

SNOW FOR THE FUTURE

Ole Marius Moen, Prosjektleder og forsker i
SINTEF Energi

Prosjekt periode: 2017-2022





SINTEF

Ideelle vinterforhold

- Stabilt kaldt vær over tid
- Naturlig snødekke av høy kvalitet
- Lange, sammenhengende løyper
- Gode forhold for både bredde og toppidrett





SINTEF

Effekten av klimaendringer

- Antall dager med snødekke reduseres
- Vintersportsdestinasjoner er under press
- Reduksjon i sesonglengde
- Avlyste konkurranser

Det blir endringer i NM-programmet på Konnerud



NM-STADION: Det blir ski-NM her på Konnerud skistadion, men det blir justeringer på programmet. Foto: Rune Folkedal

Av Jostein Nilsen

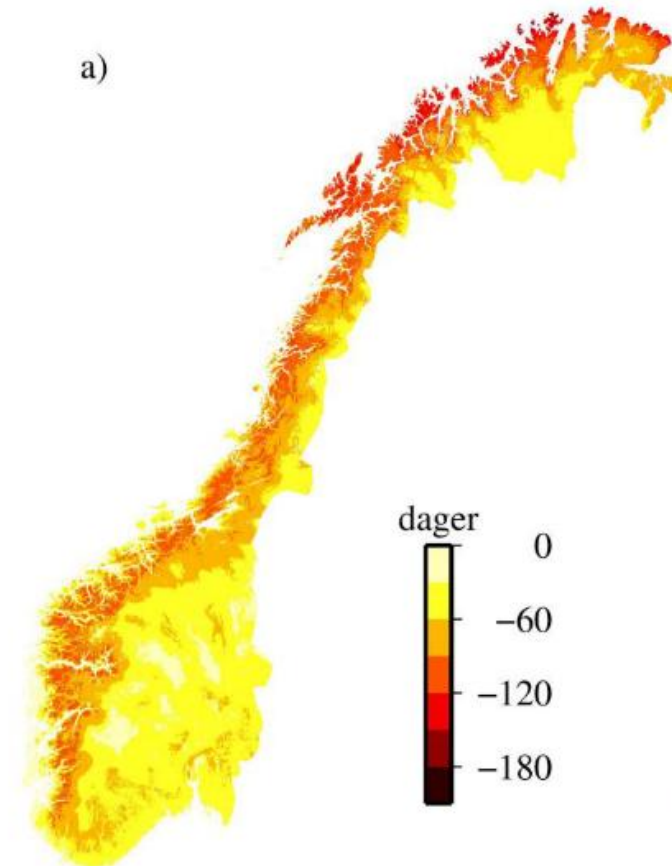
23. januar 2020, kl. 10:35

På grunn av mildværet har juryen for ski-NM på Konnerud bestemt at det blir flere endringer i konkurranseprogrammet.

DEL DRAMMEN: Det gjelder hvilken stilart

ANNONSE

a)



Predicted changes in the number of days with snow cover in the period 1971-2000 to 2071-2100



SINTEF

Begrensninger knyttet til tradisjonell kunstsneøproduksjon



(Eikevik 2017).

Temperature (°C)	Relative humidity (%)																			
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
-9	-11,9	-11,7	-11,6	-11,4	-11,2	-11,1	-10,9	-10,7	-10,6	-10,4	-10,3	-10,1	-9,9	-9,8	-9,6	-9,5	-9,3	-9,2	-9,0	
-8	-11,1	-10,9	-10,7	-10,6	-10,4	-10,2	-10,0	-9,9	-9,7	-9,5	-9,3	-9,2	-9,0	-8,8	-8,7	-8,5	-8,3	-8,2	-8,0	
-7	-10,3	-10,1	-9,9	-9,7	-9,6	-9,4	-9,2	-9,0	-8,8	-8,6	-8,4	-8,3	-8,1	-7,9	-7,7	-7,5	-7,4	-7,2	-7,0	
-6	-9,5	-9,3	-9,1	-8,9	-8,7	-8,5	-8,3	-8,1	-7,9	-7,7	-7,5	-7,3	-7,1	-7,0	-6,8	-6,6	-6,4	-6,2	-6,0	
-5	-8,8	-8,6	-8,3	-8,1	-7,9	-7,7	-7,5	-7,3	-7,1	-6,8	-6,6	-6,4	-6,2	-6,0	-5,8	-5,6	-5,4	-5,2	-5,0	
-4	-8,0	-7,8	-7,6	-7,3	-7,1	-6,9	-6,6	-6,4	-6,2	-6,0	-5,7	-5,5	-5,3	-5,1	-4,9	-4,6	-4,4	-4,2	-4,0	
-3	-7,3	-7,0	-6,8	-6,5	-6,3	-6,0	-5,8	-5,6	-5,3	-5,1	-4,8	-4,6	-4,4	-4,1	-3,9	-3,7	-3,5	-3,2	-3,0	
-2	-6,5	-6,3	-6,0	-5,7	-5,5	-5,2	-5,0	-4,7	-4,5	-4,2	-4,0	-3,7	-3,5	-3,2	-3,0	-2,7	-2,5	-2,2	-2,0	
-1	-5,8	-5,5	-5,3	-5,0	-4,7	-4,4	-4,1	-3,9	-3,6	-3,3	-3,1	-2,8	-2,5	-2,3	-2,0	-1,8	-1,5	-1,3	-1,0	
0	-5,1	-4,8	-4,5	-4,2	-3,9	-3,6	-3,3	-3,0	-2,7	-2,5	-2,2	-1,9	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,5	-0,3	0,0	
1	-4,4	-4,1	-3,8	-3,5	-3,1	-2,8	-2,5	-2,2	-1,9	-1,6	-1,3	-1,0	-0,7	-0,5	-0,2	0,1	0,4	0,7	1,0	
2	-3,7	-3,4	-3,1	-2,7	-2,4	-2,1	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,5	-0,2	0,1	0,4	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	
3	-3,1	-2,7	-2,3	-2,0	-1,7	-1,3	-1,0	-0,6	-0,3	0,0	0,4	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0	2,4	2,7	3,0	
4	-2,4	-2,0	-1,6	-1,3	-0,9	-0,6	-0,2	0,2	0,5	0,9	1,2	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,7	4,0	

Good snow quality

Poor snow quality

No snowmaking



Foto: Trondheim kommune, dronetjenesten, sept 2021



SINTEF

Visjonen til Snow for the Future

Bidra til bærekraftige vintersportsopplevelser nær der folk bor – i fremtiden

- Bevare tradisjonen for ski og vinteraktiviteter
- Sikre tilgang til snø for alle brukergrupper
- Skape verdier for arrangører og næringsliv





SINTEF

Snow for the future - fase 2 (2019-2022)

Mål: Bidra til nye og bedre løsninger for snøproduksjon på skisteder

- Uavhengig av temperatur
- Energieffektivitet og klimavennlighet i fokus

Hovedaktiviteter:

1. Fremtidige løsninger for snøproduksjon ved plussgrader
2. Løsninger for hvordan kan overskuddsvarmen fra disse systemene utnyttes
3. Planleggingsverktøy – finne god balanse mellom ulike metoder for produksjon og lagring av snø



NORGES
SKISKYTTER
FORBUND



TRONDHEIM KOMMUNE



Kulturdepartementet



Klima- og
miljødepartementet

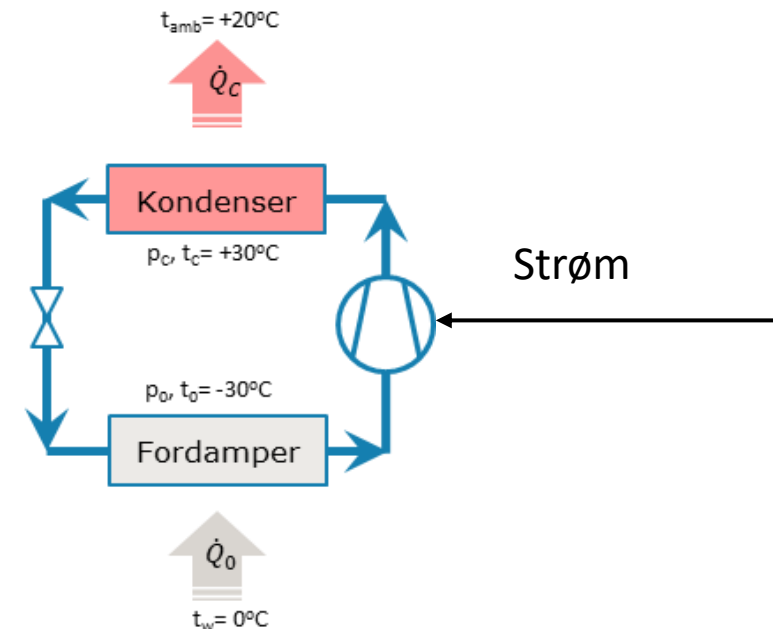


Temperaturuavhengig snøproduksjon - plussproduksjon

- Sikrer sesongstart og gjennomføring av konkurranser
- Øker antall skidager og forutsigbarhet
- Kommersiell teknologi – lite utbredt i Norge – Kan bli et fremtidig supplement til tradisjonell produksjon og lagring

Utfordringer

- Høyt energibehov -20 – 40 kWh/m³ – mot ca 1 kWh/m³ for tradisjonell kunstsneøproduksjon
- Høye investeringskostnader
- Lav produksjonskapasitet
- Snøkvalitet – de fleste maskiner produserer is
- Sentralisert produksjon i store enheter

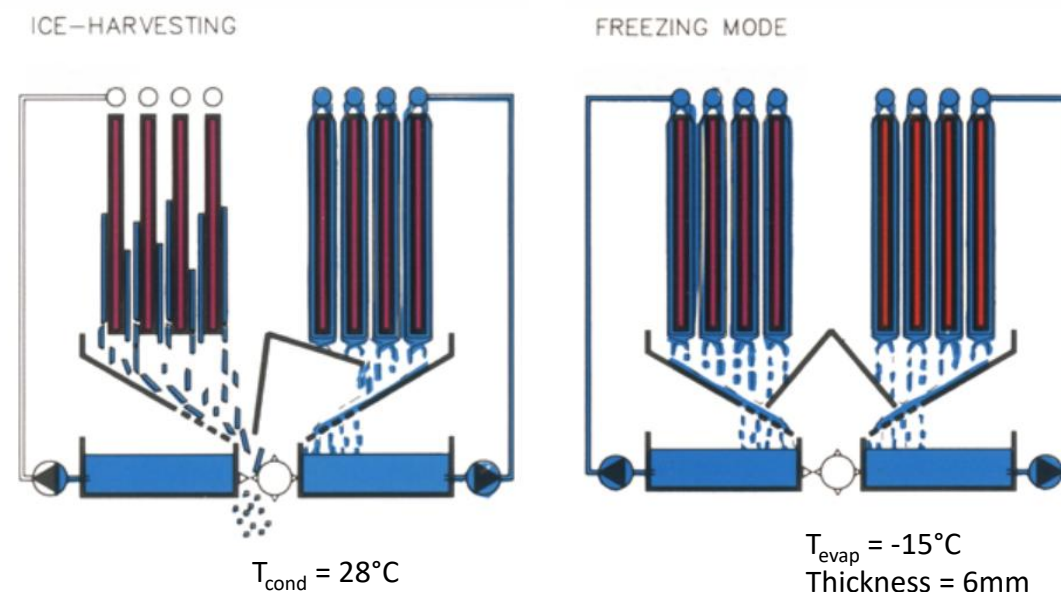




SINTEF

Plateisproduksjon – kan produksjonsteknikker fra fiskeindustrien benyttes til snøproduksjon?

- Platefrysere fungerer ved at vann faller over kalde plater og fryses til is – sekvensiell påfrysing og avriming
- Brukes i dag mest til isproduksjon i fiskeindustrien - effektiv sammenlignet med andre teknikker
- Samarbeid med PTG:
 - Studere og modellere frysmekanismen
 - Finne potensial for økt energieffektivisering
 - Størst potensial i å effektivisere avrimingsprosessen – opp til 5% forbedring i kapasitet og energieffektivitet



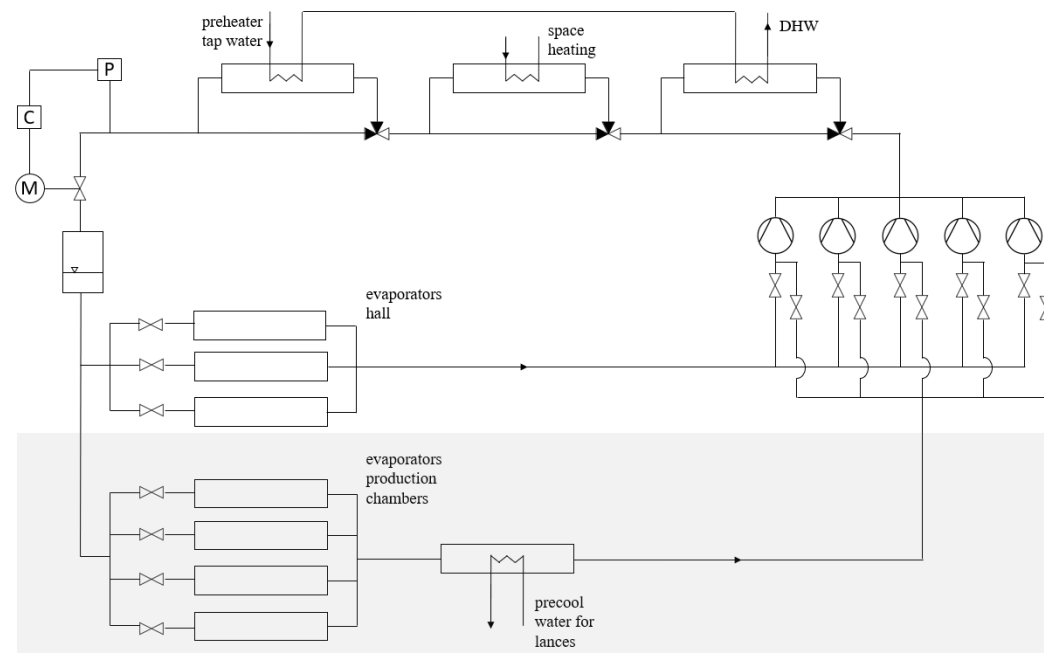


SINTEF

Hva med større anlegg? Energianalyse av SNØ på Lørenskog

- Innendørs snøarena med et snøvolum på 470 000 m³
- Temperaturen i hallen senkes fra -5 til -10°C når snøen produseres (høyere kvalitet) – krever mer energi
- Evaluert alternativ løsning hvor snøen produseres i eksterne snøtårn for å unngå temperatursenking
- Resulterte i årlig energibesparelse i underkant av 50 000 kWh → 1 % av anleggets totale energiforbruk
- SNØ leverer overskuddsvarme fra kuldeproduksjonen til nærliggende boliger vha. fjernvarme

Generell konklusjon: Begrenset potensial i å energieffektivisere produksjonsprosessen – større potensial å utnytte overskuddsvarme





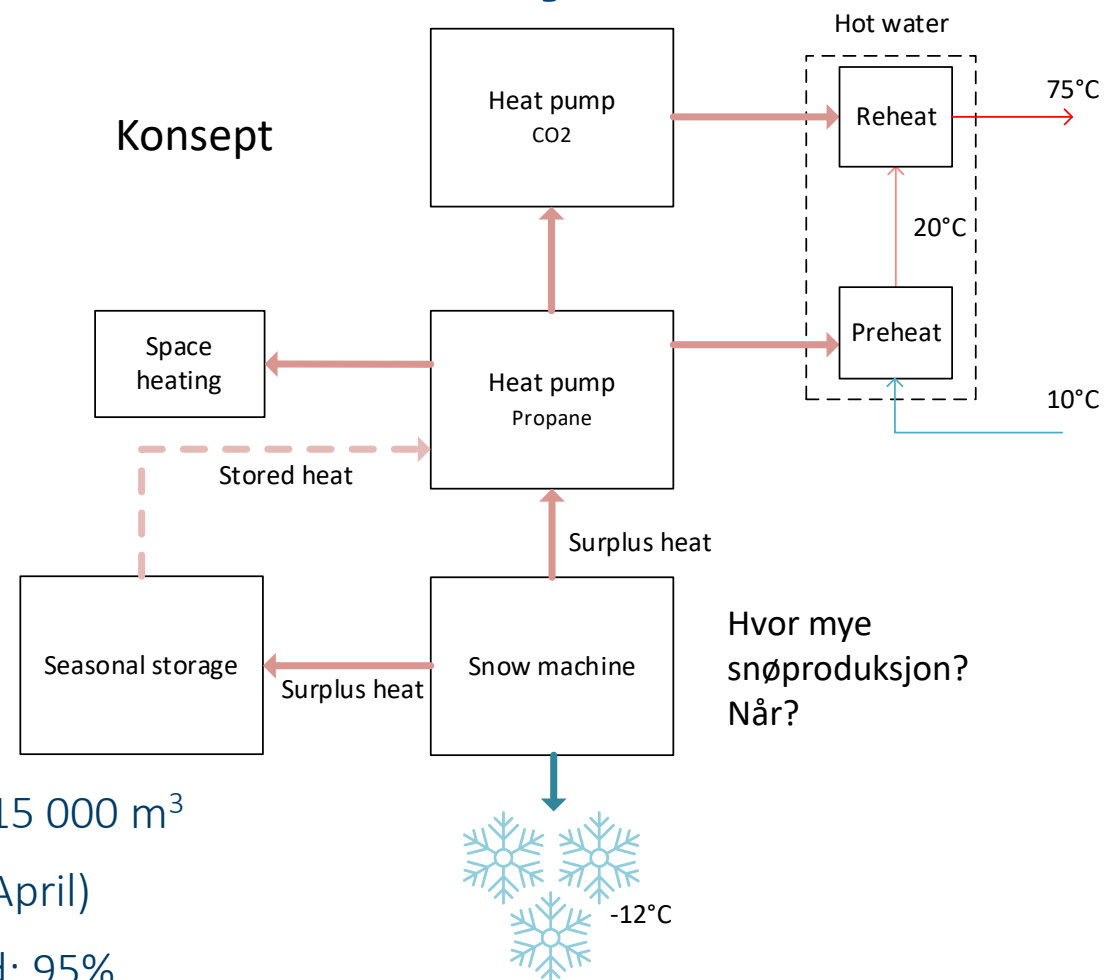
SINTEF

Energikonsept for Granåsen idrettsby (Ski-VM 2025)

- Etablere konsept som kombinerer energieffektiv snøproduksjon og byggoppvarming – som samtidig gir økt snøsikkerhet inn mot VM
- Granåsen Idrettsby
 - Idrett, Kontor, Matbutikk mm.
 - Varmeforbruk: 1 GWt



Pir II AS, "Detaljregulering Granåsen idrettsanlegg del 2 – illustrasjonsvedlegg"



Resultater:

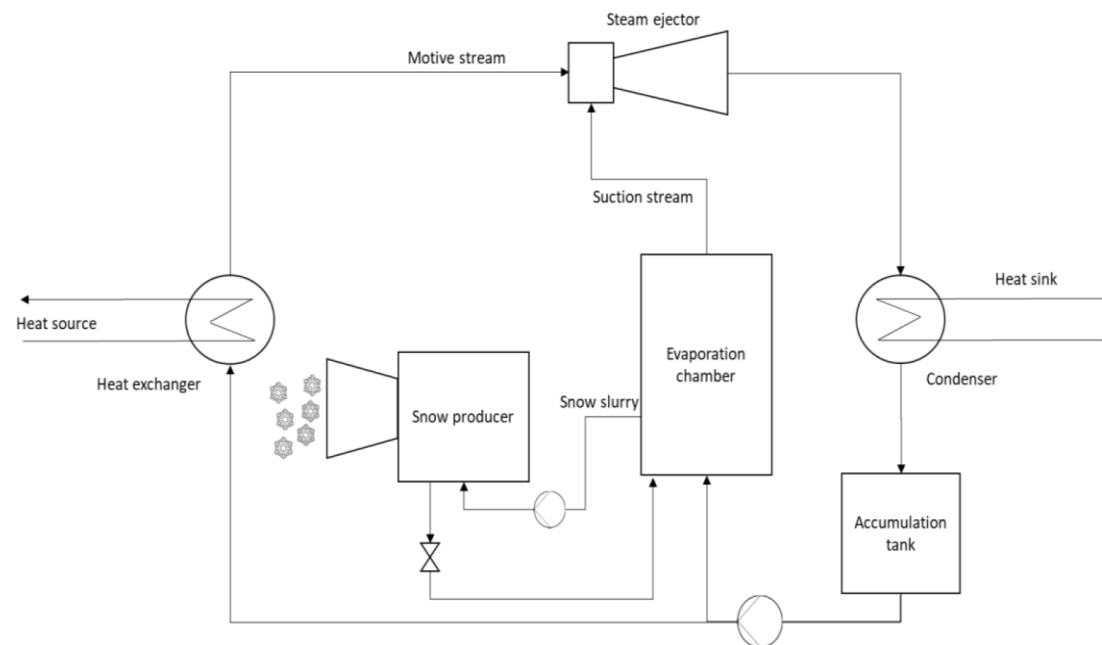
- Snøproduksjon: 15 000 m³
- Når: (Oktober – April)
- Gjenvinningsgrad: 95%
- Reduksjon i energiforbruk:
 - Snøproduksjon: -35 % (179 vs 276 MWt)
 - Byggoppvarming: -22 % (119 vs 153 MWt)



SINTEF

Fremtidige teknologier – Varmedrevet snøproduksjon

- Selv med utnyttelse av overskuddsvarme er Plussproduksjonsmaskiner fortsatt energikrevende
- Hva om energikilden er «gratis»? – F.eks. overskuddsvarme fra avfallsforbrenning eller industri
- Relevante teknologier finnes
 - Varmedrevne dampejektorer kan utnytte lavtemperatur varme ned mot 80°C – produserer snø-slurry på trippelpunktet til vann
 - Optimalisering av ejektordesign resulterte i energiforbruk på 50 kWh/m³



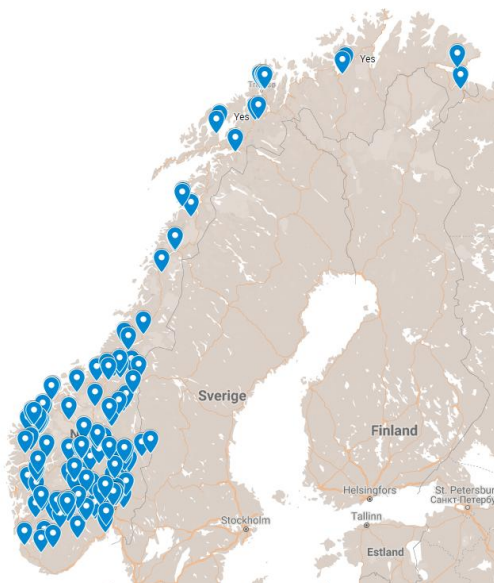


SINTEF

Kartleggingsstudie

Skianlegg:

- Totalt 168 anlegg i studien: Langrenn, skiskyting, alpint og hopp



Resultater

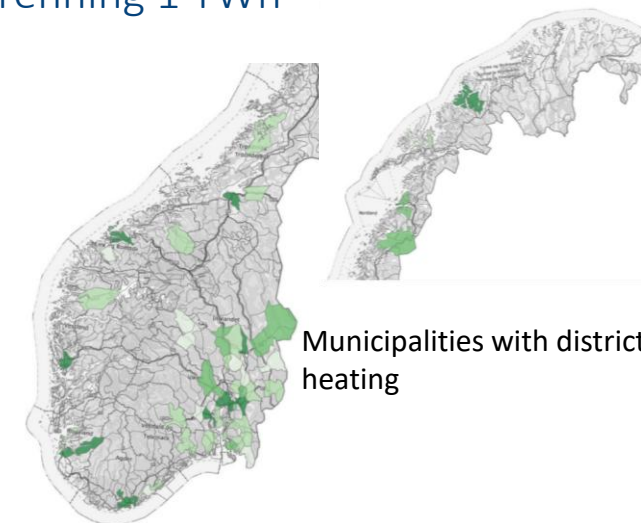
- Mange anlegg i samme kommune som mulig kilde
- Best potensial for fjernvarme
 - Utnytte eksisterende infrastruktur
 - Overskudd fra avfallsforbrenning tidlig på høsten

Tekno-økonomisk analyse: Olympiaparken, Lillehammer

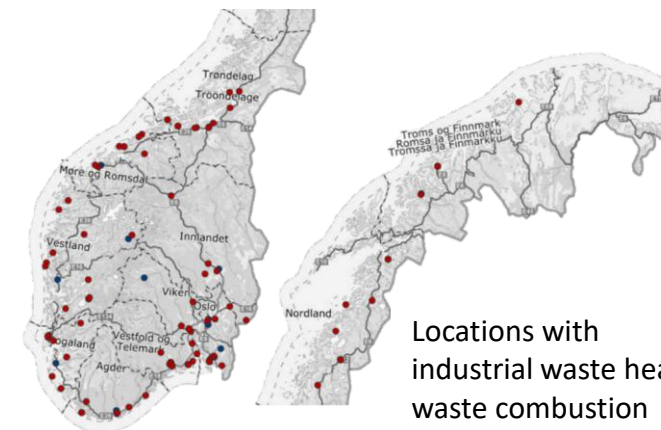
- 14 dager lengre sesong
- Investeringsanalysen viste at prisrabatt på 50-75% på fjernvarme sammenlignet med strøm er nødvendig

Tilgjengelige varmekilder:

- Fjernvarme – 6.6 TWh (2019)
- Industriell overskuddsvarme – 7 TWh
- Avfallsforbrenning 1 TWh



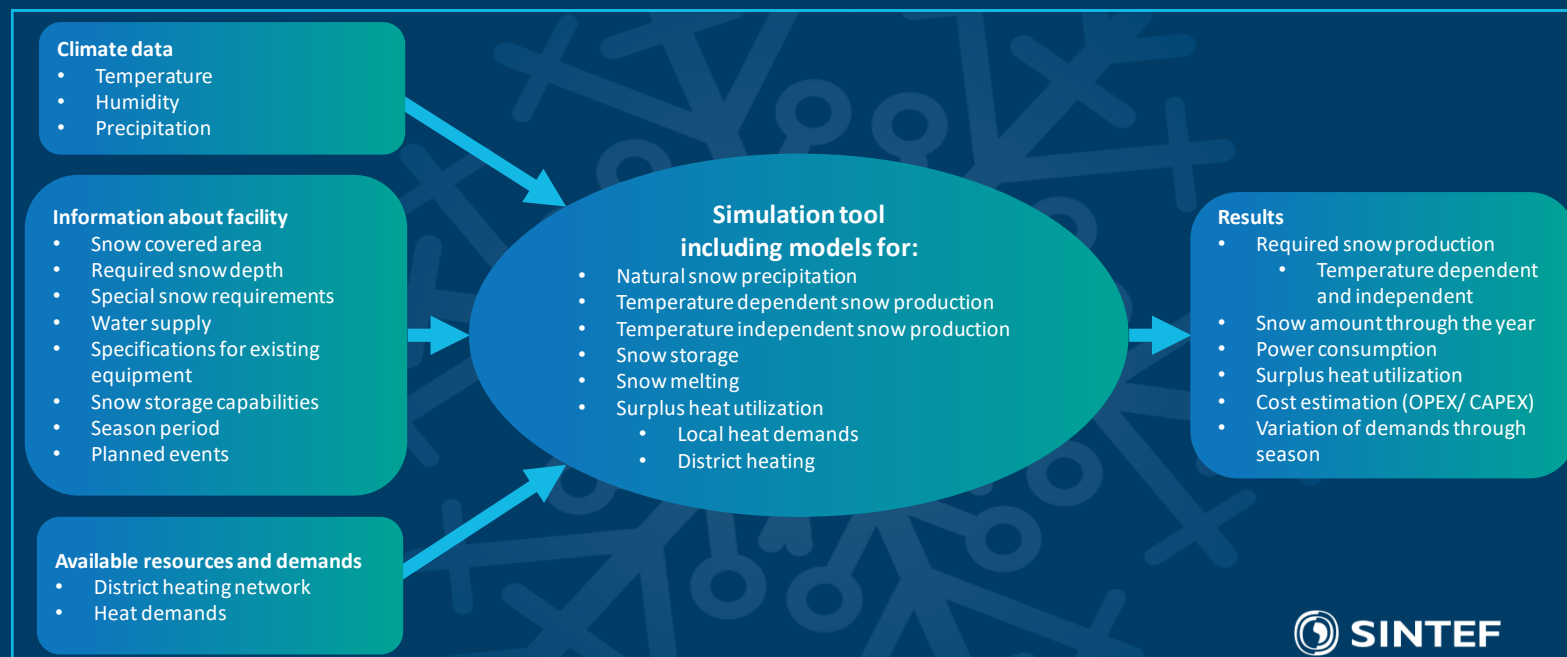
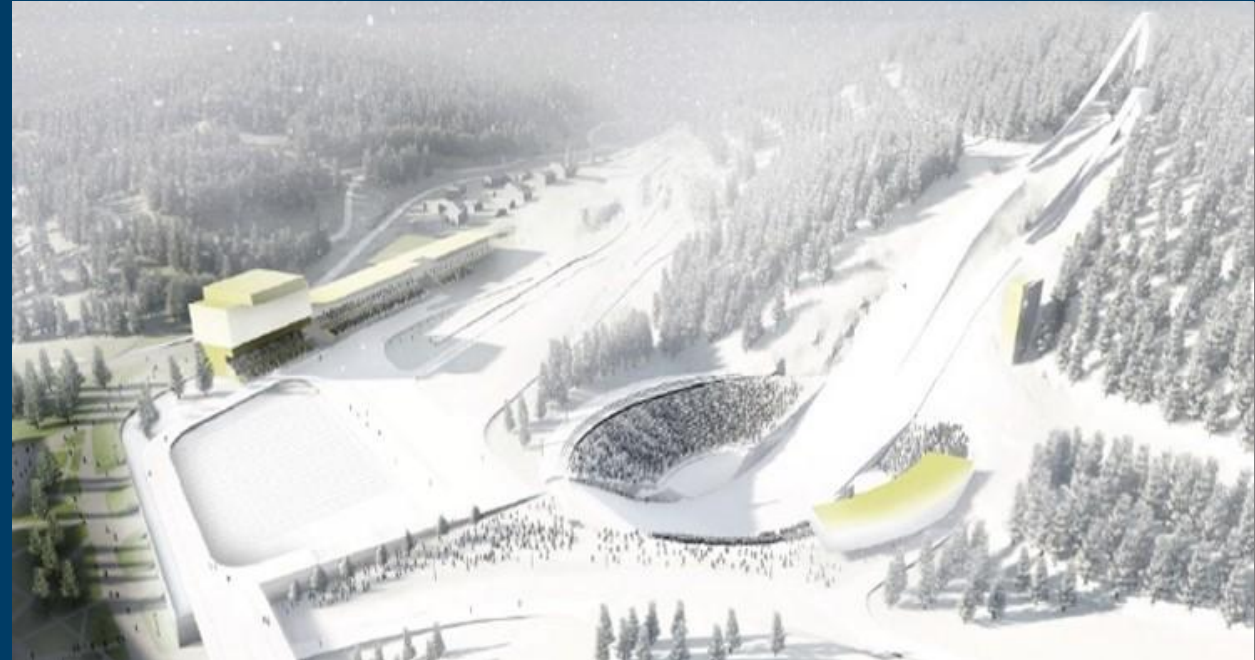
Municipalities with district heating



Locations with industrial waste heat or waste combustion

Utvikling av et planleggingsverktøy for skianlegg

- Optimal strategi for snøproduksjon og lagring
- Tilpasset model for ulike destinasjoner
- Oppfylle snøkrav for sesong og konkurranser
- Minimere energiforbruk, kostnader og utslipp

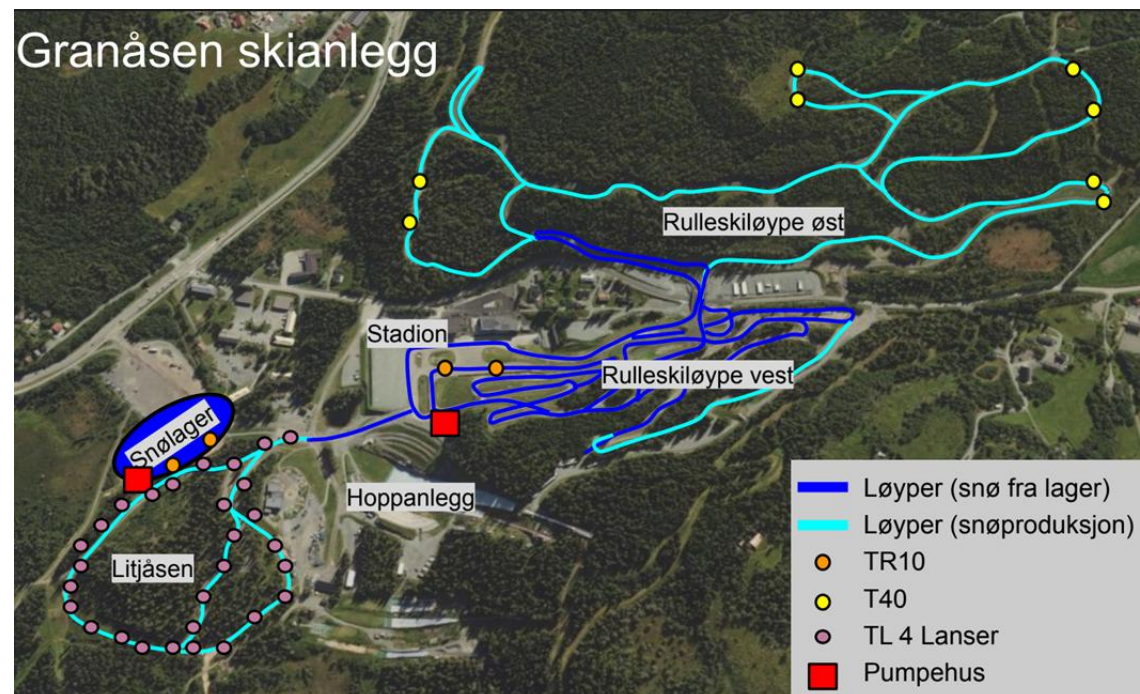




SINTEF

Snøsikkerhetsplan til Ski-VM i Trondheim

- Trondheim og VM-arrangøren måtte ha en løsning for å garantere nok snø til mesterskapet
 - Påvirkning på design og lokasjon av VM-løypene
 - Begrense energi og klimaavtrykk fra snøproduksjon – unngå nødløsninger f.eks. Transport av snø fra andre områder
- Målsetning
 - Beregne mengde snøvolum som var nødvendig
 - Klimaevalueringer – finne “worst case scenario”
 - Evaluere og velge løsning



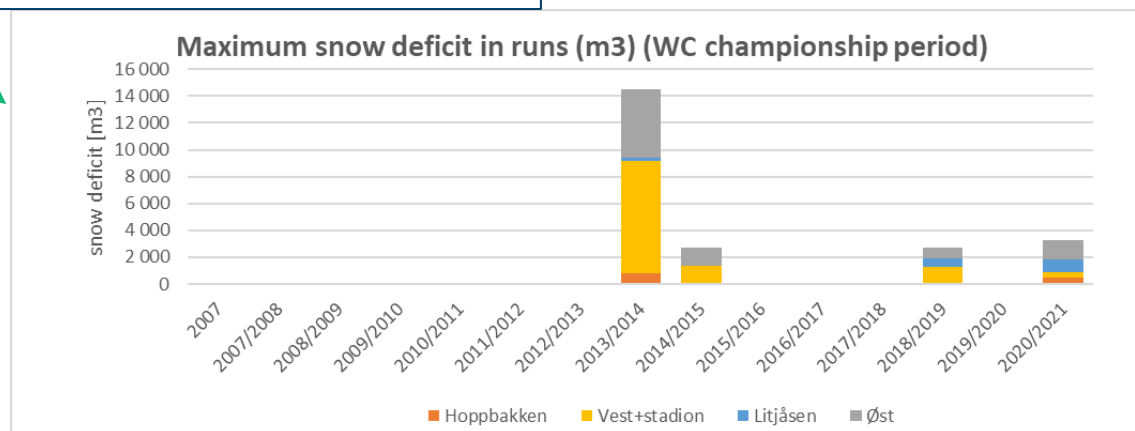
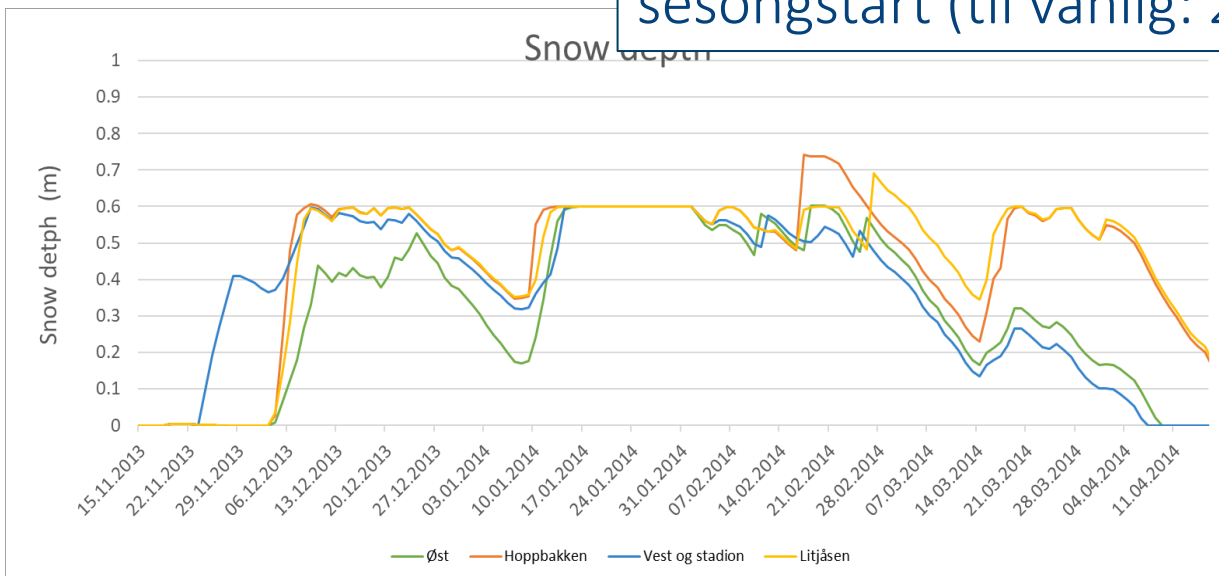
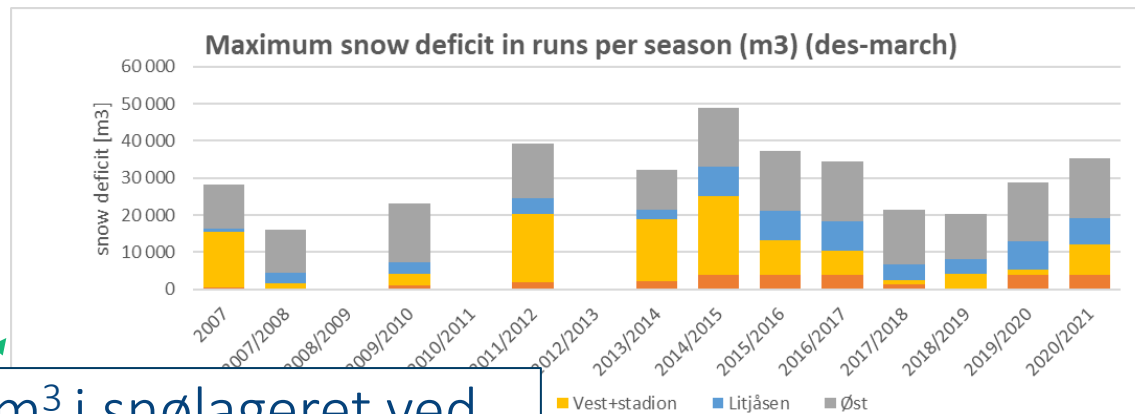


SINTEF

Results – Snøbehov og potensiell mangel

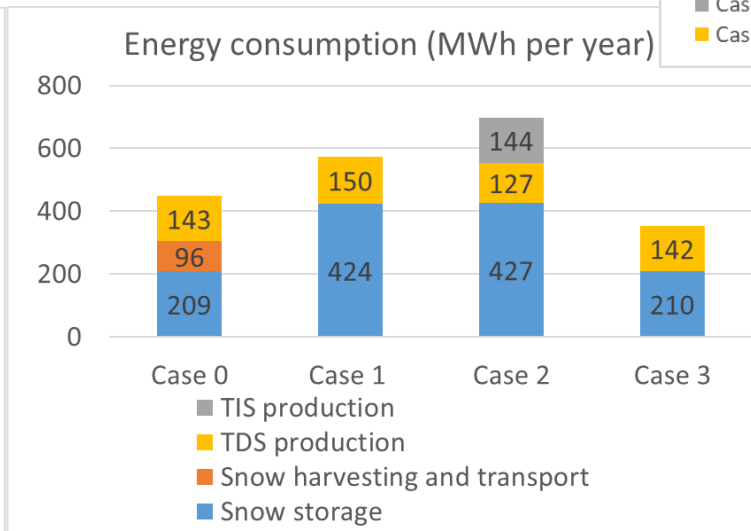
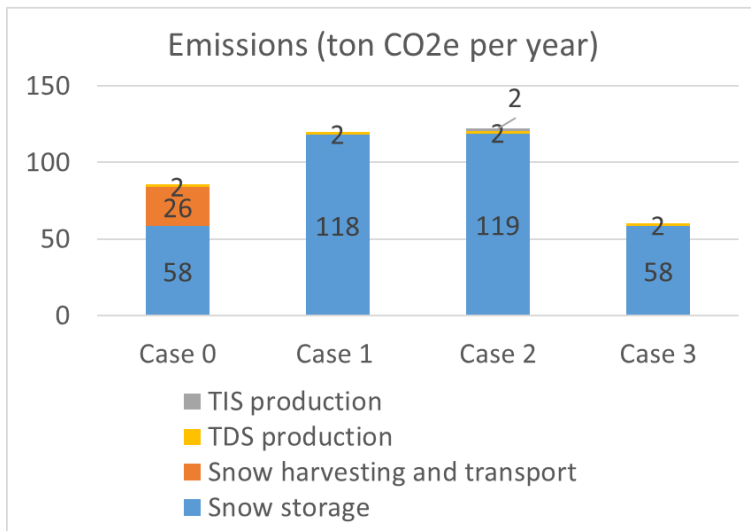
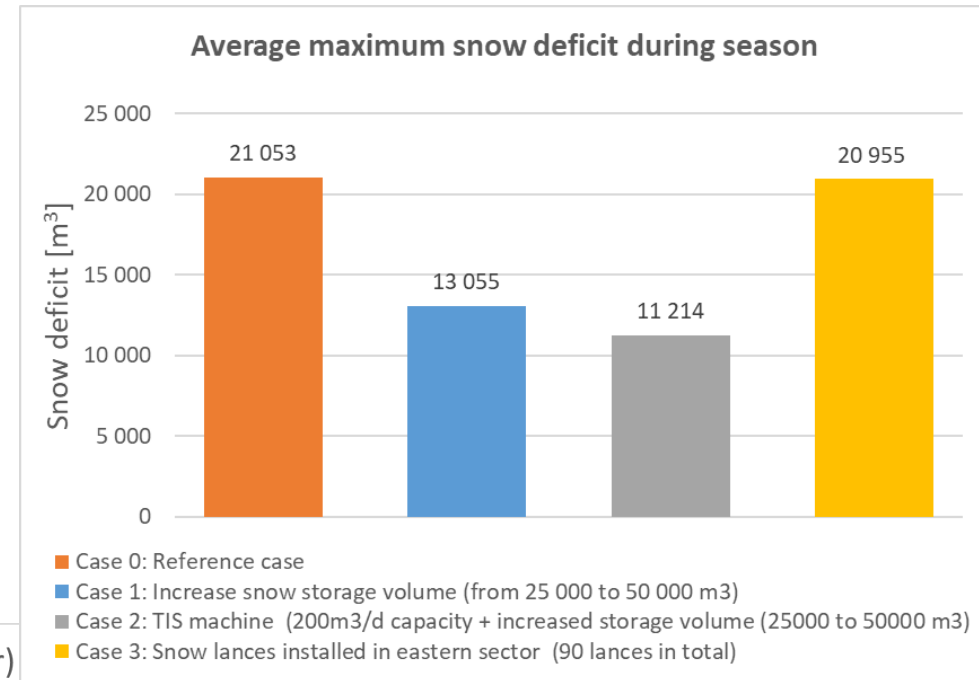
- Total snøbehov i VM-løypene: 49 000 m³
- Evaluering av snødybder på daglig basis (2007 – 2021)
- Potensiell snømangel
 - Sesongen som helhet- opp mot 50 000 m³
 - VM perioden – opp mot 14 000m³

Konklusjon: Trenger 34 000 m³ i snølageret ved sesongstart (til vanlig: 20 000)



Energiforbruk, utslipp og snøsikkerhet ved ulike strategier

- Snølagring bidrar mest til å øke snøsikkerhet – og akutte snøbehov
- Temperaturuavhengig snøproduksjon et supplement på toppen – i dagens klima
- Lanser i østløypa bidrar til å løse kapasitetsutfordringer, men ga ingen gevinst ved plussgrader
- Klart høyest utslipp fra snølagring og transport av snø fra andre områder





SINTEF

Oppsummering

- Antall dager med snødekke reduseres pga klimaendringene
- Temperaturuavhengig snøproduksjon kan være et fremtidig supplement til kunstsneøproduksjon og snølagring
 - Dyrt og energintensivt
 - Praktiske utfordringer som transport av snø
- En bærekraftig løsning må innebære utnyttelse av overskuddsvarme til andre formål
- Varmedrevet snøproduksjon som utnytter eksisterende varmeressurser kan være en bærekraftig fremtidig løsning
- Samarbeid mellom anlegg, kommuner fjernvarmeleverandører og entrepenører kan bidra til å belyse muligheter for godt energi-samspill



Takk for meg! – Spørsmål?

Ole Marius Moen, forsker SINTEF Energi

ole.moen@sintef.no