

2020:00504 - Åpen

Rapport

Kost som metode i vinterdrift av G/S-veger

Feltforsøk med komprimert snø: Bjorli flyplass desember 2019

Forfatter

Hampus Karlsson



Rapport

Kost som metode i vinterdrift av G/S-veger

Feltforsøk med komprimert snø: Bjorli flyplass desember 2019

EMNEORD:Kosting
Syklustid
Saltbruk
Gang- og sykkelveg
Barmarksstandard
GsA**VERSJON**

1.0

DATO

2021-02-19

FORFATTER

Hampus Karlsson

OPPDRAGSGIVER

Statens vegvesen

OPPDRAGSGIVERS REF.

Katja Skille

PROSJEKTNR

102019148

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

28

SAMMENDRAG

Målet med forsøket var å dokumentere kostens evne til å rydde snø som hadde blitt komprimert av myke trafikanter. Det ble til sammen gjennomført fire ulike forsøk; 1) ulike mengde trafikkbelastning, 2) ulik hastighet på traktor (5, 10 og 15 km/t) med tørr saltblandet nysnø, 3) ulik hastighet på traktor (5, 10 og 15 km/t) på bløt snø med restsalt i bunn og 4) kostens evne til å fjerne is.

Antall trafikanter virket å ha en liten effekt på det endelige resultat, det var kun små forskjeller mellom 50, 100 og 150 passeringer. Forsøkene med variert hastighet ga imidlertid tydelig forskjell både i mengde restsnø og variasjonen i mengde restsnø i hvert fartsintervall. Økt hastighet resulterte i mer restsnø og ujevne kvalitet på snøryddingen. Kostens evne til å fjerne is var begrenset, kosten svekker islaget og fjerner noen is, men det er fortsatt glatt på området etter tiltak.

Resultatet viser at kosten har gode evner til å fjerne snø som inneholder salt og har blitt komprimert av myke trafikanter, så fremt at kjørehastigheten til kjøretøyet er lav.

UTARBEIDET AV

Hampus Karlsson

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

Terje Moen

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Gunrid Kjellmark

SIGNATUR
Gunrid Kjellmark (Feb 22, 2021 09:42 GMT+1)**RAPPORTNR**

2020:00504

ISBN

978-82-14-06502-2

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2021-02-19	Endelig versjon.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Mål med rapporten	4
2	Metode	4
2.1	Værsituasjon	5
2.2	Testkost	6
2.3	Forsøk og testforhold	7
2.3.1	Forsøk med belastet nysnø	7
2.3.2	Forsøk med ulike hastigheter	9
2.3.3	Fjerning av issåle	11
2.4	Snøkarakterisering	11
3	Resultat	13
3.1	Forsøk 1: Belastet tørr nysnø	13
3.2	Forsøk 2: Variert hastighet, tørr nysnø med salt	15
3.2.1	5 km/t	15
3.2.2	10 km/t	16
3.2.3	15 km/t	16
3.3	Forsøk 3: Variert hastighet, bløt nysnø med restsalt	17
3.3.1	5 km/t	17
3.3.2	10 km/t	19
3.3.3	15 km/t	20
3.4	Forsøk 4: Fjerning av issåle med salt	22
4	Diskusjon	24
4.1	Belastningstest	24
4.2	Ryddeeffektivitet	24
4.3	Saltforbruk basert på restsnømålinger	26
4.4	Fjerning av issåle med kost	27
4.5	Sammenligning med resultat fra 2018	27
5	Konklusjon	28
	Vegen videre	28
6	Litteratur	28

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

SINTEF er engasjert av Statens vegvesen i FoU-programmet Bevegelse som har pågått siden 2017 og avsluttes i 2021. Målet er å øke forståelsen for hvordan drift og vedlikehold av gang- og sykkelveger kan bidra til å øke andelen fotgjengere og syklister. FoU-programmet er delt opp i fire arbeidspakker der denne rapporten inngår i arbeidspakke 2 Drift, metoder og utstyr.

Grunnen til at Statens vegvesen ønsker å heve kompetansen om kosting som metode for fjerning av snø er at dette blir en stadig mer vanlig metode som brukes på gang- og sykkelveger med framfor alt GsA-standard. GsA er den høyeste driftsstandard som betyr bar asfalt hele året. For å oppnå bar veg fjernes først snøen mekanisk ved hjelp av kost eller plog og deretter saltes det. Saltet har tre funksjoner; 1 antikompaktering under snøvær for å unngå at det dannes en is-såle, 2 anti-icing for å hindre tilfrysing og 3, de-icing smelte restsnø eller is-såle etter mekanisk fjerning av snø.

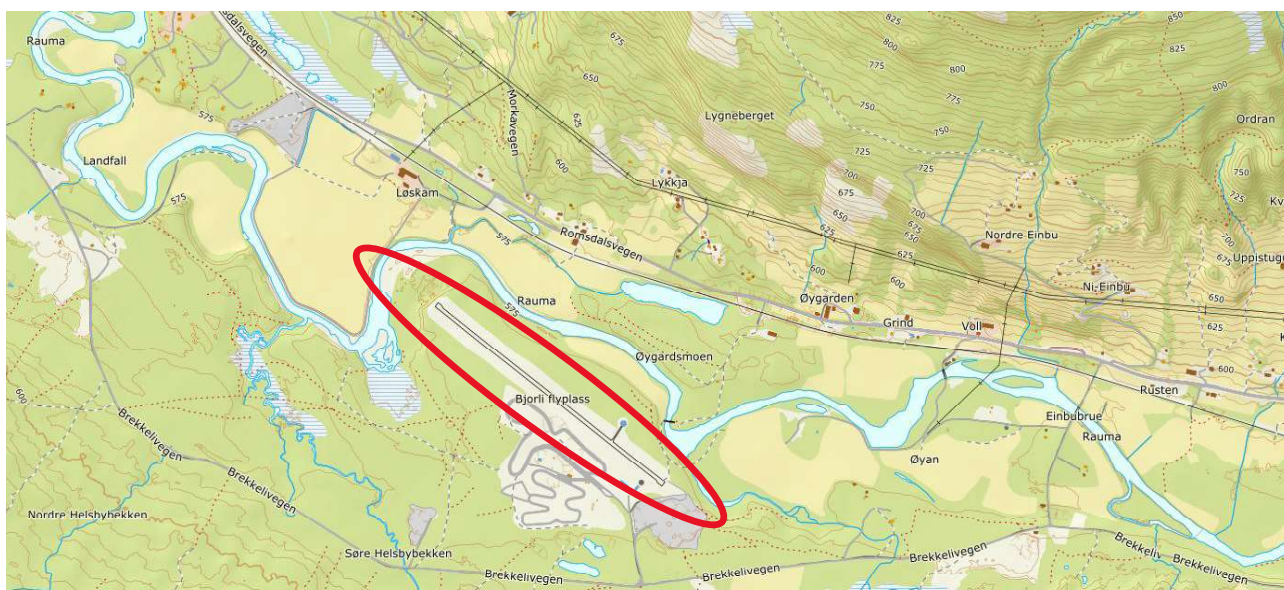
Foreliggende delrapport beskriver metode og resultat fra et feltforsøk utført på Bjorli flyplass i desember 2019 der det ble brukt kost for å fjerne snø. Rapporten er utarbeidet av SINTEF som har vært med og gjennomført feltforsøket og dokumentert resultatene. Statens vegvesen ved prosjektleder Katja Skille og Bård Nonstad har vært med ved gjennomføring av feltforsøket og kommet med innspill til rapporten.

1.2 Mål med rapporten

Målet med denne rapporten er å presentere resultatet fra feltforsøket på Bjorli i desember 2019 der det ble brukt kost som metode for å fjerne snø. Målet med feltforsøket var å bygge videre på erfaringene fra et lignende feltforsøk utført i 2018 som er nærmere beskrevet i SINTEF-rapport 2019:00653 *Kost som metode i vinterdrift av G/S-veger*. Feltforsøket i 2019 bidro til å samle inn mer data omkring hvordan kost som metode fungerer i vinterdrift av gang- og sykkelveger. Erfaringene kan brukes videre av Statens vegvesen for å stille krav i kontrakter og i forbindelse med opplæring av entreprenører for å sikre et best mulig resultat.

2 Metode

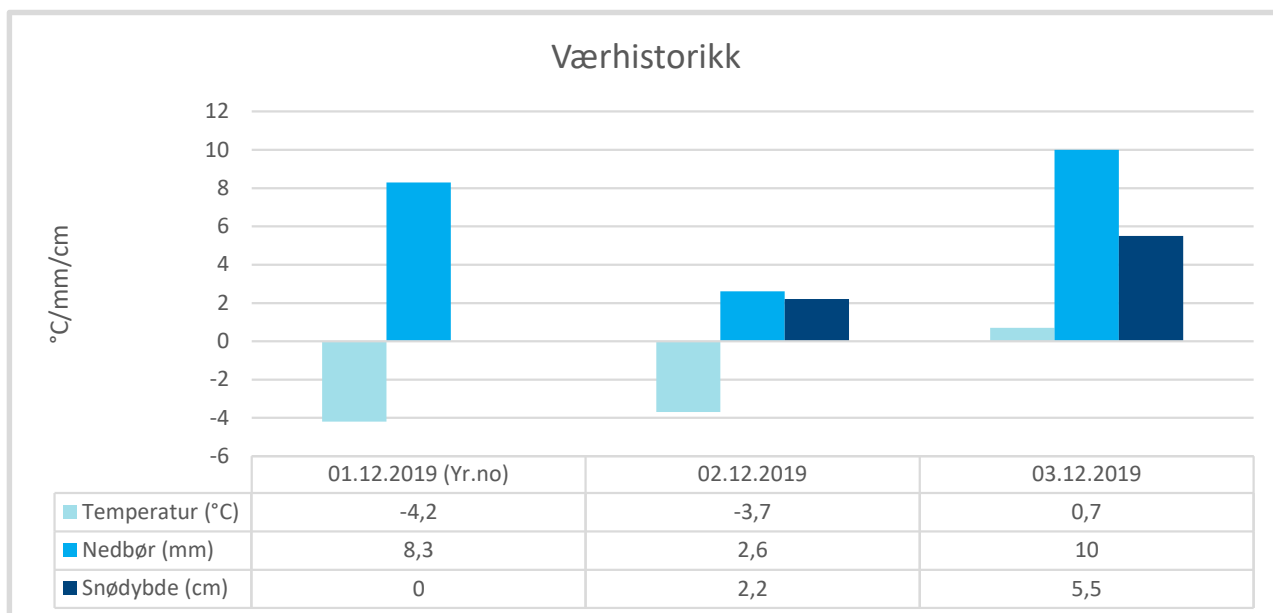
Feltforsøket ble gjennomført 2.- 3. desember 2019 på Bjorli flyplass som disponeres av Statens vegvesen som testsenter i vinterhalvåret. Dette området er lukket for trafikk slik at forsøkene kan gjennomføres under kontrollerte forhold. Figur 1 viser en oversikt av området. Under de to dagene ble det gjennomført fire ulike forsøk med kost som metode for å fjerne snø eller is. I tre av forsøkene var snøen komprimert av fotgjenger og syklister, forskjellen mellom testene var graden av kompresjon, snøtype og kjørehastighet til traktoren. I tillegg ble det gjort et forsøk på å fjerne en tynn issåle på asfalten. Videre følger en nærmere beskrivelse av testforhold, koste- og målemetoder.



Figur 1: Bjorli flyplass/Statens vegvesen sitt vintertestsenter (Kilde Norgeskart.no).

2.1 Værsituasjon

I uken før feltforsøket kom det mye nedbør i form av snø, og det var registret 52 cm snødybde i terrenget på Bjorli (Yr.no Historikk). Derfor ble arealet brøytet i løpet av helgen i forkant slik at forsøkene skulle kunne gjennomføres med nysnø og salt i bunn for å simulere forhold mest mulig lik forholdene som er å finne på veger med barvegstandard.



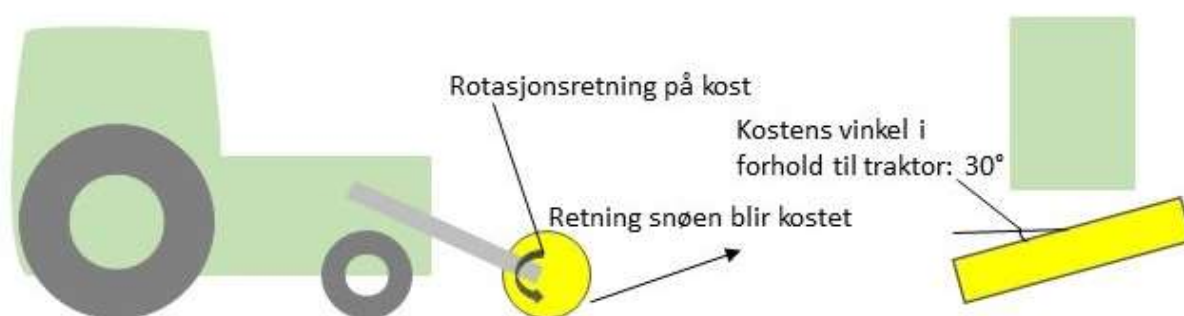
Figur 2: Værdato (Yr.no/Historikk og egne målinger).

Den 2. desember var det opphold mesteparten av dagen slik at forsøkene kunne gjennomføres uten at mengden snø endret seg. Det var rundt $-3,5^{\circ}\text{C}$ hele dagen, noe som gjorde at smeltekapasiteten til saltet ikke endret seg i løpet av dagen på grunn av svingninger i temperaturen. Smeltekapasiteten endret seg kun som følge av at konsentrasjonen ble uttynnet ettersom saltet smeltet snøen.

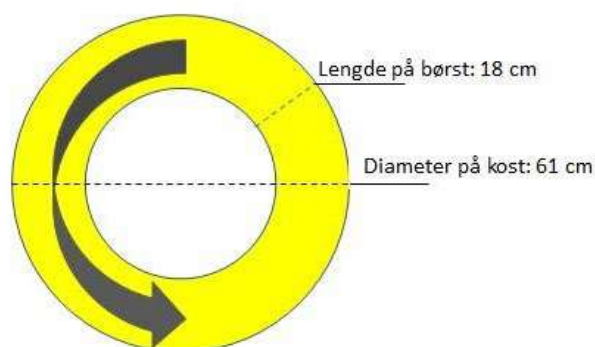
Den 3. desember var det kraftig snøfall fra morgenen av og varmere i luften (-1,7°C kl 10:30) og det var meldt at nedbøren skulle gå over i regn i løpet av dagen. Dette gjorde at snøen hadde endret karakter fra tørr nysnø til bløt, tung snø som var et nytt scenario å gjennomføre forsøkene i.

2.2 Testkost

Det ble brukt samme kost som i testene utført i 2018; Holms Sopvals Light 2,5 fra 2014. Kosten hadde blitt brukt en del i løpet av forrige vinter slik at børsten var litt mer slitt, gjennomsnittlig lengde på børsten var i år 18 cm sammenlignet med 21 cm forrige sesong. Slitasjen skulle imidlertid ha begrenset effekt på resultatet mente sjåføren som utførte/bisto med forsøket. Kosten er utstyrt med to hydrauliske motorer med et slagvolum på 195 cc hver. For den samme kosten finnes det ytterligere en motorkonfigurasjon som er større. Størrelsen på motoren påvirker rotasjonshastigheten på kosten som i sin tur kan påvirke resultatet. Rotasjonshastigheten styres gjennom å justere gjennomstrømmingen av olje fra traktor til kost. Ulike koster har ulike anbefalte rotasjonshastigheter, og to like koster med forskjellige motorkonfigurasjoner kan gi ulike rotasjonshastigheter ved samme oljegyennomstrømming. Dette er det viktig å være bevisst på ved senere forsøk og ved opplæring av entreprenører. I feltforsøket på Bjorli ble det brukt en gjennomstrømningshastighet på 100 l/min som standard, noe som tilsvarer 256 omdreininger i minuttet.



Figur 3: Kostens plassering på traktoren.



Figur 4: Kostens mål og utforming.

Figur 3 viser type kjørekjøretøy og hvordan snøen er kostet. Bredden på kosten er 2,5 meter¹ og det er brukt en vinkel på omtrent 30° for å børste snøen til side slik at snøen ikke akkumulerer seg foran traktoren. Figur 4 viser dimensjonene på kosten slik den var ved feltforsøket i 2019.

2.3 Forsøk og testforhold

Det ble gjennomført fire forsøk fordelt på de to dagene der alle hadde til felles at snøen først hadde blitt komprimert av fotgjengere og syklister.

2.3.1 Forsøk med belastet nysnø

Forsøket med belastet snø hadde som mål å undersøke hvor stor den visuelle forskjellen blir i mengde restsnø på et areal avhengig av antallet myke trafikanter som ferdes der. Bakgrunnen for forsøket var å se om antallet trafikanter har noe å si for resultatet da dette vil være viktig i forhold til kravene knyttet til syklustid.

Arealet som ble brukt var brøytet rent for gammel snø søndag 1. desember, deretter hadde det kommet 22 millimeter med snø fram til de myke trafikantene begynte å trafikkere arealet, se Figur 5. Det hadde ikke blitt saltet i forkant av snøfallet på dette arealet. Arealet ble delt opp i tre områder der hver og et av arealene ble trafikkert og kostet individuelt. Hastigheten på traktoren var 5 km/t og rotasjonshastigheten på kosten 256 omdreininger per minutt.

Tabell 1: Mengde myke trafikanter areal 1-3.

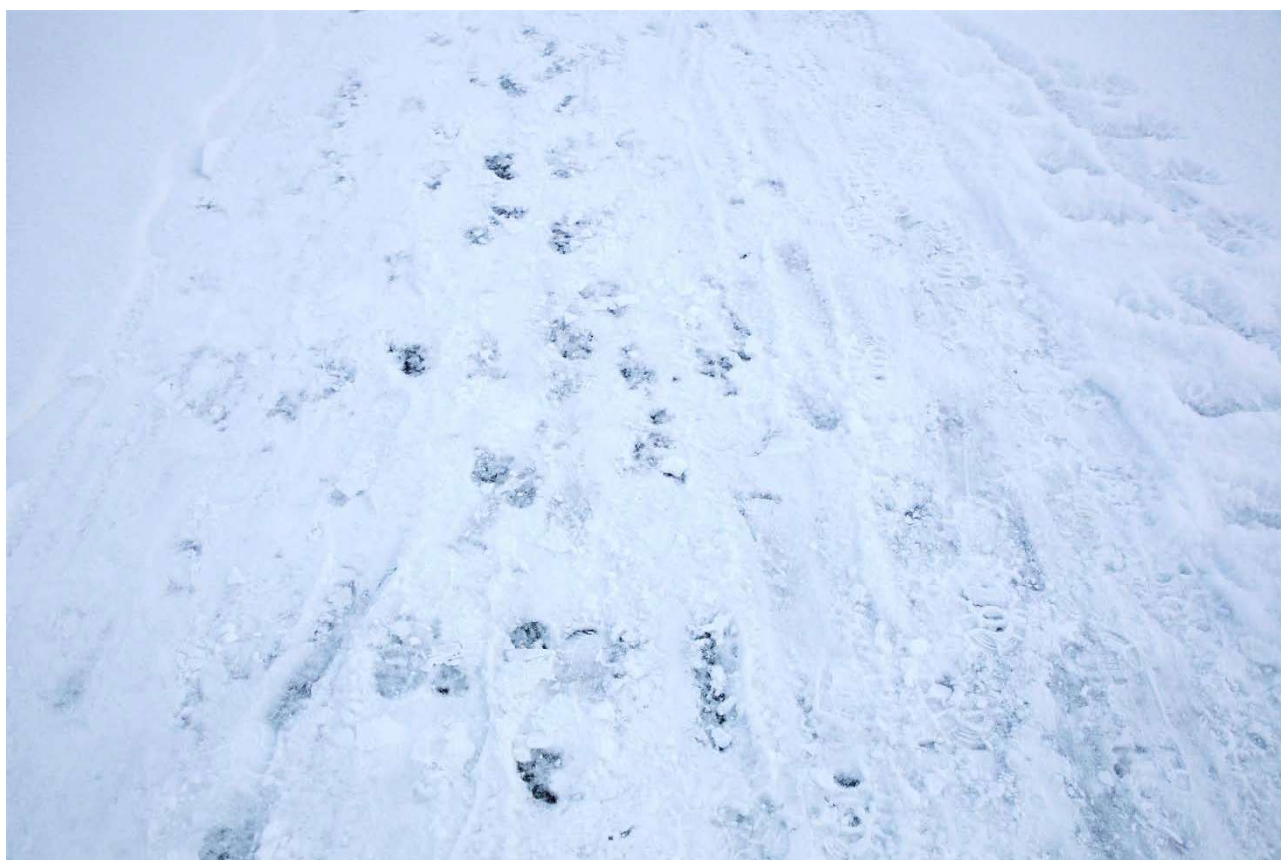
Areal	Totalt antall trafikanter	Gående	Syklende
1	50	30	20
2	100	60	40
3	150	90	60

Tabell 1 viser total trafikkbelastning på hvert område og fordelingen mellom fotgjengere og syklister. Det ble valgt en fordeling på 60 % fotgjengere og 40 % syklister i hvert forsøk. Grunnen til at det er valgt en høyere andel gående er at det er flere som går en sykler i virkeligheten. En person/syklist som ferdes fram og tilbake over området genererte to turer. Personene som gikk og syklet var alle voksne med variert størrelse.

¹ Krav til bredde i håndbok N100 er at alle fortau bør ha en bredde minst 2 meter pluss skulder på 0,5 meter. Gang- og sykkelveg bør være minst 2,5 meter pluss skulder.



Figur 5: Belastning av forsøksområde for ulike trafikkmengde.



Figur 6: Trafikkbelastning 100 trafikanter.

Figur 5 viser belastning av området med ulike trafikkmengde. Sykling og gåing ble gjort om hverandre og rekkefølgen kan derfor varierer mellom teststrekningene. Figur 6 viser hvordan underlaget så ut på den strekningen som hadde blitt trafikkert med totalt 100 trafikanter før kosting. Tilgjengelig bredde å gå på var 2,5 meter, og mesteparten av bredden ble benyttet, men naturlig nok ble det noe mindre trafikk ute i kantene.

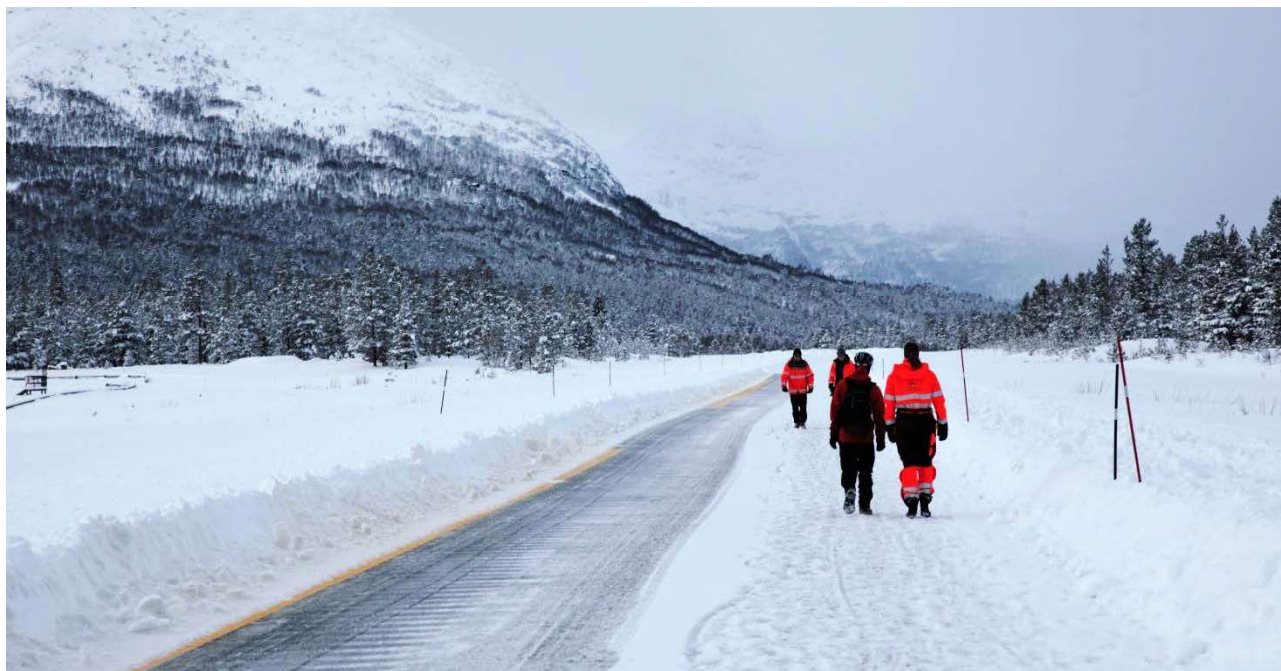
2.3.2 Forsøk med ulike hastigheter

Forsøk 2 og 3 med ulik kjørehastighet på traktoren hadde som mål å fjerne mest mulig med snø mekanisk. Belastning og rotasjonshastighet var lik for begge forsøkene, forskjellen var hastigheten på traktoren, snømengden og snøkvaliteten. Hastighetene som ble testet var 5, 10 og 15 km/t. I 2018 ble hastighetene 5, 10, og 20 km/t testet. Men da det sjeldent er mulig å kjøre med en hastighet på 20 km/t på en gang- og sykkelveg, samtidig som det i tillegg ga et dårligere resultat, ble det besluttet å redusere makshastigheten til 15 km/t. Etter hver hastighet ble mengden restsnø samlet opp på tre stykk 1,5 m² store flater og veid for å kunne sammenligne resultatet mellom ulike hastigheter. Snøen ble samlet opp gjennom kosting og skraping med spade for å få et mest mulig rent areal, se Figur 7.



Figur 7: Metode for å samle opp restsnø.

Den ene snøkvaliteten som ble testet var tørr snø og den andre var bløt snø, begge snøtypene hadde blitt komprimert av til sammen 100 myke trafikanter (60 fotgjengere og 40 syklistere). I forsøk 2 med tørr snø hadde testarealet blitt brøytet og saltet dagen før forsøket. Saltkonsentrasjonen var justert til 40 g/m² med tørr NaCl. Erfaringer tilsier imidlertid at sprederen legger ut noe mindre enn innstilt mengde, med en feilmargin på opptil 10 g/m². På dag to ble forsøk 3 med bløt snø gjennomført uten ny salting. Det var kun restsalt fra søndagen som ikke hadde blitt fjernet ved forsøk 2 med tørr snø dagen i forveien som lå igjen i bunn.



Figur 8: Belastning av testareal (stripen til høyre i bildet med snø) til forsøk 2 (variert hastighet).



Figur 9: Underlag etter 100 trafikanter på område for forsøk 2 (variert hastighet).

Figur 8 og Figur 9 viser området som ble komprimert og hvordan snøen som skulle fjernes så ut etter trafikkbelastningen.

Ved begge forsøkene hadde saltet smeltet en del av snøen og dannet vann som i sin tur en issåle i bunn. Ved forsøk 2 var issålen 3-4 mm tykk, ved forsøk 3 med bløt snø var issålen 5 mm tykk. Figur 10 viser hvordan issålen så ut under snøen.



Figur 10: Issåle i bunn på område for forsøk 2 på dag 1 (mulig årsak til isdanningen er saltuttynning i smeltevannet og endring i temperatur).

2.3.3 Fjerning av issåle

På dag 2 ble et område ryddet for snø og det ble lagt ut tørr NaCl med en konsentrasjon på 25 g/m². Dette var tilstrekkelig for at snøen som falt etter at det ble saltet, smeltet til vann. Når nedbøren så gikk over fra snø til regn ble saltkonsentrasjonen uttynnet i en slik grad at den begynte å fryse til is. Dette gjorde at det dannet seg en ishinne på asfalten som ble brukt til å teste kostens evne til å fjerne is. Hastighet på traktor og rotasjonshastighet på kost var henholdsvis 5 km/t og 256 omdreininger per minutt.

2.4 Snøkarakterisering

Det ble gjennomført en karakterisering av snøtypene som ble brukt i de ulike forsøkene. Karakteriseringen bestod i å se på formen til snøkrystallene, densiteten til snøen, snøtemperaturen og snødybden. Nysnø har hele krystaller og lavere densitet enn gammel snø der krystallene har begynt å bli brutt ned og derfor blir tettere pakket. Snødensiteten ble målt og angitt i kilogram per m³. Temperatur og dybde ble målt med termometer og tommestokk. Resultatene for både dag en og to er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Snøtype dag 1 og dag 2.

Tørr snø dag 1	
Krystaller	Hele krystaller som var upåvirket av både mekanisk (vind/komprimering) og kjemisk (salt) nedbrytning.
Snødybde	22 mm
Snømengde	1,2 kg/m ²
Snødensitet	52 kg/m ³
Snøtemperatur	-4,0 °C
Bløt snø dag 2	
Krystaller	Bløt snø med iskorn de øverste 15 mm, deretter mindre og mindre påvirkete snøkrystaller.
Snødybde	55 mm
Snømengde	9,5 kg/m ²
Snødensitet	173 kg/m ³
Snøtemperatur	-1,3 °C

3 Resultat

Kapittel tre presenterer resultatene fra de fire ulike forsøkene med belastet snø med bilder samt talldata fra forsøk 2 og 3 med restsnømålinger.

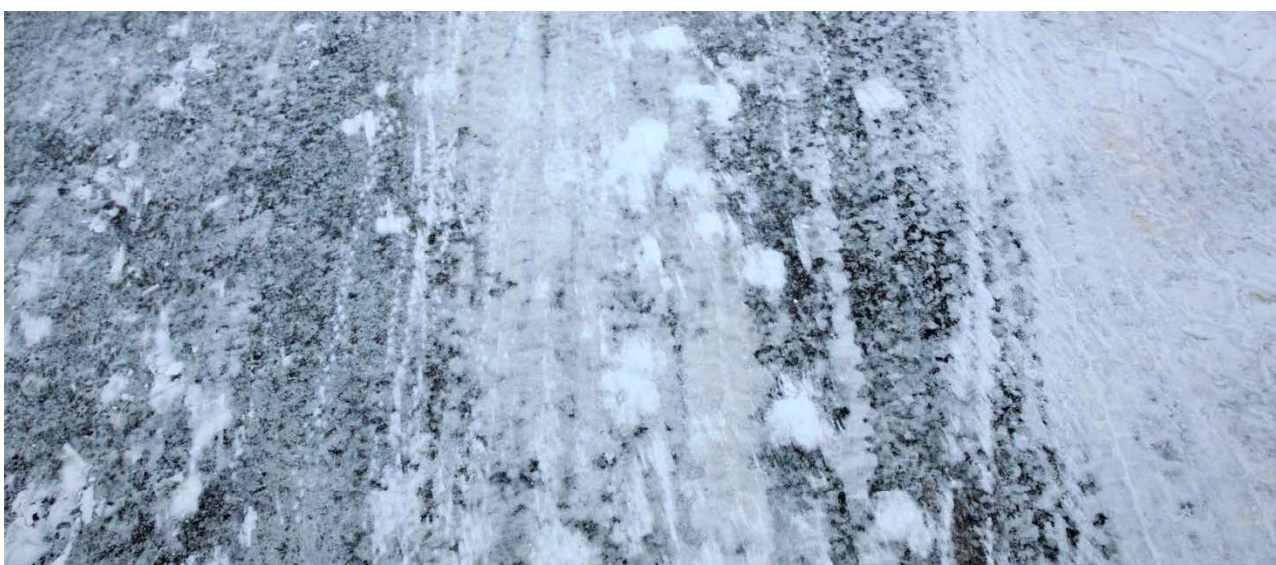
3.1 Forsøk 1: Belastet tørr nysnø

Her ble det ikke samlet opp restsnø. Derfor blir det kun vist bilder for å illustrere de ulike resultatene.



Figur 11: Område uten salt med henholdsvis 100, 150 og 50 passeringer fra høyre til venstre før kosting.

Figur 11 viser en oversikt av alle de tre områdene etter trafikkbelastning, men før kosting. Det var små visuelle forskjeller mellom 50 og 150 passeringer og omtrent all snø hadde blitt komprimert av minst en trafikant. I virkeligheten er det mulig at forskjellen hadde blitt større hvis trafikken hadde vært spredd over en lenger periode da fotgjenger tenderer til å gå i hverandres spor for å unngå dypsnøen.



Figur 12: Etter kosting med belastning 50 trafikanter.

Figur 12 viser resultatet på området som hadde blitt belastet med totalt 50 trafikanter. Kosten klarte her å fjerne mesteparten av snøen, men det er fortsatt tydelige spor både fra syklist og fotgjengere. Hva som gjør at noen fotspor forsvinner og andre ikke er vanskelig å si. Det kan være både hvor mange ganger snøen har blitt komprimert, egenskapene til underlaget eller vekten på personen som komprimerte snøen som har noe å si for resultatet.



Figur 13: Etter kosting med belastning 100 trafikanter.

Figur 13 viser resultatet etter en trafikkbelastning på 100 trafikanter. Resultatet er tilfredsstillende, og mesteparten av snøen har blitt fjernet. Men det visuelle resultatet er noe dårligere enn det første forsøket med lavere andel trafikk.



Figur 14: Etter kosting med belastning 150 trafikanter.

Figur 14 viser resultatet etter en belastning på 150 trafikanter, også her ble det fjernet såpass mye snø at mye av asfalten blir synlig. Resultatet er dårligere enn i begge de første testene med lavere trafikkbelastning.

3.2 Forsøk 2: Variert hastighet, tørr nysnø med salt

I følgende avsnitt vil det bli vist både bilder og resultat av målinger av snømengder før og etter kosting. Forholdet mellom initial snømengde og restsnømengde viser ryddeeffektiviteten til kosten, hvor 100 % betyr at den klarer av å fjerne all snø.

3.2.1 5 km/t

Tabell 3: 5 km/t tørr snø med salt.

Prøve	Vekt med bøtte (g)	Vekt bøtte (g)	Nettovekt restsnø (kg/m ²)	Initial snømengde (kg/ m ²)
1	621	273	0,232	1,16
2	658	273	0,257	1,16
3	683	273	0,273	1,16
Snittvekt			0,254	

Tabell 3 viser resultatene med en kjørehastighet på 5 km/t, tørr snø og salt i bunn. I kolonnene som viser nettovekt snø og initial snømengde er resultatet regnet om til snø per m². Basert på gjennomsnittsverken på de tre prøvene med restsnø hadde kosten en ryddeeffektivitet på nesten 80 %.



Figur 15: Etter kosting ved 5 km/t og 40 g/m² NaCl.

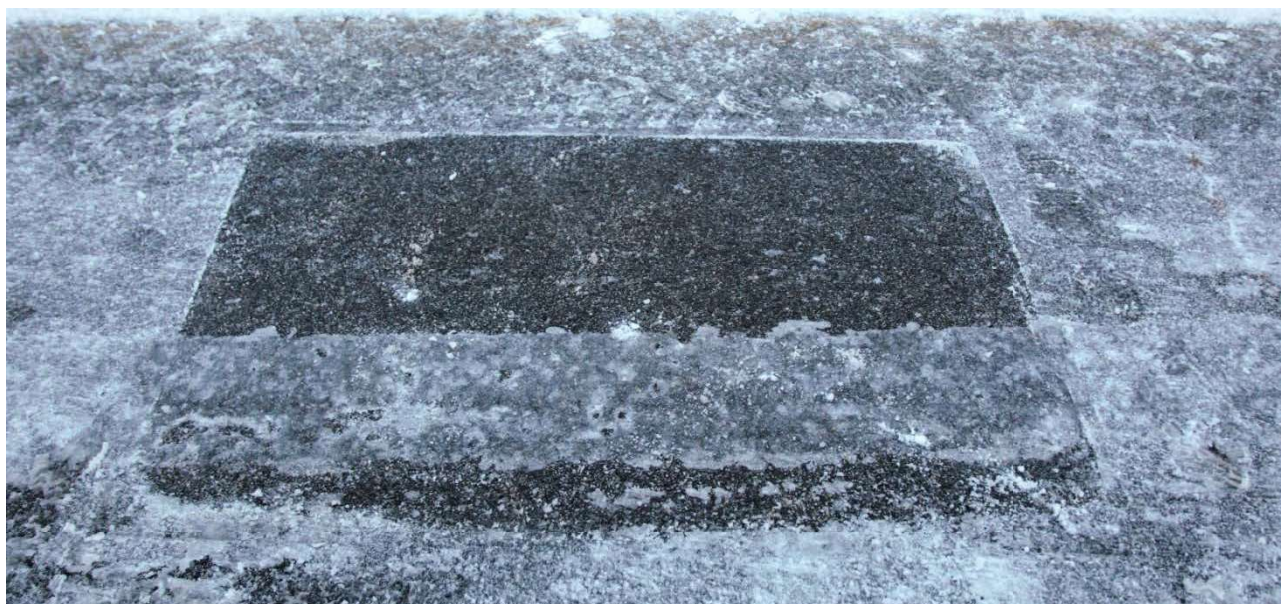
Figur 15 viser resultatet etter at restsnøen vært samlet opp i midten. I utkanten av bildet kan man se hvordan det så ut etter kosting. Snøen som lå igjen, var jevnt fordelt og hadde ikke festet seg til bakken.

3.2.2 10 km/t

Tabell 4: 10 km/t tørr snø med salt.

Prøve	Vekt med bøtte (g)	Vekt bøtte (g)	Nettovekt restsnø (kg/m ²)	Initial snømengde (kg/ m ²)
1	839	273	0,377	1,16
2	839	273	0,377	1,16
3	787	273	0,343	1,16
Snittvekt			0,366	

Tabell 4 viser resultatet når hastigheten på traktoren hadde økt til 10 km/t. Gjennomsnittlig restsnø har økt med 112 g/m² sammenlignet med hastighet 5 km/t. Nå har ryddeeffektiviteten blitt lavere og ligger på rundt 70%.



Figur 16: Etter kosting ved 10 km/t og 40 g/m² NaCl.

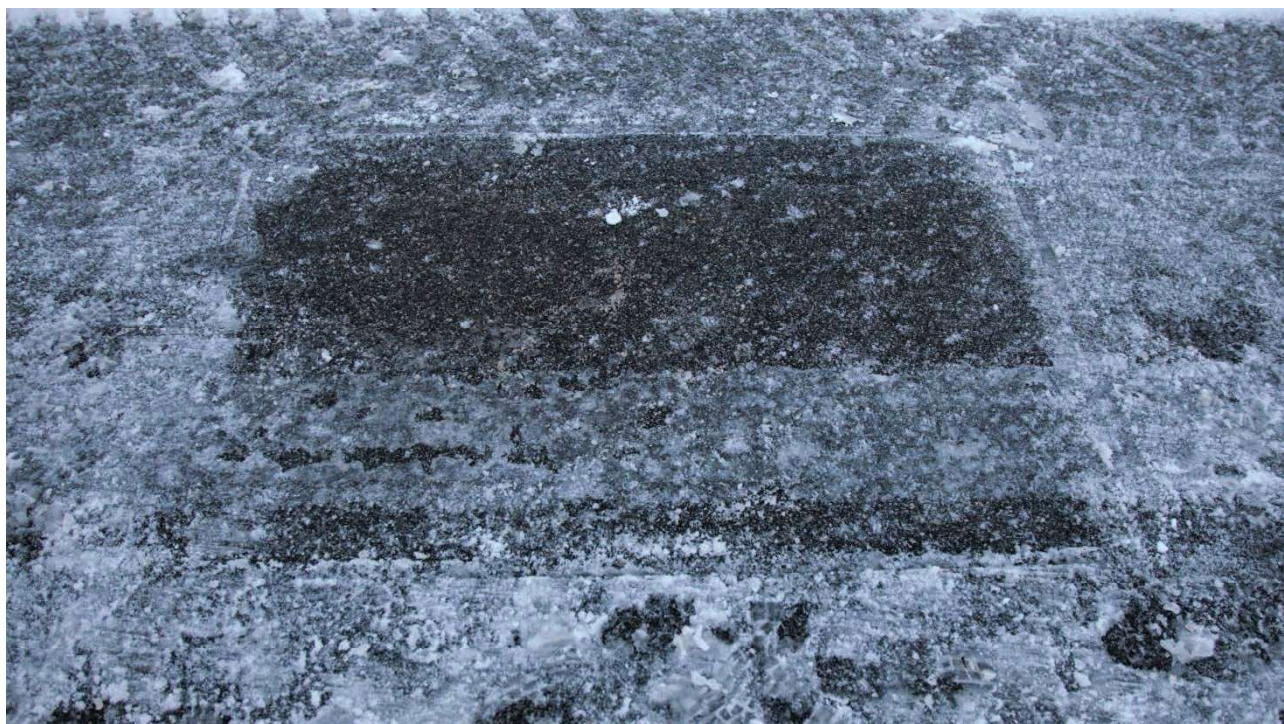
Figur 16 viser før og etter kosting i 10 km/t. De visuelle forskjellene mellom 5 og 10 km/t er små, men det er mulig å se at det er mer snø igjen når hastigheten er 10 km/t. På begge bildene ser man et lager med is fra tidligere aktiviteter på Bjorli. Denne isstripen var imidlertid kraftigere på dette partiet. For å få så sammenlignbare resultat som mulig, ble kun den løse snøen kostet vekk og veid.

3.2.3 15 km/t

Tabell 5: 15 km/t tørr snø med salt.

Prøve	Vekt med bøtte (g)	Vekt bøtte (g)	Nettovekt restsnø (kg/m ²)	Initial snømengde (kg/ m ²)
1	932	275	0,438	1,16
2	925	276	0,433	1,16
3	1102	276	0,551	1,16
Snittvekt			0,474	

Tabell 5 viser resultatet fra tørrsnø med salt i bunnen sammen med den høyeste hastigheten som ble testet. 15 km/t ga det dårligste resultatet. Nå har kosten kun en ryddeeffektivitet på i gjennomsnitt 60 %. Dette tilsvarer en økning i restsnø på 87 % sammenlignet med når hastigheten var 5 km/t. Det er også mulig å se at det er en større variasjon mellom de ulike prøvene, noe som eventuelt kan skyldes at resultatet blir mer variert når hastigheten øker.



Figur 17: Etter kosting ved 15 km/t og 40 g/m² NaCl.

Figur 17 viser det visuelle resultatet etter at traktoren kjørte i 15 km/t. Det er ikke noen synlig forskjell fra forsøket med 10 km/t, men målingene av restsnø viser at det er mer snø igjen her.

3.3 Forsøk 3: Variert hastighet, bløt nysnø med restsalt

Forsøk 3 ble gjennomført med den samme framgangsmåte som forsøk 2, men uten at det hadde blitt lagt ut nytt salt etter at det var kostet i forsøk 2. I tillegg hadde snøen skiftet karakter, og var nå bløtere og hadde en densitet nesten 8 ganger høyere enn dagen før.

3.3.1 5 km/t

Tabell 6: 5 km/t bløt snø med restsalt.

Prøve	Vekt med bøtte (g)	Vekt bøtte (g)	Nettovekt restsnø (kg/m ²)	Initial snømengde kg/ m ²
1	1333	275	705	9,5 kg/m ²
2	1824	275	1033	9,5 kg/m ²
3	1630	275	903	9,5 kg/m ²
Snittvekt			880	

Tabell 6 viser at mengden restsnø har økt sammenlignet med dagen før. Nå er gjennomsnittsvekten nesten dobbelt så høy ved 5 km/t som den var ved 15 km/t dagen før. Mulige årsaker kan være at det er mindre salt

til stede og at densiteten på snøen er høyere som følge av økt temperatur i luften som gjør at snøen har begynt å smelte.



Figur 18: Etter kosting ved 5 km/t med restsalt i bunn.



Figur 19: Høyde (20 mm) på komprimert restsno etter fotgjengere, 5 km/t.

Figur 18 og Figur 19 viser det visuelle resultatet etter kosting. Her er det tydelig at denne snøtypen har resultert i større komprimering av snøen og mer snø som har festet seg til underlaget.

3.3.2 10 km/t

Tabell 7: 10 km/t bløt snø med restsalt.

Prøve	Vekt med bøtte (g)	Vekt bøtte (g)	Nettovekt restsnø (kg/m ²)	Initial snømengde kg/ m ²
1	1806	277	1019	9,5 kg/m ²
2	1952	277	1117	9,5 kg/m ²
3	2129	277	1235	9,5 kg/m ²
Snittvekt			1124	

Tabell 7 viser at den gjennomsnittlige restsnøen øker når hastigheten blir høyere, slik som dagen før i forsøk 2.



Figur 20: Etter kosting ved 10 km/t med restsalt i bunn.

Figur 20 og Figur 21 viser det visuelle resultatet etter kosting ved 10 km/t. Det var noen områder der restsaltet hadde smeltet snø til vann, men hvor saltkonsentrasjonen ble for lav til å holde vannet flytende og det dannet seg en ishinne. Det var fortsatt mulig å se spor av snø som hadde blitt tråkket ned og festet seg til underlaget, men høyden på klumpene var her noe lavere enn når det hadde blitt kostet med en hastighet på 5 km/t.



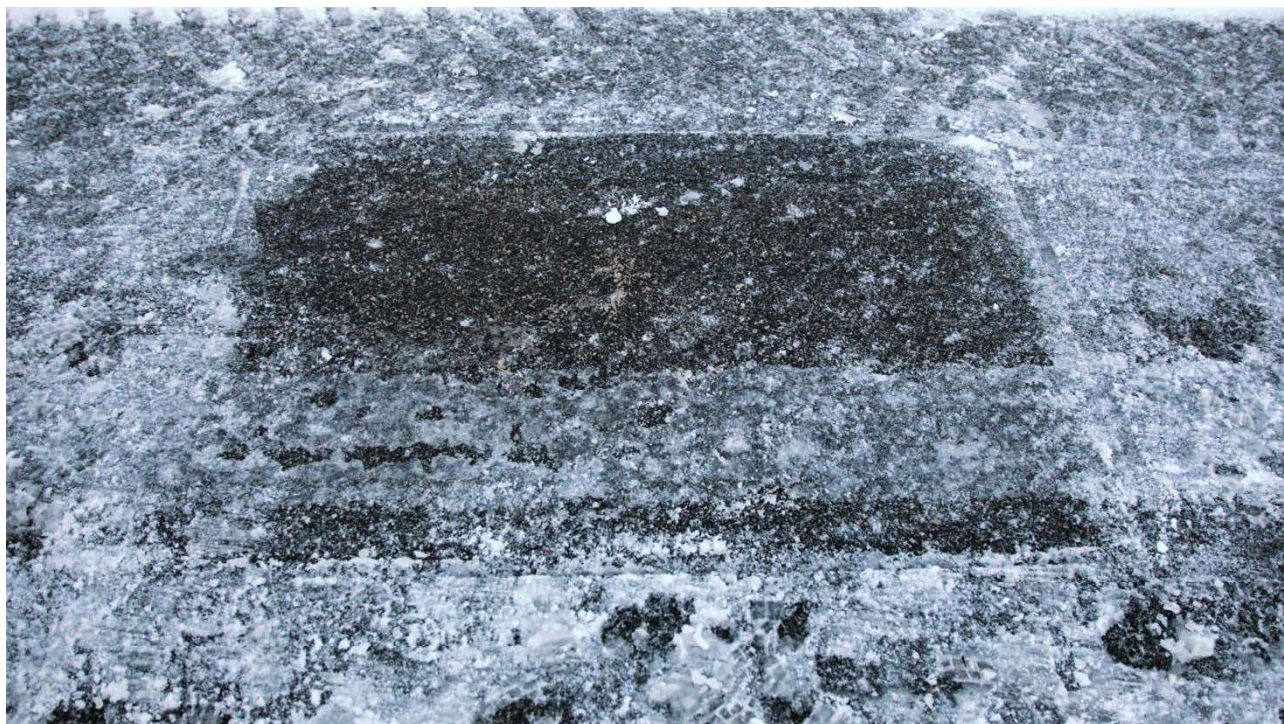
Figur 21: Høyde (15mm) på komprimert restsno etter fotgjengere, 10 km/t.

3.3.3 15 km/t

Tabell 8: 15 km/t bløt snø med restsalt.

Prøve	Vekt med bøtte (g)	Vekt bøtte (g)	Nettovekt restsno (kg/m ²)	Initial snømengde kg/m ²
1	3184	276	1939	9,5 kg/m ²
2	2955	278	1785	9,5 kg/m ²
3	3219	280	1959	9,5 kg/m ²
Snittvekt			1894	

Når hastigheten ble økt til 15 km/t ble resultatet dårligere, med en gjennomsnittlig restsnømengde på $\approx 1,9$ kg/m² som vist i Tabell 8. Figur 22 og Figur 23 viser at de visuelle forskjellene mellom 15 km/t og de to lavere hastighetene var marginale, men at i forhold til vekt hadde mengden restsno økt med 215 %.



Figur 22: Etter kosting ved 15 km/t med restsalt i bunn.



Figur 23: Høyde (20mm) på komprimert restsno etter fotgjengere, 15 km/t.

3.4 Forsøk 4: Fjerning av issåle med salt

På området som ble kostet og saltet dag to når snøen gikk over til regn, ble saltkonsentrasjonen for lav til å unngå dannelse av en is-skorpe på asfalten. Saltet fikk virke i 2,5 timer uten trafikkbelastningen før det ble kostet igjen med mål om å fjerne mest mulig av issålen.



Figur 24: Nærbilde av issåle med saltkorn (rød markering), før kosting.

Figur 24 viser issålen rett før det ble kostet. Saltet som var lagt ut som tørt salt hadde kun lokale virkninger rundt hvert enkelt saltkorn slik som bildet viser. Der klarte saltet å opprettholde bar veg, men i hovedsak ble mesteparten av vegbanen dekket av is. Samtidig viser bildet at isen er annerledes nærmest saltkornet. Her er isen lysere, noe som sannsynligvis skyldes at isen i tillegg inneholder luft eller væske som i dette tilfellet kan være saltløsning. Ulike typer kjemikalier som brukes i vinterdrift har en dokumentert effekt i forhold til å svekke bindingene i snø og is (Wåhlin et al 2015).

Figur 25 viser et oversiktsbilde av issålen etter kostingen. Det er små forskjeller mellom før og etter kosting, og mesteparten av vegbanen er fortsatt dekket av is og oppleves som glatt å gå på. I Figur 26 er det imidlertid mulig å se at det er en forskjell mellom før og etter. Kosten har klart å fjerne noe av isen som sannsynligvis har vært i områdene rundt saltkornene og derfor var svekket av saltet.



Figur 25: Oversiktsbilde av issåle etter kosting.



Figur 26: Nærbilde av issåle etter kosting.

4 Diskusjon

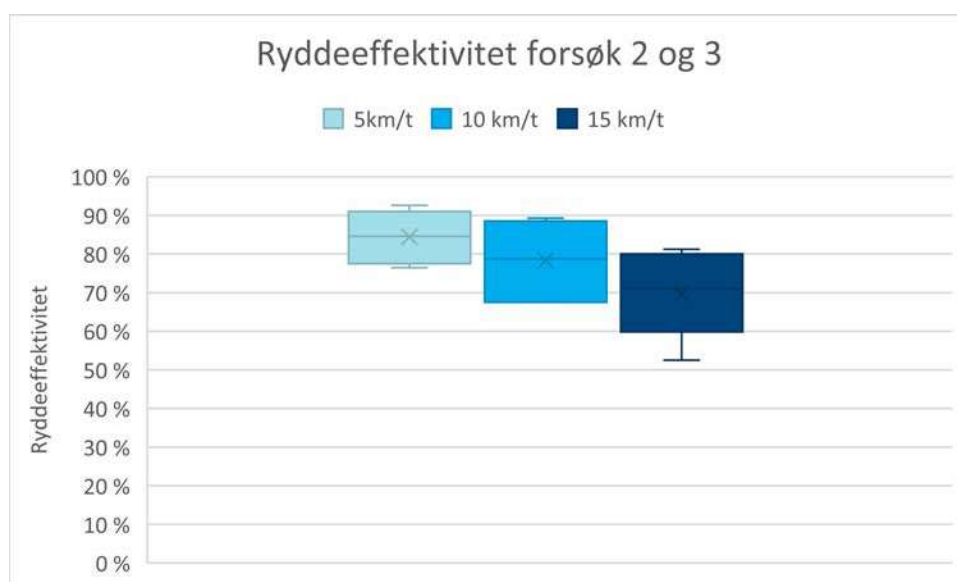
Kapittel 4 vil presentere resultatene fra de ulike forsøkene sett i lys av hverandre og drøfte hvilke konklusjoner som er mulige dra av dette. I tillegg vil det i avsnitt 4.5 bli gjort analyser der dataserier fra forsøket på Bjorli i 2018 er inkludert, for å se om konklusjonen blir den samme når flere snøtyper inkluderes.

4.1 Belastningstest

Belastningstesten som ble utført med henholdsvis 50, 100 og 150 passeringer med en fordeling 60% fotgjengere og 40 % syklister viste små visuelle forskjeller. I virkeligheten vil antallet passeringer være avhengig av hvor intensiv trafikken er på strekningen og syklustiden for kosting og salting. Resultatet viser at antallet passeringer uansett ikke er kritisk i forhold til det resultatet man ønsker å oppnå når tiltak blir gjennomført. Snøen vil uansett være en ulempe for de som trafikkerer strekningen i mellomtiden og bør derfor fjernes raskest mulig.

4.2 Ryddeeffektivitet

Ryddeffektivitet er et godt mål for å si noen om hvor mye snø som faktisk blir fjernet. Mengden fjernet snø i forhold til initialmengden blir vist i Figur 27 til Figur 29.



Figur 27: Ryddeeffektivitet forsøk 2 og 3 (desember 2019).

Figur 27 viser det samlede resultatet fra forsøk 2 og 3. Her framgår det tydelig at ryddeeffektiviteten blir dårligere når hastigheten øker. Det blir også en større variasjon i resultatene når hastigheten går opp. Men ved alle hastigheter blir mesteparten av snøen fjernet, samtidig som det ikke er noen hastighet som klarer å fjerne all snø når den har blitt komprimert på forhånd.

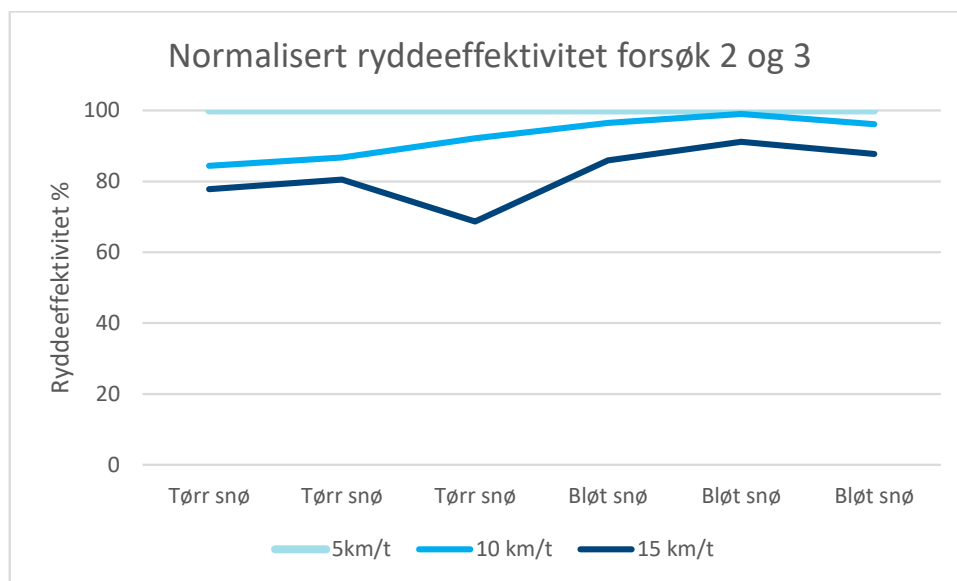
Figur 28 og Figur 29 viser resultatet fra respektive forsøk med restsnømålinger med samtlige observasjoner fra hver hastighet. En interessant iaktakelse er at ryddeeffektiviteten er bedre i forsøk 3 der det var mindre salt til stede og en høyere initialmengde med snø som også hadde en høyere densitet. Forventet hadde vært det motsatte, at mer salt til stede og mindre snø som kosten må jobbe med til enhver tid hadde gitt et bedre resultat. Det er imidlertid viktig å huske på at sett i forhold til mengde restsnø i gram, var det mindre snø til stede etter kosting i forsøk 2, og det er også et svært begrenset datagrunnlag som det er vanskelig å trekke noen konklusjoner ut ifra. Dette er avgjørende både for mengden salt som må tilsettes for å smelte og hindre tilfrysing av restsnøen og den opplevde komforten.



Figur 28: Ryddeeffektivitet forsøk 2 (desember 2019).



Figur 29: Ryddeeffektivitet forsøk 3 (desember 2019).



Figur 30: Normalisert ryddeeffektivitet forsøk 2 og 3.

Figur 30 viser normalisert ryddeeffektivitet der resultatet ved 5 km/t er satt til 100 % ryddeeffektivitet og de andre resultatene blir sammenlignet opp mot dette. Også her ser det ut som at forsøk 3 med mindre salt og en større initialmengde med snø gir et bedre resultat i forhold til mindre variasjoner i resultatet. Men sett i forhold til mengde restsno er det fortsatt viktig å huske at resultatet er dårligere.

4.3 Saltforbruk basert på restsno målinger

Et mål i vinterdriften er å redusere mengden salt som brukes, både på grunn av kostnader og negative effekter på miljø og materialer. Derfor er det interessant å se på hva de ulike mengdene med restsno har å si for mengden salt som må til for å skape bar veg. Saltmengdene i Tabell 9 er teoretisk beregnet basert på resultat og metode presentert i Nilssen et al (2017). Oppgitt behov er nødvendigvis ikke helt korrekte i forhold til faktisk forbruk i virkeligheten, siden saltet der får mekanisk hjelp til å blande seg samt at en del salt vil ende opp utenfor kjørebanelen.

Tabell 9: Saltbehov per m² for å smelte restsno (Nilssen et al 2017).

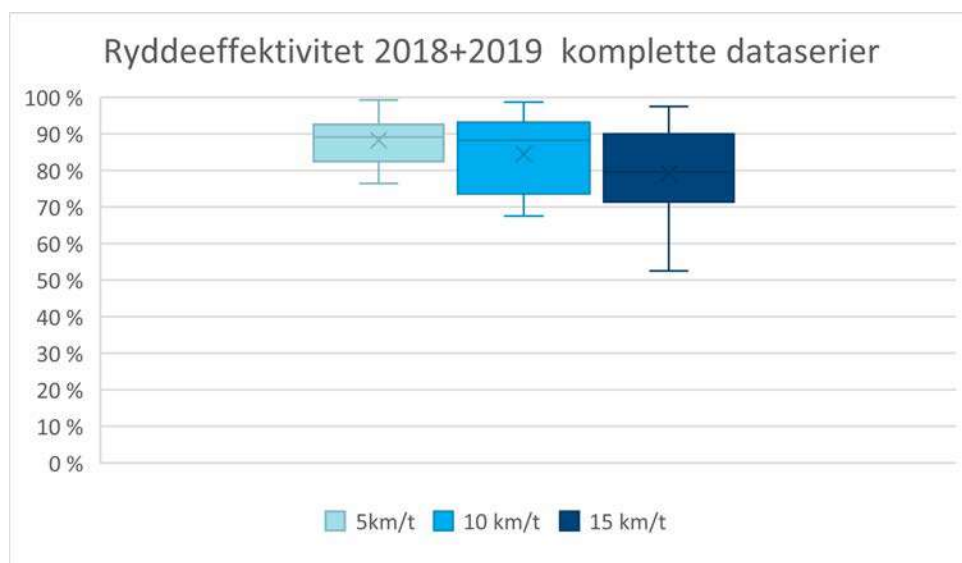
Forsøk/km/t	Gjennomsnittlig restsno (g)	NaCl g/m ² (temp-5 °C)	NaCl g/m ² (temp-10 °C)
2 5 km/t	254	21,7	41,5
2 10 km/t	366	31,2	59,8
2 15 km/t	474	40,4	77,4
3 5 km/t	880	75,1	143,9
3 10 km/t	1124	95,9	183,6
3 15 km/t	1894	161,7	309,6

Tabell 9 viser at det er stor variasjon i mengden salt som skal til for å smelte den resterende mengden med snø. Sett i sammenheng med saltinstruksen er det kun restsnomengdene fra forsøk 2 i kombinasjon med en temperatur over -5°C som kan smeltes innenfor anbefalt dosering i saltinstruksen fra Statens vegvesen, hvor maksimal dosering er 40 g/m². I forsøk 3 er det mer snø som har festet seg til overflaten og høyere restsno verdier. På grunn av ulik initialmengde med snø hadde resultatet sannsynligvis vist økte verdier her uansett, men preventiv salting hadde sannsynligvis bidratt til å redusere mengden restsno og det totale saltforbruket.

4.4 Fjerning av issåle med kost

Forsøket med å fjerne en issåle med kost viste at denne kosten ikke er hensiktsmessig til dette formålet. Kosten klarte å fjerne noe av issålen, men mesteparten av isen var fortsatt igjen og skapte vanskelige forhold for myke trafikanter. Slike forhold som ble testet i feltforsøket utført i desember 2019 er mest sannsynlige å finne på morgenen etter at det ikke vært ryddet snø i løpet av natten og det har vært lite trafikk på arealet. Hvis det er mistanke om at det har dannet seg en issåle bør det derfor brøytes med perforert skjær først for å svekke ishinnen.

4.5 Sammenligning med resultat fra 2018



Figur 31: Ryddeeffektivitet ved ulike hastigheter inklusive fulle dataserier fra 2018.

Figur 31 der hvor data fra forsøket i 2018 også har blitt inkludert, følger den samme trenden som forsøk 2 og 3 viser. Økt hastighet gir et dårligere resultat både i forhold til spredning i resultatene og gjennomsnittlig ryddeeffektivitet.

5 Konklusjon

Målet med feltforsøket var å øke kunnskapsgrunnlaget om kost som metode i vinterdrift. Ved forsøket i 2018 ble det ikke benyttet myke trafikanter til å trafikkere områdene som ble kostet, noe som sannsynligvis påvirket resultatet. Derfor ble det i 2019 brukt både fotgjengere og syklistere i kombinasjon med salt under snødekket for å se hvilken effekt dette har på resultatet. De ulike forsøkene bidro til å belyse effektene av ulike mengder med myke trafikanter, traktorens kjørehastighet og kostens² evne til å fjerne is.

Resultatet viste at antallet trafikanter hadde lite å si for hvor godt kosten klarte å fjerne snøtypen som ble testet her. Dermed vil ulike syklustider sannsynligvis ha lite å si for resultatet etter tiltak i forhold til mekanisk påvirkning av snøen. Derimot vil lenger syklustid fortsatt bety at flere trafikanter opplever dårligere forhold mellom tiltakene og at saltet som er til stede risikere å bli så pass uttynnet at det mister effekten.

Traktorens hastighet ble testet i 5, 10 og 15 km/t, men med konstant rotasjonshastighet på kosten. Resultatet viste at kvaliteten i kostingen blir dårligere når hastigheten øker. Det blir både mer restsnø og større variasjon mellom prøvene i hvert hastighetsintervall når hastigheter øker. Denne trenden var ikke like tydelig ved forsøket i 2018, men når dataseriene blir analysert sammen følger resultatet den samme trenden med redusert kvalitet ved økt hastighet. Derfor er det to grunner til å anbefale en lav hastighet, 1) bedre kvalitet etter gjennomført tiltak og 2) økt sikkerhet for myke trafikanter.

Forsøket med å bruke kost til å fjerne en issåle viste tydelig at under slike forhold er ikke kostens egenskaper egnet. Når det har blitt is må det brukes utstyr som svekker isens kontakt med underlag i forkant for å klare av å fjerne mest mulig med is med kosten.

Vegen videre

Forsøket har gitt verdifull informasjon om kost som metode samtidig som det har vist at det finnes noen utfordringer. Forslag til framtidens studier er å:

- 1) prøve ut flere typer av koster for å se hva det har å si for resultatet.
- 2) involvere brukerperspektivet og se hva brukere synes om de ulike resultatene.

6 Litteratur

Karlsson, H (2019). Kost som metode i vinterdrift av G/S-veger. SINTEF-rapport 2019:00653.

Nilssen, K., Klein-Paste, A., Wählin, J., & Delapaz, M. A. (2017). Use of Calorimetry to Measure IceMelting Capacity. *Transportation Research Record*, 2613(1), 1–7. <https://doi.org/10.3141/2613-01>

Wählin, J. & Klein-Paste, A. (2015) The effect of common de-icing chemicals on the hardness of compacted snow, *Cold Regions Science and Technology* 109, 28–32.

² Som beskrevet i metodekapittelet var kosten mer slitt i dette forsøket sammenlignet med forrige år. Det skal imidlertid ikke ha noen særlig innvirkning på resultatet oppga sjåføren.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no