

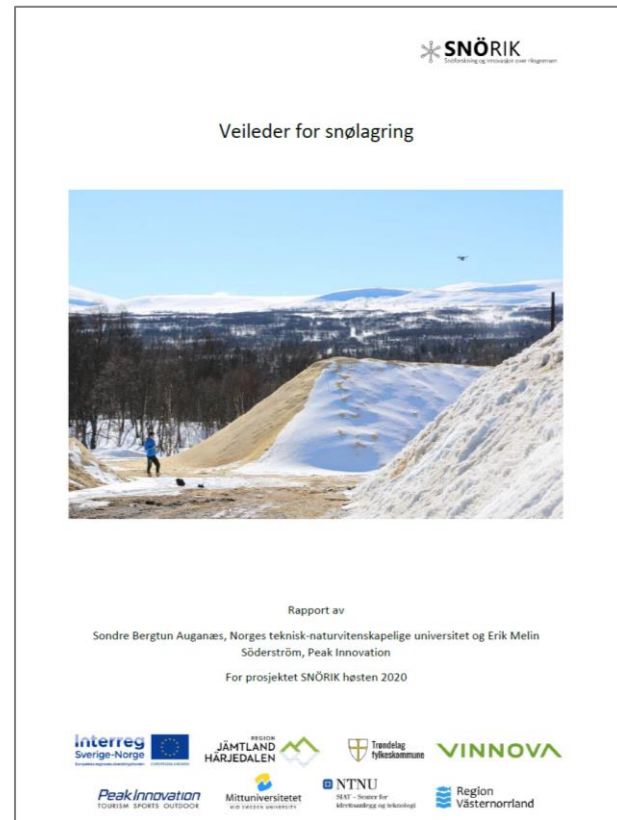


# Snølagring – nyeste forskning

Sondre Auganæs,  
Stipendiat - Senter for idrettsanlegg og teknologi

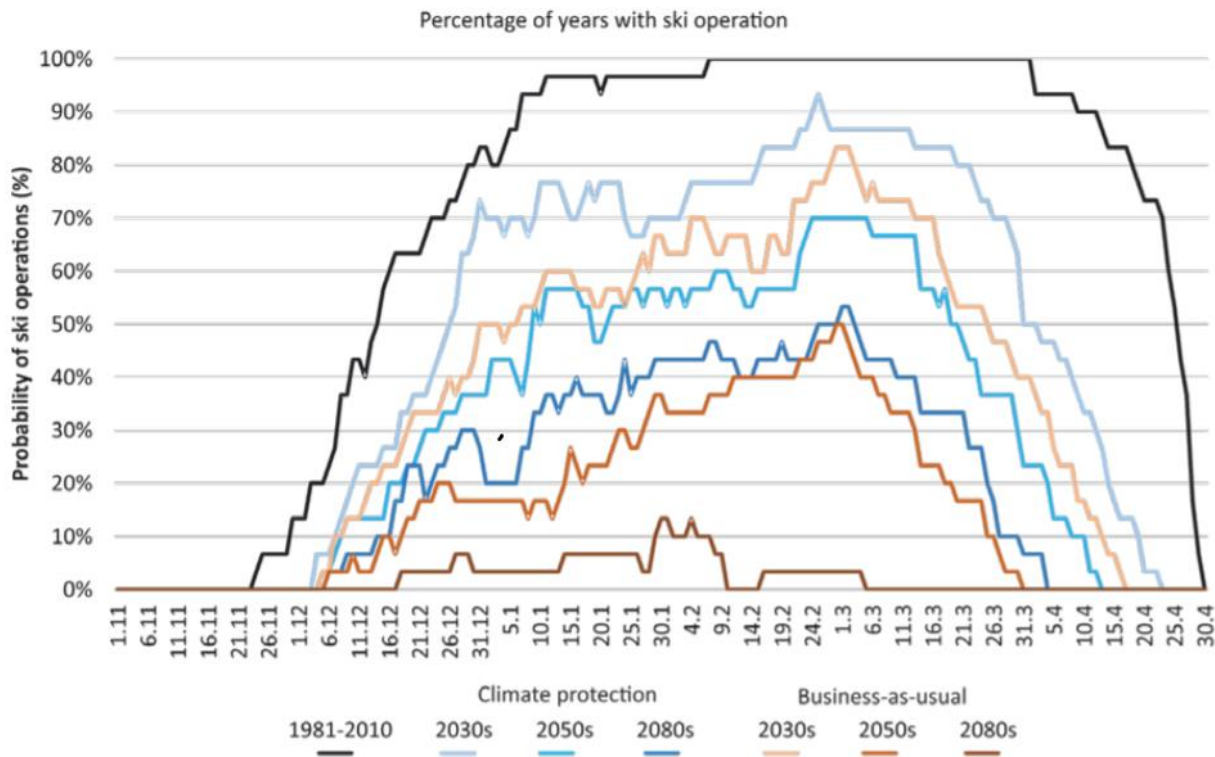
# Innhold

- Prosessen – Fra planlegging til løype
- Faktorer som påvirker volumreduksjon
- Kostnader – Duk vs. Flis
- Design av fremtidige anlegg for snølagring



<https://www.godeidrettsanlegg.no/veileder/veileder-snolagring>

# Sannsynlighet for skiføre i fremtiden



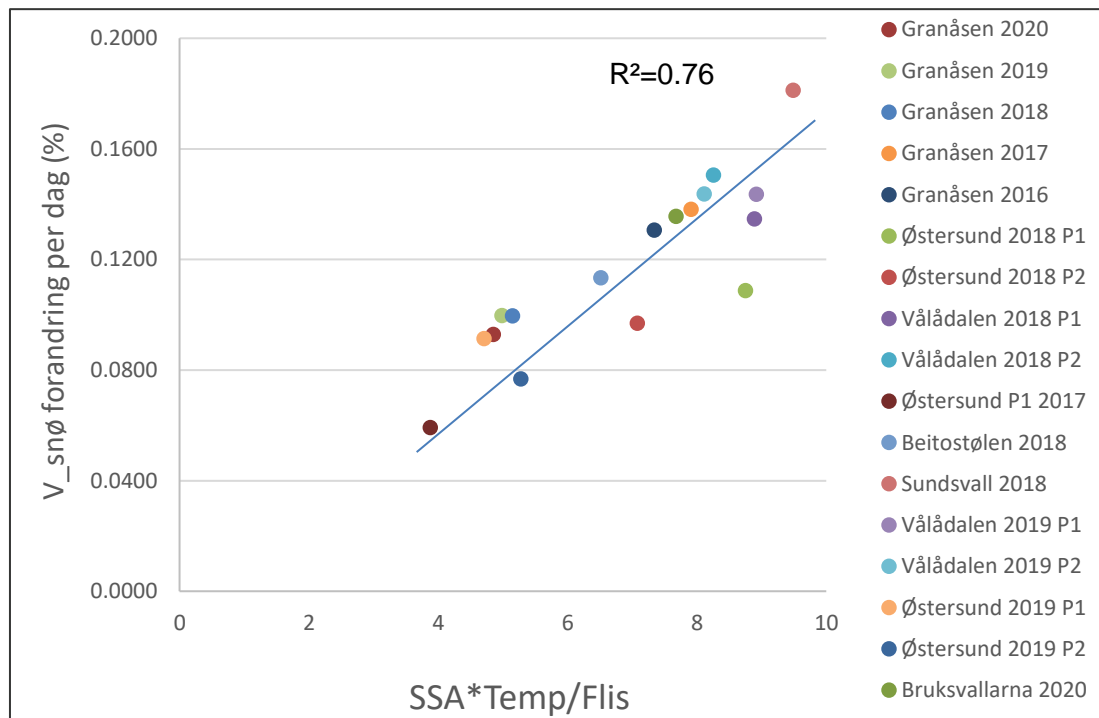
(Gildestad et al., 2017).

# Muligheter for å oppnå skispor

	Natursnø	Snøproduksjon	Snølager	Snøfabrikk
Sannsynlighet for skiforhold i desember (%)	10	Ca. 50	100	100
Snøsikkerhet	Lav	Middels	Høy	Høy
Kostnad for 3-5 km ferdigpreparert langrenns spor, 15 000 m <sup>3</sup> snø (NOK)	0	200 000	830 000	1 175 833
Innkjøpskostnad (NOK)	0	Ca. 350 000 og oppover	500 000	6 500 000
Tid å opprette spor tidlig i sesong, 15 000 m <sup>3</sup>	-	10 dager (med 2 kanoner i -5°C)	7–14 dager	45 dager (ved +15 °C)
Snøkvalitet	Bra	Best	Middels	Dårlig

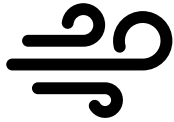
# Faktorer som påvirker volumreduksjon

1. Temperatur
2. Sol og skygge
3. Vind
4. Formen på snølageret
5. Totalt volum
6. Isoleringsmateriale
7. Antall dager med lagring
8. Tettheten på snøen

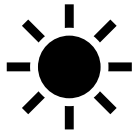




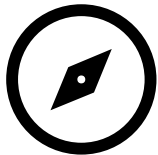
1 grad høyere gjennom lagringsperioden = 1–2 % mer volumtap ved 40 cm flistykkelse



Grünewald et al. (2017) viste at en tredobling av vindstyrke fra 1 m/s til 3 m/s ga en økt smelting på 2,1%



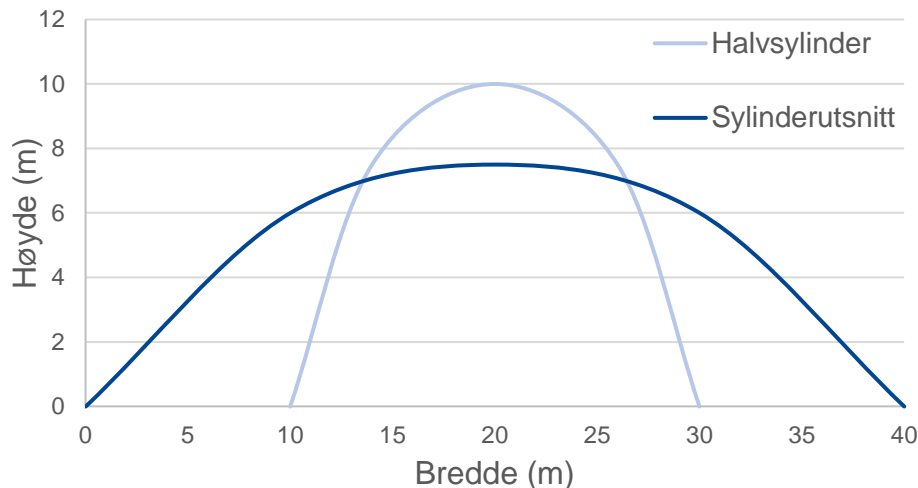
Ved bruk av flis har vi ikke sett forskjell på smeltingen ved nord og sør. Tyder på liten solpåvirkning



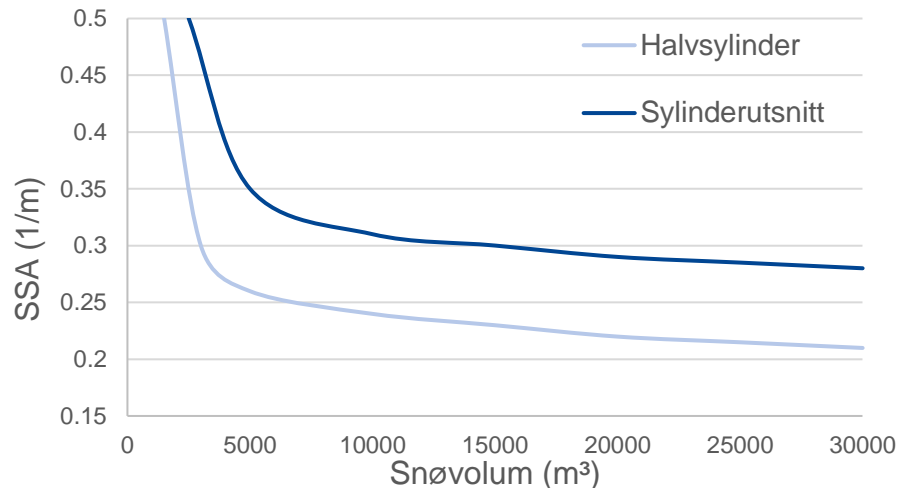
Ved bruk av 3 år gammel duk så vi en forskjell på 4% på siden som vendte mot sør sammenlignet med nord

# Formen på lageret og totalt volum

- Lavt overflateareal mot volum (SSA) er gunstig
- Generelt råd er å lage haugen relativt høy med bratte kanter



- Et større volum gir lavere SSA og dermed mindre volumtap
- Et snøvolum under 4000 m<sup>3</sup> gir generelt mye tap





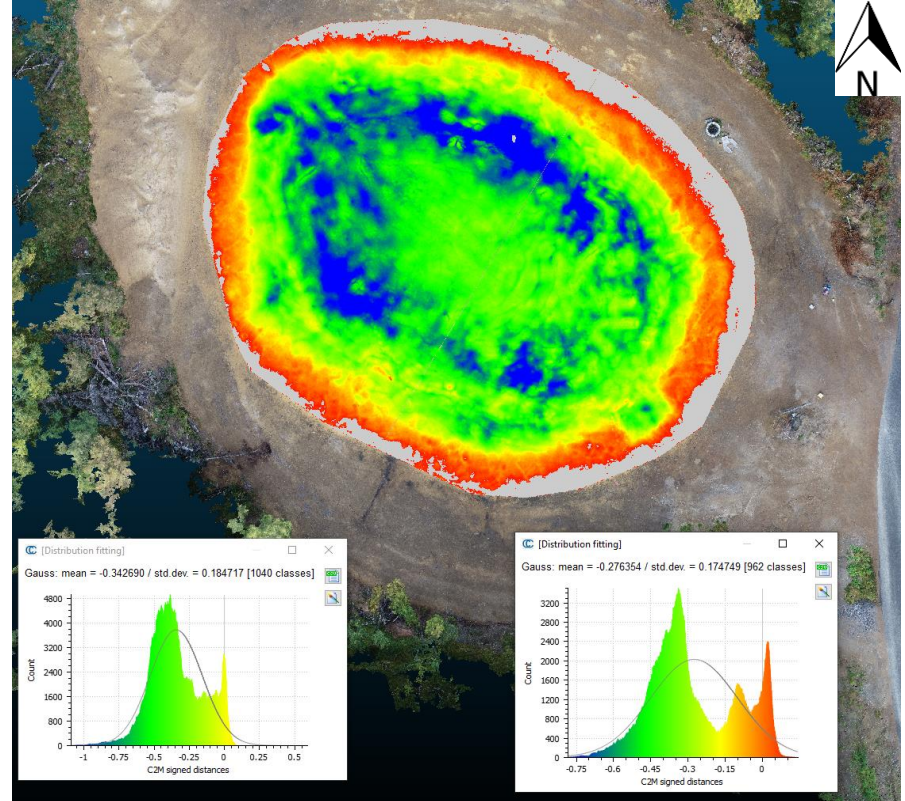
# Isoleringsmateriale

- Mest brukt er kutterflis, grov sagflis og bark (10–25 % volumreduksjon)
  - Anbefalt tykkelse på 40 cm
- Geotekstil – Geosyntia Cover ice 500
  1. Et lag 60–70 %
  2. To lag 40–50 %
  3. Tre lag (2 coverice + wadding) 30 %

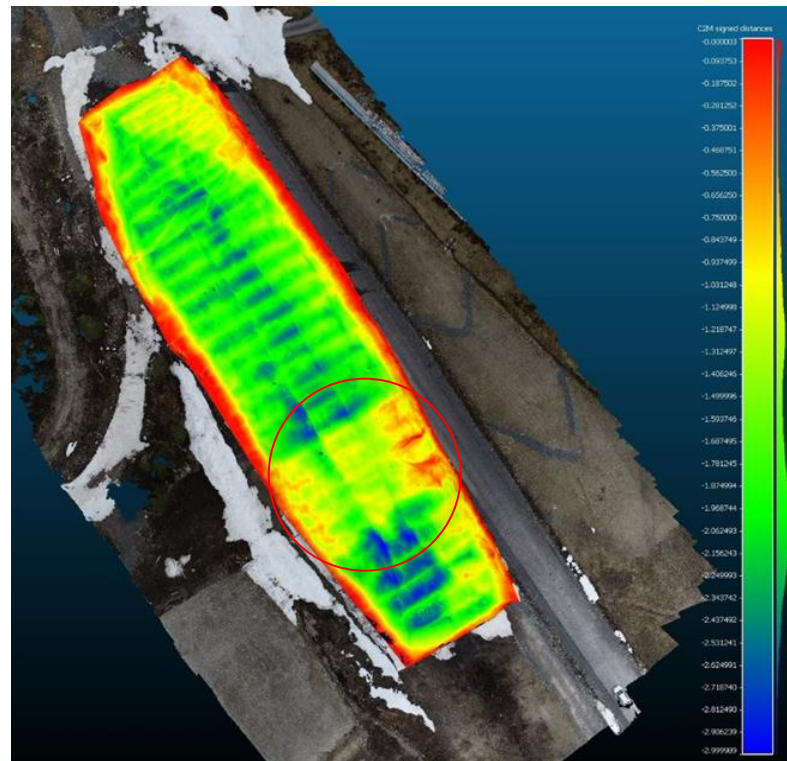
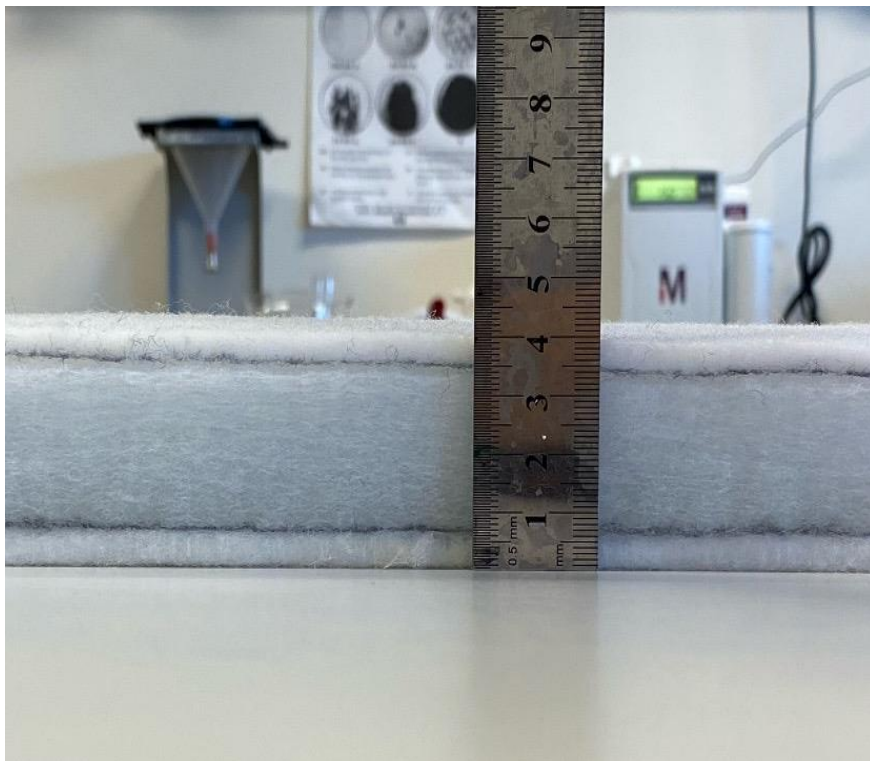




# Isoleringsmateriale – alder



# Tester med geotekstil og wadding i Idre



# Tetthet på snøen

- 450-600 kg/m<sup>3</sup> ved tildekking om våren
- 550-700 kg/m<sup>3</sup> ved utlegging om høsten
- 5-10% av volumtapet kommer fra økning i tetthet
- Trolig mer ved bruk av geotekstil



# Analysemodell for snølager

## Amount of snow calculation

Inputs	Fill in below	Unit
Course length	7000	m
Width	6	m
Depth	0,5	m
Stadium area, length	0	m
Stadium area, width	0	m
(Extra safety?)	20%	
<b>Amount of snow, end (m³)</b>	<b>25 200</b>	<b>m³</b>

Inputs	Fill in below	Unit
Amount of snow, end	25 200	m³
Days of snow storage	150	days
Temperature in storage periode	10	C°
Number of layers of fabric	2	layers
Thickness of sawdust	0,4	meter
Shape of the snow pile	Cylinder section	
Use of covermaterial sawdust	5	year
Use of covermaterial fabric	5	year
Loss of sawdust every year	15	%
Duk Coverice 500	22,5	NOK/m²
Price sawdust	129	NOK/ m³
Price Velcro borrelås	22,5	NOK/lm
Price CI sandsekk	34	NOK/stk
Number of snow cannons	2	
Number of snow lances	0	
Humidity	80	%
Air temperature	-10	C°
Density of snow produced	450	kg/m³
Hourly wage workers	250	NOK/t
Number of workers	1	
How much of the work day does they spend on sno production?	50	%
Electricity price	1,15	NOK/kWh
Facility type	Cross country	

## Calculations

Snowstorage	Sawdust	Fabric	Unit
Surface area / Volum	0,279	0,253	1/m
Percent loss per day	0,11763	0,335	%/dag
Loss per day	29,642	135,341	m³/dag
<b>Amount of snow, start</b>	<b>30 454,7</b>	<b>49 192,3</b>	<b>m³</b>
Std. deviation, percent loss per day	0,017811	0,0878	%/dag
Std.deviation volum per day	5,424	43,191	m³/dag
Std.deviation total volum	813,643	6 478,628	m³

## Snow production

Wet bulb temperatur	-11,27	-11,27	C°
Capacity snow cannon	58,39	58,39	m³/t
Capacity snow lance	40,19	40,19	m³/t
Time for snow production	260,78	421,23	timer
Energy consumption	1,51	1,51	kWh/m³

## Covering

<b>Surface area</b>	<b>8 165,5</b>	<b>11 931,7</b>	<b>m²</b>
Amount of sawdust	3 266,2		m³
Size of the fabric		23 863,5	m²
Amount of fabrics		79,5	stk
Velcro		3 977,2	m
Total price cover material	421 340,5	536 928,4	NOK

## Costs snow storage

Snow production	Sawdust	Fabric	Unit
Power costs	53 041	85 675	NOK
Labor costs	32 598	52 654	NOK
Depreciation snowmaking equipment	0	0	NOK
<b>Sum snow production</b>	<b>85 638</b>	<b>138 329</b>	<b>NOK</b>

## Shaping

Shaping costs	2,46	2,46	NOK/m³
Work	74 918,5	121 013,1	NOK
<b>Sum shaping</b>	<b>74 918,5</b>	<b>121 013,1</b>	<b>NOK</b>

## Covering

Covering costs	5,7	2,9	NOK/m³
Work on covering	172 373,5	142 165,8	NOK
Depreciation cover material	71 627,9	107 385,7	NOK
Purchase of lost sawdust every year	63 201,1		NOK
Velcro		89 488,1	NOK
Sandbags		8 113,58	NOK
<b>Sum covering</b>	<b>307 202,5</b>	<b>347 153,1</b>	<b>NOK</b>

## Uncovering

Uncovering costs	5,26	3,69	NOK/m³
Work on uncovering	132 552	92 988,0	NOK
<b>Sum uncovering</b>	<b>132552</b>	<b>92 988,0</b>	<b>NOK</b>

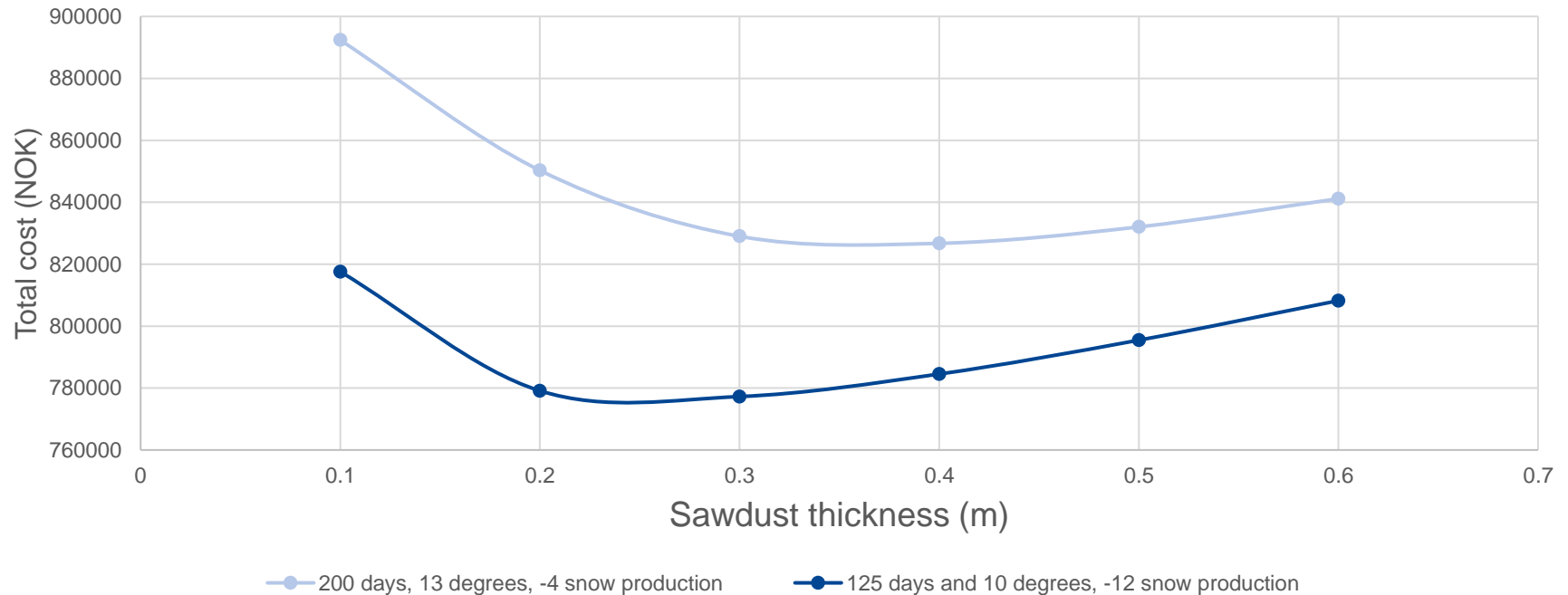
## Distribution

Cost Distribution	23,5	23,5	NOK/m³
Work with distribution	592 200,0	592 200,0	NOK
<b>Sum utkjøring</b>	<b>592 200,0</b>	<b>592 200,0</b>	<b>NOK</b>

<b>Sum totalt snowstorage</b>	<b>1 192 511</b>	<b>1 291 683</b>	<b>NOK</b>
-------------------------------	------------------	------------------	------------

# Sagflis optimalisering

Optimal thickness of sawdust for two different scenarios



# Kostnader - Eksempel

	2 lag coverice	2 lag + wadding	Sagflis
Snø volum start (m <sup>3</sup> )	27 529	23 835	18 397
Prosent tap snø per dag (%/dag)	0,297	0,209	0,128
Kostnad snøproduksjon (NOK)	264 816	229 281	200 312
Kostnad forming (NOK)	67 721	58 634	45 258
Tildekking m/isloringsmaterial (NOK)	175 757	189 469	154 242
Kostnad avdekking (NOK)	55 350	55 350	78 900
Kostnad utkjøring (NOK)	352 500	352 500	352 500
<b>Totalt kostnad (NOK)</b>	<b><u>916 145</u></b>	<b><u>885 235</u></b>	<b><u>831 213</u></b>

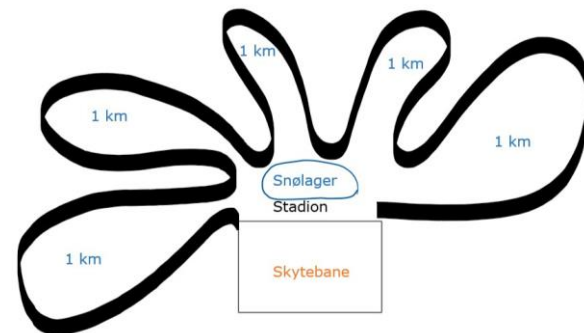
# Design av løypenett med snølager

Case	Antall sløyfer	Sløyfelengde	Avstand til snølager
		[km]	[m]
1a	5	1	0
1b	2	2,5	0
1c	1	5	0
2a	5	1	500
2b	2	2,5	500
2c	1	5	500

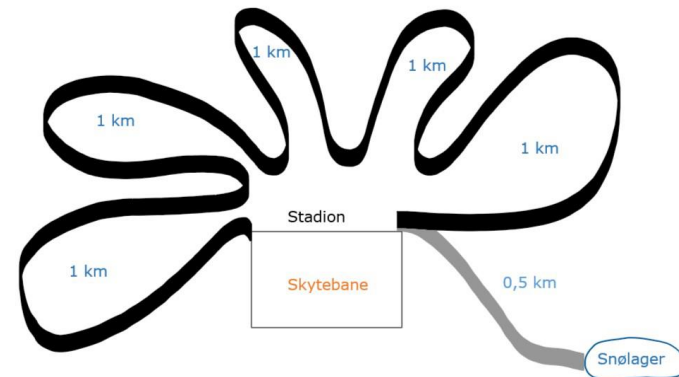
1c



1a



2a





# Resultater

Case	Kjørelengde [km]	Arbeidstimer [t]	Kostnad [kr]	Kostnad per kubikkmeter [kr/m <sup>3</sup> ]
1a	177,5	34,5	197 419	9,6
1b	440,0	40,0	237 698	11,6
1c	877,5	53,6	306 735	15,0
2a	827,5	53,6	300 697	14,7
2b	1090,0	59,6	340 976	16,7
2c	1527,5	71,7	410 013	20,0

# En analyse av miljøpåvirkning, samfunnsnytte og kostnader ved snølageret i Granåsen

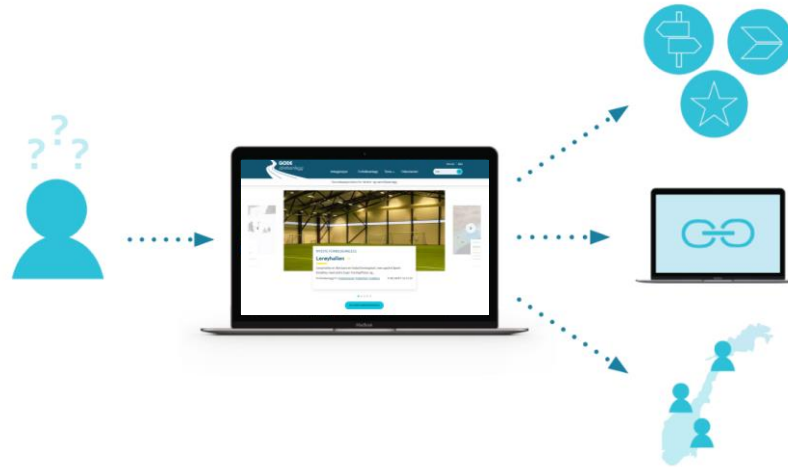
Vurderinger fra spørreundersøkelse:

- ❖ Snølageret har mindre utslipp sammenlignet med å reise 1-2 timer for å finne snø. Reising 4 ganger større utslipp.
- ❖ Flere svarer at de ville drevet mindre aktivitet i november og desember uten et snøtilbud i byen.
- ❖ Samfunnsnyttene: Folkehelse, rekruttering, tiltrekningskraft
- ❖ Betalingsvilje på 20 kr per gang eller 250 kr per måned for å kunne gå på ski før naturlig snø har falt

<https://www.godeidrettsanlegg.no/publikasjon/miljopavirkning-samfunnsnytte-og-kostnader-tilknyttet-snolageret-i-granasen>



Senterets forskning om snøhåndtering og snølagring legges ut på [godeidrettsanlegg.no](http://godeidrettsanlegg.no)





## Takk for oppmerksomheten!

Sondre Auganæs  
[sondre.auganaes@ntnu.no](mailto:sondre.auganaes@ntnu.no)

Tegnstripe: @blauextra Instagram