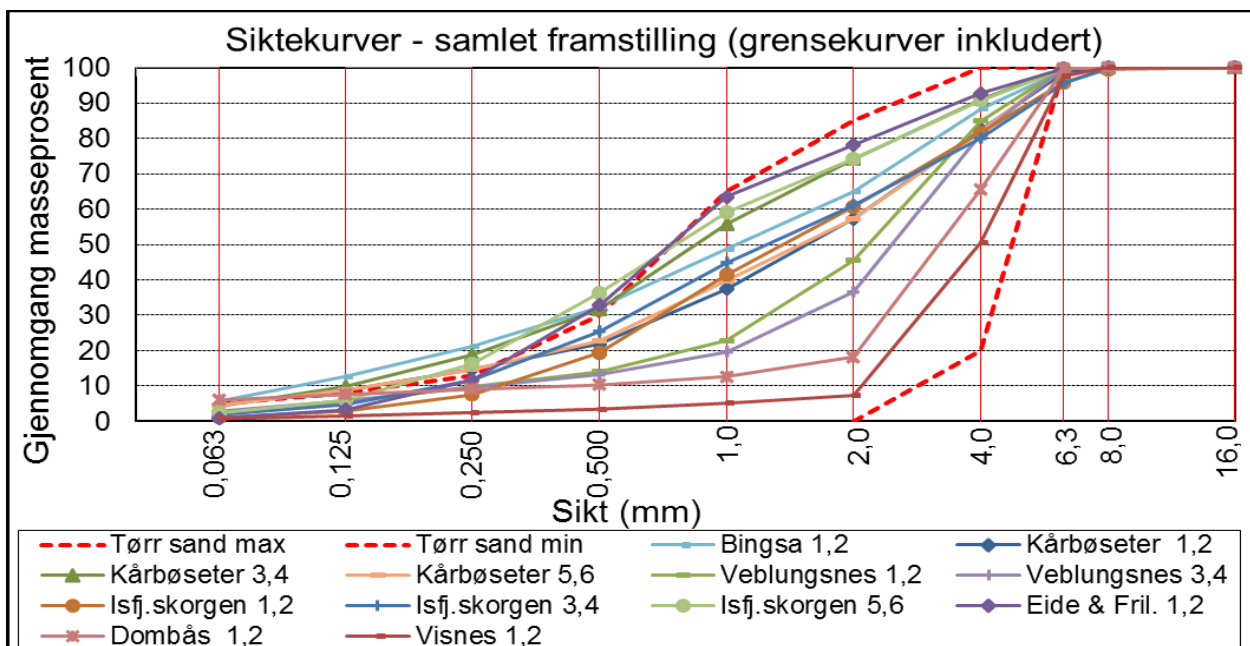


Figur 81: Foreslåtte grensekurver tørr sand.

I tillegg har en foreslått egne grensekurver for tørrsand i områder med svevestøvproblematikk (Se figur 82). I tettbygd strøk kan finstoffet i sanda føre til økte støvplager. For disse områdene vil det være uheldig å tillate bruk av sand med mye finstoff. Det foreslås derfor egne krav, med minste steinstørrelse lik 0,25 mm for disse områdene.



Figur 82: Foreslåtte grensekurver for områder med svevestøvproblematikk.



Figur 83: Foreslåtte grensekurver for tørr sand og massene som ble testet på Bjorli.

Figur 83 viser en samlet framstilling av alle testede sandkvaliteter sett opp imot de nye grensekurvane. Som en ser av figuren er det noen sandtyper som faller utenfor øvre grensekurve, blant annet Bingsa og Kårbøseter. Dette er maser med forholdsvis høy andel i de fineste fraksjonene (3-4 av de fineste siktene), noe som både kan skape problemer i forbindelse med utlegging (pakking i spreder), og uforholdsmessig mye støv.

3.8 Videre arbeid

De foreslåtte grensekurvene er basert på testene som ble gjennomført på Bjorli. Det er ønskelig å gjennomføre flere tester, ved ulike føretyper og værforhold, for å få et bedre kunnskapsgrunnlag enn det en har i dag, samt for om mulig å verifisere resultatene fra testene beskrevet i denne rapport. Videre bør en også se på om det burde stilles krav utover korngradering, eksempelvis knyttet til hardhet (for å unngå sand som lett knuses ned og skaper svevestøv) eller flisighet.

Feltarbeid er krevende. Variablene vil ofte være mange og usikkerheten stor. En del av parameterne vil en ikke kunne rå over i tilstrekkelig grad. Følgende kan være læring å ta med seg inn i eventuelle fremtidige tester:

- ✓ «Prekvalifisering» av spredermateriell?
 - Funksjonstest/verifisering av yteevne forut for selve feltforsøkene?
 - Tilstrekkelig lenge forut til at nødvendig reparasjon og vedlikehold lar seg gjennomføre?
 - Nytt materiell i størst mulig grad?
 - Ta med (kun) de som leverer best inn i feltforsøkene?
 - Benytte etterhengende spreder for å få mer kontroll på utlagt mengde?
- ✓ Forenkle gjennomføringen og kompensere med flere forsøksperioder i stedet?
 - Enklere å håndtere usikkerheten?
 - Får i større grad nytte gjort seg av læring fra gang til gang?
 - En oppgave som løses/forsøkes for første gang løses sjelden optimalt?
 - Kontinuitet med tanke på mannskap/deltakere en fordel?
 - Færre massetyper per forsøk?
 - Starte med ekstremitetene og siden snevre seg inn?
 - Teste kjente kvaliteter med lignende karakteristikker (siktekurve) og sammenligne?
 - Teste masser med kun finstoff, kun mellomfraksjon og større korn på ulike underlag for å se på effekt av de ulike steinfraksjoner.
 - Teste en masse hvor en eksempelvis varierer kun finstoffinnholdet (0 %, 5 % og 10 %).
- ✓ Endre gjennomføringen?
 - Lengre felt, flere duker (5-7 minimum) for å ha en sikrere formening om utlagt mengde?
 - Forbruksoppfølging gjennom veiing før og etter feltutlegging?
 - Benytte funksjonen g/m i stedet for g/m²?
 - Muliggjør forsøksoptimalisering (lik utlagt mengde) ved hjelp av breddeinnstillingen

4 Oppsummering – konklusjon

Som en del av aktiviteten innen Statens vegvesen Vegdirektoratets prosjektet: «Etatsprogram Vinterdrift» (EVI) har det blitt gjennomført to feltforsøk med ulike strøsandkvaliteter. Sju ulike sandkvaliteter, med innbyrdes forholdsvis forskjellige karakteristikk, ble testet for å se på fraksjoner betydning med tanke på friksjonstilskudd og varighet. Innbyrdes variasjon mellom massene var på det meste slik at gjennomgangsprosenten varierte mellom 10-80 % (ved sikt 2,0 mm). Forsøkene ble gjennomført på Bjorli den 19.-20. januar samt 9.-10. februar 2016.

Forsøkene har synliggjort at en ser ut til å ha betydelige utfordringer og forbedringspotensialer knyttet til teknisk tilstand, samt mengde- og breddenøyaktighet for spredermateriellet som inngår i vinterdriften. Dette samsvarer med øvrig erfaring fra FoU aktiviteter innen EVI. Reell spredbredde vil være masseavhengig. For en gitt spredprogrammering vil det derfor ofte være avvik mellom innstilt og reell spredbredde. Mulighet for forenklet *spredbredde-optimalisering* fra sjåfør har blitt foreslått med tanke på framtidige forbedringer.

Med tanke på teknisk tilstand dreier det seg ofte om åpenbare feil og mangler, *synlig og åpenbar for enhver som går seg en tur rundt sprederen eller observerer sprederesultatet*. Brennerproblematikk på spredere til fastsand, samt skader på nedløp og tallerken er særlig vanlig. Ettersyn, service og vedlikehold kan se ut til å være et forsømt område. *Funksjonstesting* med tanke på verifisering av spredersens yteevne likeså.

En har sett at en del av mengdeunøyaktigheten kan forklares gjennom manglende samsvar mellom innstilt og reell spredbredde. Når reell bredde nærmer seg det dobbelte av innstilt bredde kan en ikke forvente samsvar mellom innstilt mengde, og den utlagte mengde en beregner som følge av mengdekontroll gjennom oppsamling på duker. I andre tilfeller er det vanskeligere å gi en forklaring med tanke på variasjoner og den manglende repeterbarheten.

Utlagt mengde, fra oppsamling på duk, varierte mellom 79 og 262 g/m², med ett gjennomsnittlig standardavvik i størrelsesorden 20 %. I de tilfeller hvor en har repeterte utlegginger på duk er avviket på inntil 100 % mellom den første og gjentatte utlegging på duk. Dette bidrar til at det er *en del usikkerhet knyttet til resultatene*.

Med tanke på fastsand har en konkludert med at de testede massetyper så ut til å være lite egnet. Massene (siktekurvene) avviker til dels mye fra gjeldende anbefalinger knyttet til fastsandmateriale. Resultatene må i så måte kunne sies å være som forventet, samtidig som de nevnte utfordringer med spredermateriellet har påvirket testresultatene eller bidratt til dette.

For tørrsand tyder forsøkene på at en stor endring i mellomfraksjonen mellom sikt 0,25 mm og 4,0 mm er viktig for friksjonstilskuddet. Stor andel stein i mellomfraksjonene vil, for en gitt utlagt mengde (200 g/m²), gi et stort antall korn per flateenhet. Samtidig kan det tenkes at kornene da har en størrelse (tilstrekkelig stor) og fasong som er gunstig med tanke på friksjonsbidrag. *En kombinasjon av kvantitet (mengde, antall korn) og kvalitet (fasong, overflate, størrelse) kan tenkes å være det som gir masser med høy andel stein i mellomfraksjonene høyest resulterende friksjonstilskudd*. Forskjellene er dog små og mange faktorer fra feltforsøkene er usikre. Utfordringene knyttet til spredermateriellet kan nok ha påvirket testresultatene også her.

5 Referanser

Dahlen, J og Vaa, T (2001)

Winter Friction Project in Norway. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. Volume 1741.

Vaa, T og Støtterud (2004)

Implementation of the new sanding method in Norway. Sixth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology. Transportation Research E-Circular, Issue Number: E-C063.

Statens vegvesen (2014)

Håndbok N200 vegbygging.

Hist- Høgskolen i Sør-Trøndelag (2006) Bacheloroppgave.

Vedlegg 1: Klimadata test 1

Tabell klimadata test 1

År	Mnd	Dag	Time (NMT)	TA (Lufttemp.)	RR_24 (Nedbør 24t)	RR_12 (Nedbør 12t)	SA (Snødybde)
2016	1	19	7	-12,4	1,30	1,00	51
2016	1	19	8	-11,6			53
2016	1	19	9	-12,1			53
2016	1	19	10	-12,5			51
2016	1	19	11	-11,0			55
2016	1	19	12	-11,7			54
2016	1	19	13	-9,7			54
2016	1	19	14	-11,2			53
2016	1	19	15	-13,0			53
2016	1	19	16	-14,5			53
2016	1	19	17	-13,7			53
2016	1	19	18	-15,6			53
2016	1	19	19	-15,7		1,30	53
2016	1	19	20	-15,0			53
2016	1	19	21	-14,6			53
2016	1	19	22	-14,1			52
2016	1	19	23	-13,8			52
2016	1	19	24	-14,4			52
2016	1	20	1	-14,9			51
2016	1	20	2	-14,5			52
2016	1	20	3	-14,1			52
2016	1	20	4	-14,4			51
2016	1	20	5	-15,5			51
2016	1	20	6	-16,3			51
2016	1	20	7	-16,7	1,40	0,10	51
2016	1	20	8	-15,4			51
2016	1	20	9	-15,5			51
2016	1	20	10	-17,6			50
2016	1	20	11	-17,5			50
2016	1	20	12	-15,4			50
2016	1	20	13	-14,4			50
2016	1	20	14	-15,5			49
2016	1	20	15	-13,9			49
2016	1	20	16	-13,5			49
2016	1	20	17	-13,2			49
2016	1	20	18	-12,3			48
2016	1	20	19	-12,3		0,10	48

Vedlegg 2: Klimadata test 2

Tabell klimadata test 2

År	Mnd	Dag	Time (NMT)	TA (Lufttemperatur)	RR_24 (Nedbør 24t)	RR_12 (Nedbør 12t)	SA (Snødybde)
2016	2	9	7	-1,5	0,00	0,00	62
2016	2	9	8	-2,3			62
2016	2	9	9	-2,7			62
2016	2	9	10	-2,4			62
2016	2	9	11	-1,1			62
2016	2	9	12	-0,6			62
2016	2	9	13	-0,6			62
2016	2	9	14	-1,1			61
2016	2	9	15	1,0			61
2016	2	9	16	-1,7			62
2016	2	9	17	-3,9			62
2016	2	9	18	-5,2			62
2016	2	9	19	-5,3		0,00	62
2016	2	9	20	-5,4			62
2016	2	9	21	-6,0			62
2016	2	9	22	-6,7			61
2016	2	9	23	-6,8			62
2016	2	9	24	-5,2			62
2016	2	10	1	-5,1			62
2016	2	10	2	-4,9			62
2016	2	10	3	-5,0			61
2016	2	10	4	-5,0			61
2016	2	10	5	-5,1			62
2016	2	10	6	-4,8			61
2016	2	10	7	-6,1	1,50	1,50	62
2016	2	10	8	-8,1			62
2016	2	10	9	-8,2			62
2016	2	10	10	-7,3			62
2016	2	10	11	-5,1			62
2016	2	10	12	-3,9			61
2016	2	10	13	-2,9			61
2016	2	10	14	-2,2			62
2016	2	10	15	-1,9			62
2016	2	10	16	-1,8			62
2016	2	10	17	-2,1			62
2016	2	10	18	-2,2			62
2016	2	10	19	-2,5		0,00	62

Vedlegg 3: Samlet oversikt – massetype og metode m.m.

	Bil nr	Strømateriale	Feltreferanse	
Test 1	19.jan.16	1	Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)	TS Felt 2
		2	Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)	FS Felt 1, TS Felt 4
		1	Visnes, knust strøsingel (2/7 mm)	TS Felt 5
		3	Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)	TS Felt 6
		3	Visnes, knust strøsingel (2/7 mm)	TS Felt 7
	20.jan.16	1	Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)	TS Felt 8
		2	Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)	FS Felt 11, TS Felt 10
		4	Eide & Frilund, knust natur (0/4 mm)	FS Felt 12, TS Felt 13
		3	Veblungsnes, knust natur (0/4 mm)	TS Felt 9
		Test 2	09.feb.16	2
4	Isfjordskorgen, knust natur (0/4 mm)			FS Felt 3, TS Felt 4
5	Veblungsnes, knust natur (0/4 mm)			FS Felt 6, TS Felt 5
10.feb.16	2		Dombås, knust fjell (2/6 mm)	Flyplass - FS Felt 1, TS Felt 2, FS Felt 6
	6		Bingsa (Ålesund), knust natur (0/4 mm)	Flyplass - FS Felt 3, TS Felt 5, FS Felt 4
	2		Kårbøseter, knust natur (0/4 mm)	Utlagt på vei øst av innkjøring til flyplass

- i. FS og TS – forkortelse for henholdsvis fastsand og tørrsand (metode).
- ii. Strømateriale «Bingsa (Ålesund) ble i tillegg også lagt ut på vei øst av innkjøring til flyplass (10.feb.16, bil nr. 6).

Vedlegg 4: Dukveieresultater – samlet oversikt

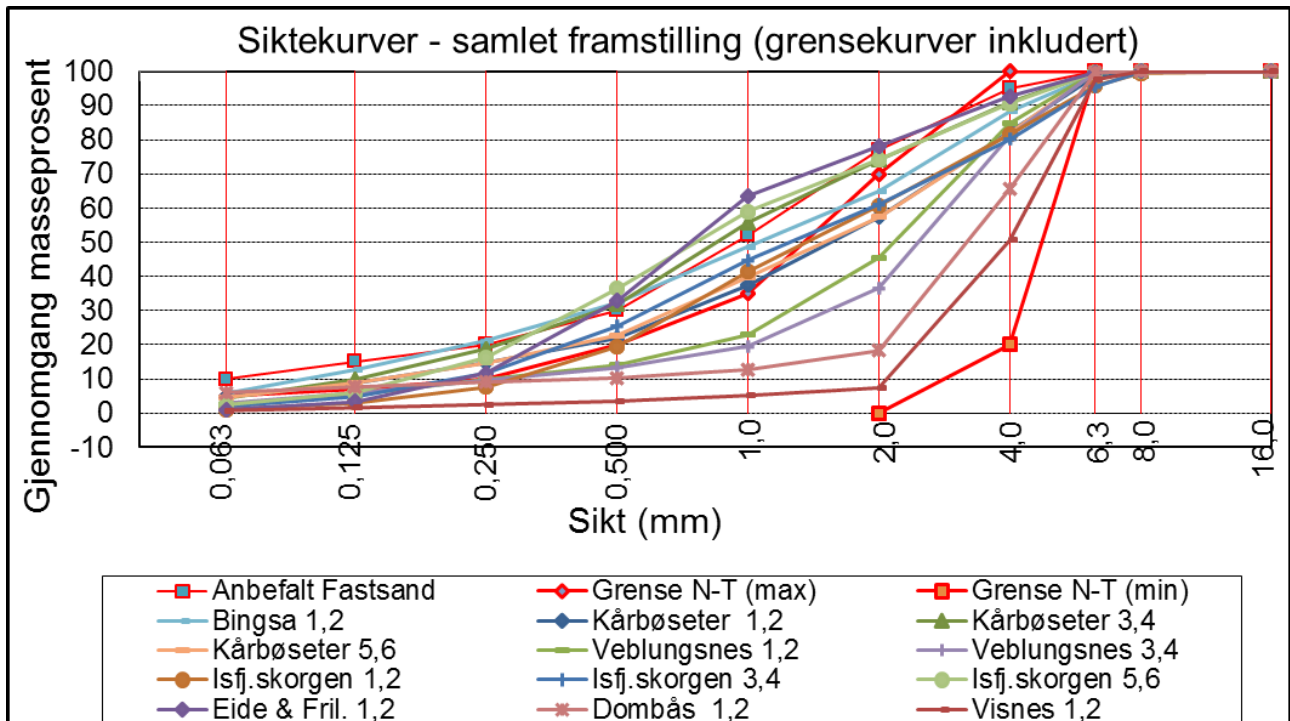
Tabell A: Utlegging på duker (fastsand) - mengder sand, vann og variasjon

		Test 1		Test 2		
		19. jan	20. jan	9. feb		
Bil nr		2	4	2	4	5
Massetype (forekomst)		Kårbøseter	Eide & Frilund	Dombås	Isfjordskorgen	Veblungsnes
Materiale		Knust natur	Knust natur	Knust fjell	Knust natur	Knust natur
Fraksjon		0/4 mm	0/4 mm	2/6 mm	0/4 mm	0/4 mm
Finstoffinnhold [%]		4,2-5,0 (7,6)	1,0-1,1	5,9-6,2 (8,0)	1,0-2,5	2,4-3,1
Innstillt mengde		200	180	200	180	200
Innstillt bredde		2,0	3,0	2,0	2,0	2,0
Observert bredde		-	2,9	3,4	2,2	2,8
Utlagt mengde sand [g/m ²]	Duk nr 1	127	258	165	153	112
	Duk nr 2	141	122	153	130	138
	Duk nr 3	135	176	139	103	147
Tilsatt mengde vann [vekt-%]	Duk nr 1	26	12	23	11	52
	Duk nr 2	24	14	25	16	44
	Duk nr 3	20	23	22	27	45
Tilsatt mengde vann [vol-%]	Duk nr 1	41	19	37	18	84
	Duk nr 2	39	22	40	26	71
	Duk nr 3	32	37	35	44	72
Gj.snitt utl mengde sand		135	185	152	129	132
Korr mengde - obs spr.br		-	179	259	142	185
Gj.snitt tilsatt vekt-% vann		23	16	24	18	47
Gj.snitt tilsatt vol-% vann		37	26	38	29	75

Tabell B: Utlegging på duker (tørresand) - mengder sand og variasjon

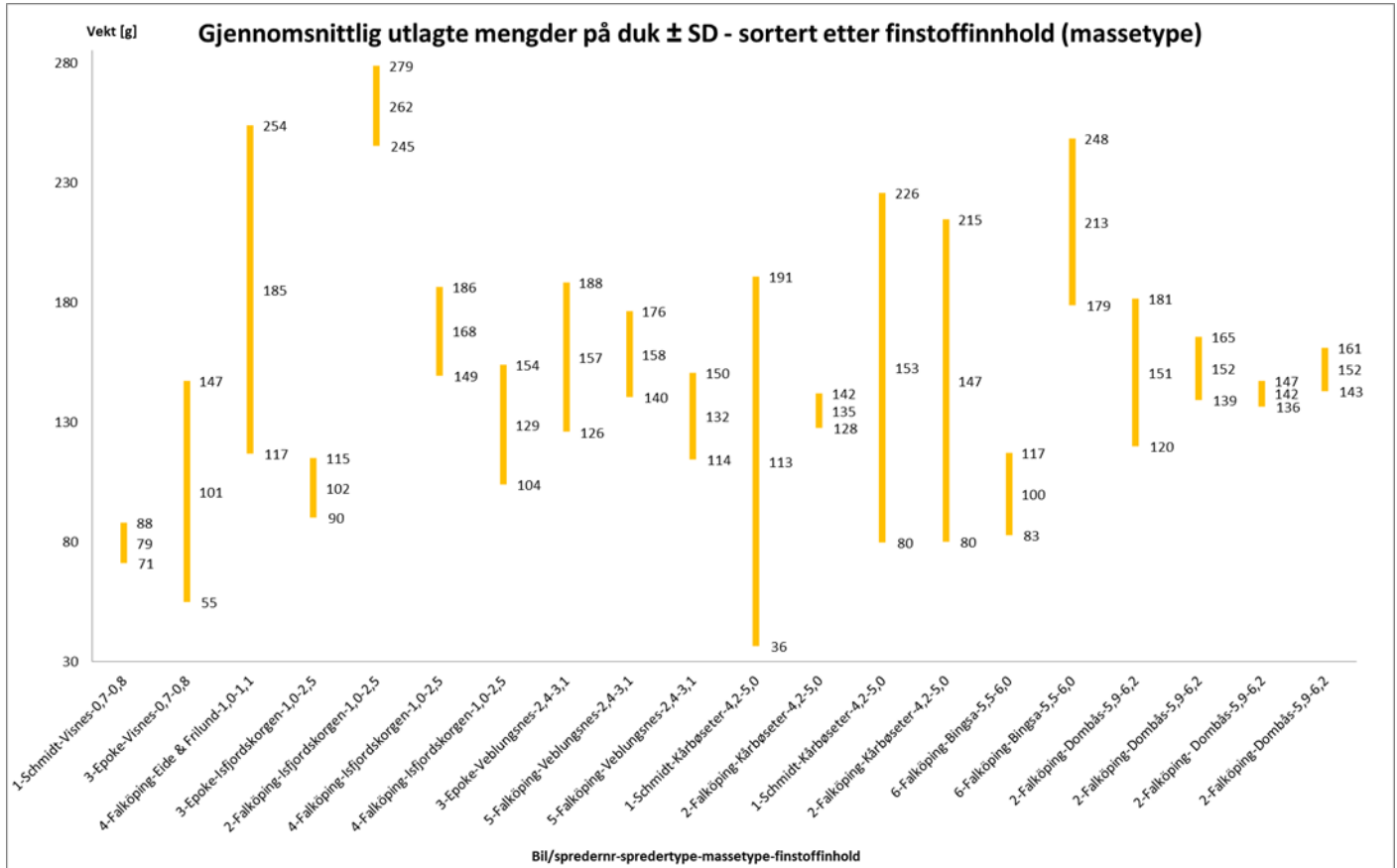
	19. januar 2016			Test 1 20. januar 2016			Test 2 10. februar 2016			
	1	1	3	3	1	2	3	2	6	
Bil nr										
Massetype (forekomst)	Kårbøseter	Visnes	Isfjordskorgen	Visnes	Kårbøseter	Isfjordskorgen	Veblungnes	Dombås	Bingså	
Materiale	Knust natur	Knust strøsingel	Knust natur	Knust strøsingel	Knust natur	Knust natur	Knust natur	Knust fjell	Knust natur	
Fraksjon	0/4 mm	2/7 mm	0/4 mm	2/7 mm	0/4 mm	0/4 mm	0/4 mm	2/6 mm	0/4 mm	
Finstoffinnhold [%]	4,2-5,0	0,7-0,8	1,0-2,5	0,7-0,8	4,2-5,0	1,0-2,5	2,4-3,1	5,9-6,2	5,5-6,0	
Innstillt mengde	200	200	200	210	200	200	210	200	200	
Innstillt bredde	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	
Observert bredde	-	-	-	5,7	2,0	3,1	5,0	3,8	2,8	
Utlagt mengde sand (g/m ²)	Duk nr 1	191	80	88	115	114	273	132	162	190
	Duk nr 2	112	88	110	50	237	243	147	145	254
	Duk nr 3	37	71	109	139	107	270	192	149	196
Gj.snitt utl mengde sand	113	79	102	101	153	262	157	152	213	
Korr mengde - obs spr.br	-	-	-	192	102	271	262	289	299	

Vedlegg 5: Siktekurver – samlet oversikt



Figur 83: Samtlige siktekurver for de testede masser, inkludert anbefalt fastsandkurve og grensekurver fra Nord Trøndelag.

Vedlegg 6: Dukvariasjon relatert til finstoffinnhold



Figur 84: Variasjon fra duk til duk relatert til finstoffinnhold. Gjennomsnittlig utlagt mengde ± ett standardavvik.



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47) 22073000
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen