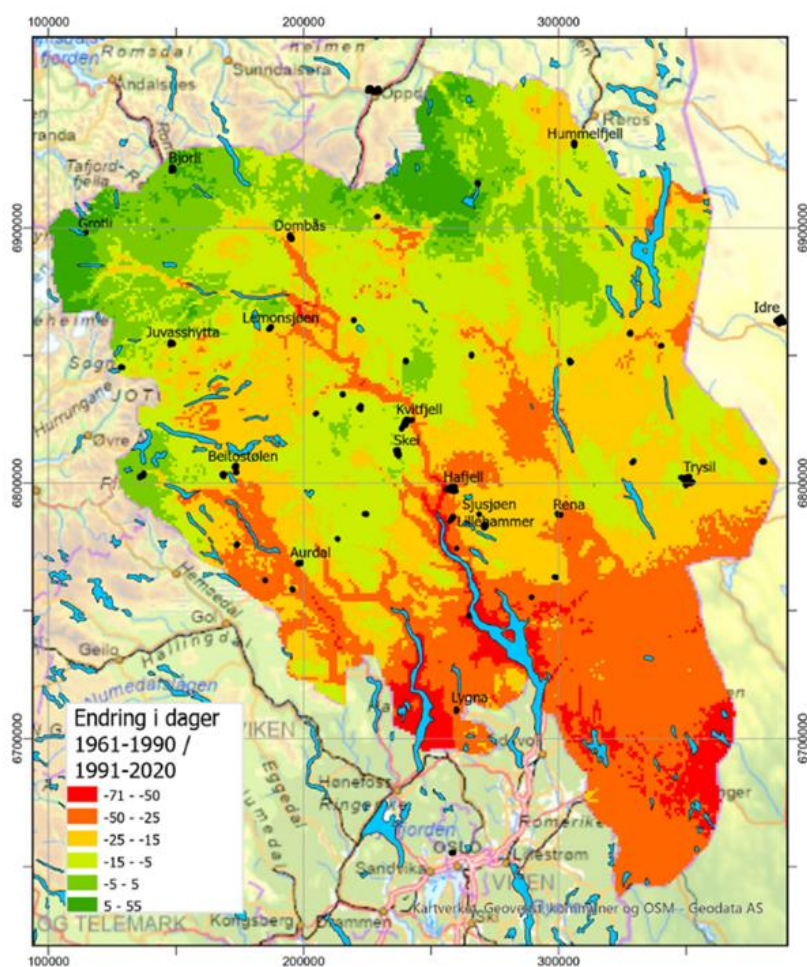


Innlandet i 2050 - Framtidens snø- og skiforhold

Rune Strand Ødegård, NTNU
Ketil Isaksen, Meteorologisk institutt
Geir Ødegaard Olsen, Norwegian Snow Consulting

Endringer i lengden på skisesongen de siste 60 årene



Sluttrapport fra prosjekt «Klimaframskriving i Innlandet: Snø- og skiforhold – 2050»
Prosjektnummer: 337743

Hovedfunn:

Slik har utviklingen vært fram til nå:

- I løyper basert på natursnø har skisesongen blitt kortere, spesielt de siste 30-40 årene. Unntaket er fjellområdene i nord og nordvest. Forskjellene mellom lavlandet og fjellet har økt, sørfylket har fått over 30 dager kortere skisesong.
- Antall timer med mulig snøproduksjon før jul er redusert betydelig, spesielt etter årtusenskifte.

Slik blir fremtidens snø- og skiforhold i Innlandet, kort oppsummert:

- Fram mot 2050 vil de store alpine skianleggene kunne sikre åpning til juleferien i de høyereliggende områdene med dagens praksis og teknologi.
- Det vil være økende utfordringer knyttet til å åpne i de lavereliggende løypene til jul.
- Arrangement før jul for langrenn og skiskyting vil i økende grad være avhengig av snølagring og i mindre grad tradisjonell snøproduksjon på høsten
- Forskjellene på lengden av skisesongen mellom lavlandet og høyereliggende områder vil fortsette å øke. Høydeintervallet fra 700-1000 moh. vil fortsatt ha gode skiforhold på natursnø fram til 2050 selv om det i økende grad vil være problemer med skiføret til jul og i påskeferien.
- Fram mot midten av århundret vil skisesongen i gjennomsnitt bli 30 dager kortere med middel utslippsscenario og mer enn 50 dager kortere med høyt utslippsscenario.

Innledning

Drift av skianlegg, preparering av skiløyper og tilrettelegging for skiaktiviteter er sårbare aktiviteter når vær og klima endrer seg. Innlandet har hatt en økning i temperatur og nedbør de siste tiårene. Beregninger fra klimamodellene viser at denne trenden vil fortsette. Skinæringen og allmennheten i Innlandet har behov for kunnskap om klimautvikling framover.

I denne rapporten har vi sett på historiske data i sammenheng med beregninger av hvordan klimaet vil se ut i framtiden i Innlandet. Dette er gjort for å få et best mulig grunnlag for klimatilpasning knyttet til å sikre gode snø- og skiforhold (natursnø, produksjon av kunstsne, sommerlagring av snø og preparering av løyper og skitraseer). I analysene er det brukt historiske data (de siste 40 til 125 år) og framtidsdata med hovedvekt på perioden fram til midten av dette århundre. Det er brukt nasjonale- og europeiske datasett for værobservasjoner og klimaframskrivninger. Personer fra utvalgte skianlegg har blitt intervjuet for å belyse status og framtidige utfordringer knyttet til klimaendringer.

Basert på intervjuundersøkelsene og dagens kunnskap for skianleggene i Innlandet ønsket vi spesielt svar på følgende tre spørsmål:

- **Hvordan påvirker endringer i temperatur og luftfuktighet ([våtkuletemperatur](#)) snøproduksjonen i Innlandet?**

Et minimum antall timer med gode forhold for snøproduksjon på høsten er viktig for en tidlig åpning av alpinanleggene. Skianlegg for langrenn og skiskyting legger også stor innsats i å kunne åpne så tidlig som mulig for trening og konkurranser.

- **Hvordan endrer lengden på skisesongen seg for natursnø?**

Dette har stor allmenn interesse. I analysen har vi valgt å legge vekt på endringer med høyde over havet for å supplere tidligere analyser av skisesongens lengde. Rapporten ser også på noen utvalgte lange måleserier for snødybde i Innlandet.

- **Vil snølagring bli viktig som et tillegg til snøproduksjon for alpinanleggene?**

Dette er et aktuelt tema og er vurdert ut fra erfaring med tidligere prosjekter (f.eks. <https://klimaservicesenter.no/kss/framskr/sno-sludd-regn>) og framtidige endringer i temperatur og nedbør på høsten.

Relevans for Innlandet

Alpine skianlegg har stor økonomisk betydning lokalt og regionalt, bare heiskortomsetningen for de største anleggene (Trysil, Hafjell, Kvitfjell og Beitostølen) er over 400 mill. kr i et normalår. I tillegg kommer ringvirkninger for overnattingsbedrifter og annet næringsliv som normalt er betydelig større enn omsetningen i skianlegget. Et eksempel er Galdhøpiggen skisenter som bidrar med ca. 29.000 gjestedøgn i året, og det i en periode hvor det normalt sett ikke er mange turister i Lom.

Innlandet har det største alpinanlegget i landet (Trysil) og landets to største hyttekommuner (Ringsaker og Trysil).

Innlandet som vintersportsdestinasjon har god markedsføring gjennom store nasjonale og internasjonale arrangementer for langrenn, skiskyting og alpint (Beitostølen, Dombås, Kvitfjell, Lillehammer, Rena og Sjusjøen).

Regionen har anlegg for alpin sommerskikjøring på Vesljubreen ved Galdhøpiggen og sommerskiløping for langrenn på Sognefjellet. Disse anleggene har særlig betydning nasjonalt og internasjonalt som treningsdestinasjon for toppidrettsutøvere. Utover det rent kommersielle har skianlegg og preparering av skiløyper allmenn interesse. Snø og skiforhold i Innlandet er knyttet til regionens identitet og livskvalitet og er en viktig del av norsk skihistorie.

Et tidsperspektiv utover 20-30 år er særlig interessant ved investeringer i infrastruktur (veier, vann og avløp), bygninger og nye traseer i skianleggene. Snøproduksjonsutstyr og annet teknisk utstyr vil ha en avskrivningstid på mindre enn 10-20 år.

Resultater

Hovedfunn fra intervjuundersøkelsene

De større alpine skianleggene i Innlandet er samstemte i sin forståelse av nåsituasjonen og har en klar strategi for hvordan de skal møte mildere vintre med tiltak for å sikre fortsatt drift. De anleggene som har vært intervjuet i denne undersøkelsen uttrykker likevel stor uro for hvor fort endringene skjer og hva som vil skje framover. En forståelse av dette vil hjelpe dem til riktige tiltak i forkant av utfordringene de vet kommer.

Status for alpine skianlegg:

- Anleggene har i dag en typisk dekningsgrad på 50 % med snøproduksjonsutstyr med planer om å komme opp i 100 %.
- Anleggene har som mål om å være ferdig med all snølegging før jul. I dag trenger anleggene rundt 250 timer med en våtkuletemperatur (beregnes på grunnlag av lufttemperatur og relativ luftfuktighet) under -3 °C for å produsere 30-40 cm snø. Ved optimalisering kan antall timer reduseres til 100. Snø som er laget med snøproduksjonsutstyr har flere fordeler:
 - Snøen kan legges tidlig i sesongen sammenlignet med å vente på natursnøen.
 - Snøen er slitesterk og tåler regnvær og varme over tid. Dette fordi snøen har høy tetthet og er komprimert.
- Det er ingen utfordringer knyttet til tilgangen på vann for snøproduksjon. For å redusere strømforbruk samtidig som det er ønskelig med mer vann til snøproduksjon, har eller planlegger anleggene høytliggende vannmagasin. Dette reduserer behovet for energikrevende pumper og øker øyeblikkskapasiteten.
- Anleggene jobber med bedre bakkeplanering for å redusere mengden snø som trengs i bakkene.
- Det er tatt i bruk GPS og sporingsteknologi for å optimalisere prepareringen slik at snøen blir fordelt så jevnt som mulig med lettere vedlikehold gjennom vinteren.
- Det tas i bruk forbedret utstyr for snøproduksjon for å øke volum og optimalisere kvaliteten på snø produsert ved marginale temperaturer.

- Anleggene er avhengig av kontinuerlig innhenting og analyse av driftsdata for en effektiv og optimalisert drift. Leverandørene i bransjen jobber kontinuerlig med å forbedre analyseverktøyene.
- Snøfabrikker som lager snø ved plussgrader er foreløpig ikke aktuelt i alpinanleggene så lenge tradisjonell snøproduksjon er tilstrekkelig.

Status for skianlegg langrenn/skiskyting:

- Anleggene for langrenn og skiskyting trenger 10.000-50.000 kubikkmeter snø for å tilby gode trenings- eller konkurranseforhold.
- Anleggene har begrensede ressurser til å sikre gode snøforhold sammenlignet med alpinanleggene, men det er store forskjeller.
- Tradisjonell snøproduksjon kombinert med natursnø er viktig gjennom hele sesongen, men snølagring prioriteres for anlegg som er avhengig av gode forhold i november/desember.

Analyser av klimadata - endringer i snøproduksjon fram til starten av desember

Snøproduksjon er avhengig av lufttemperatur og luftfuktighet. For analysen av snøproduksjon er det valgt å bruke modelldata (NORA3, se vedlegg). Modelldataene kombinerer data fra værstasjoner med data fra værvarslingsmodellene. Vi har brukt timesverdier for temperatur og luftfuktighet fra 1979 til 2021 tilpasset lokasjonen for utvalgte skianlegg. Ut fra trenden vi finner i denne perioden er det gjort vurderinger av hva som kan forventes fram mot 2050.

Effektiv snøproduksjon krever en våtkuletemperatur under -5°C , men snø kan produseres greit med en våtkuletemperatur ned mot -2°C . I tørr luft kan våtkuletemperaturen være lavere enn -2°C selv om lufttemperaturen er over 0°C ([våtkuletemperatur](#)).

Figur 1 viser et eksempel der antall timer snøproduksjon før 5.

desember varierer fra 0 til over 1000 timer.

Bortsett fra et ekstremår i 2000 viser beregningen ganske gode forhold for snøproduksjon de første ca. 25 årene (fram til 2002).

Etter 2002 er det mange år som har hatt dårlige produksjonsforhold. For

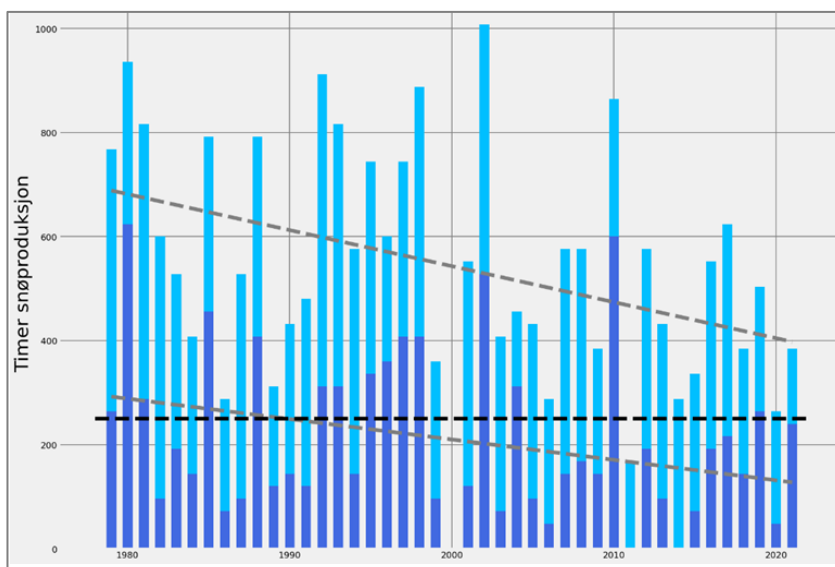


Fig.1. Eksempel på beregning av antall timer snøproduksjon før 5. desember ved våtkuletemperatur lavere enn -2°C og -5°C på Birkebeiner skistadion for tidsrommet 1979-2021. Stiplet linje viser trend linjer, horisontal svart linje viser et eksempel på en terskel verdi på 250 timer.

hele perioden 1979-2021 er gjennomsnittlig antall timer med mulig snøproduksjon nesten halvert. Antall timer med våtkuletemperatur under -2°C er redusert med 200 timer på 30 år. De andre skianleggene som er analysert, viser tilsvarende trend som dette eksempelet. Det er store variasjoner fra år til år og det er krevende å vurdere sannsynligheten for at antall timer kommer under en kritisk terskel.

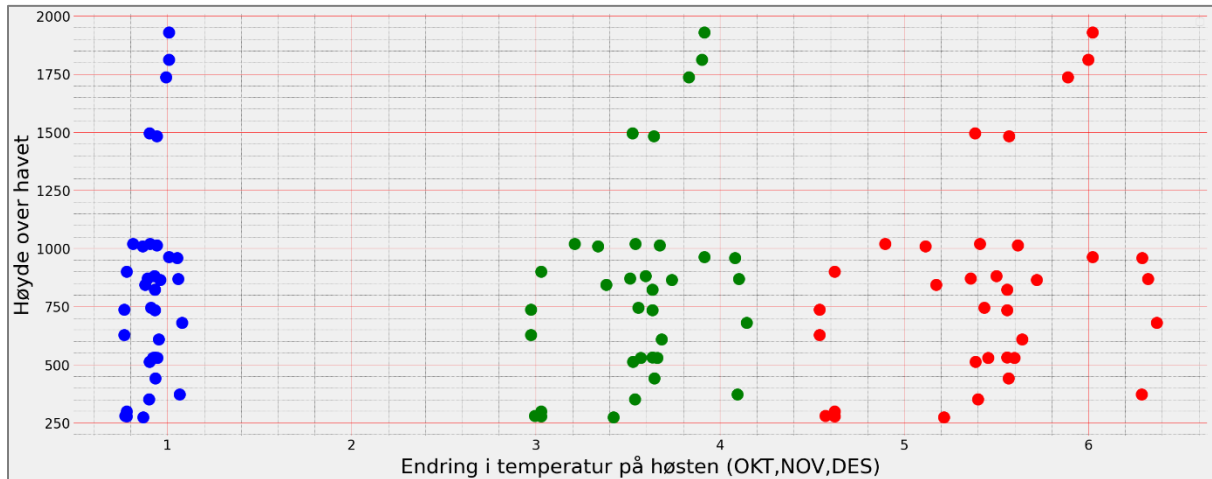


Fig 2. Figuren viser beregnet lufttemperatur på høsten (OKT, NOV, DES) fram til nå og mot midten av århundret for 35 steder i eller i nærheten av skianlegg i Innlandet. Endringen er plottet mot høyde over havet. Referanseperiode er 1961-1990. Blått er 1991-2020, grønt er et lavt scenario (SSP1-2.6) og rødt er et middel scenario (SSP2-4.5) for perioden 2041-2070. Beregning er basert på ESD-data (se vedlegg).

Vi beregner at denne trenden vil fortsette de neste tiårene Basert på klimaframskrivninger for lufttemperatur om høsten vil middeltemperaturen stige mer enn 2 grader fram mot midten av århundret sammenlignet med middelet de siste 30 årene (Figur 2).

Endring i lengde på skisesong (natursnø).

Analysene av lengde på skisesongen er basert på 3 typer data:

- Utvalgte lange tidsserier av snømålinger i Innlandet (Nord-Odal fra 1896, Skjåk fra 1899, Vang i Valdres fra 1948, Bøverdalen og Biri fra 1958 og Beito fra 1959).
- Senorge-data fra 1958 (se beskrivelse i vedlegg).
- Klimaframskrivninger som i hovedsak er basert på data fra 'Klima i Norge 2100', kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015 (<https://klimaservicesenter.no/kss/rapporter/kin2100>).

Hovedfunn:

- De siste 30-40 årene har Innlandet opplevd kortere skisesong.
- Forskjellene mellom lavlandet og fjellet har økt fra perioden 1961-1990 sammenlignet med de siste 30 årene. Fjellområdene i nord og nordvest har fått lengre skisesong, mens enkelte områder i sørfylke har fått over 50 dager kortere skisesong.
- For et middel utslippsscenario blir skisesongen i gjennomsnitt 30 dager kortere fram mot midten av århundret, men det er store forskjeller.

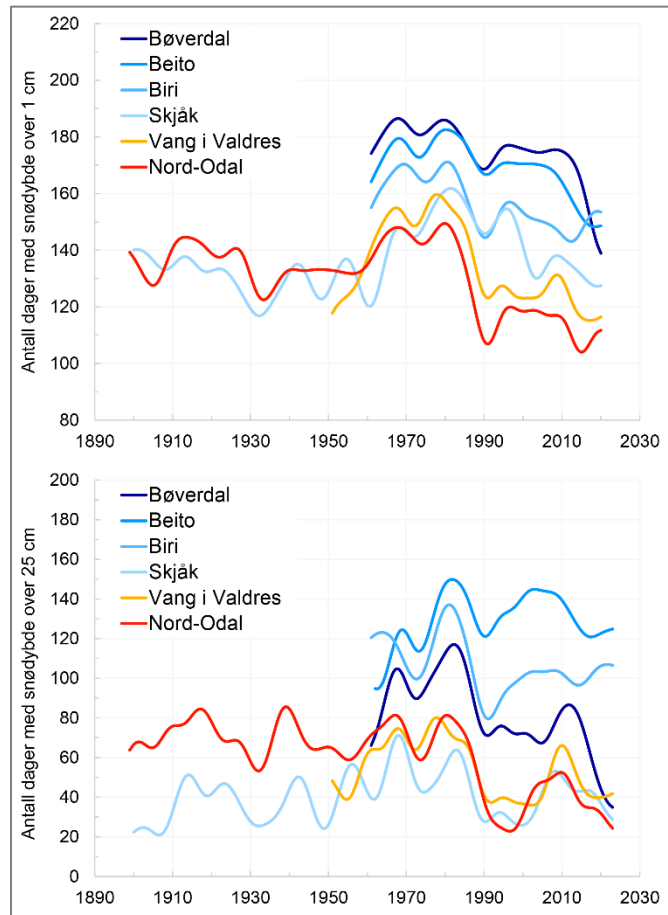


Fig 3. Figuren viser 6 lange tidsserier for snømålinger i Innlandet. Målingene i Nord-Odal og Skjåk startet i 1896 og 1897.

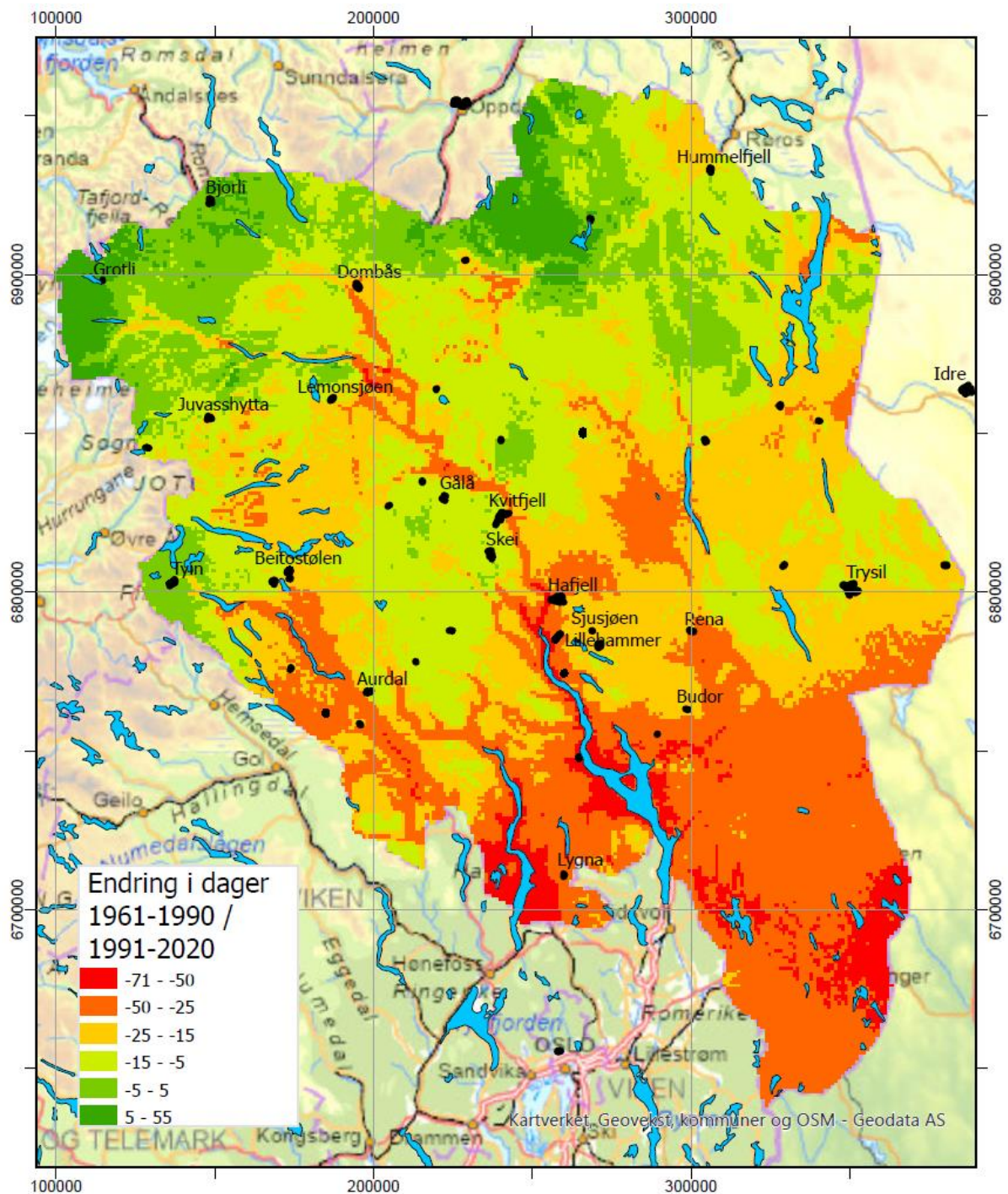


Fig. 4. Kartet viser forskjeller i lengden på skisesongen for de to normalperiodene 1961-1990 sammenlignet med 1991-2020 beregnet fra senorge data (vedlegg 1). De svarte feltene er skianlegg hentet fra Kartverket (geonorge.no). De høyeste områdene kan være usikre på grunn av få værstasjoner.

Nedbør og snødybde er utfordrende å måle nøyaktig, særlig i forbindelse med sterk vind. Heldigvis har vi noen lange måleserier for snødybde i Innlandet (Fig. 3)

Lengden på skisesongen kan også beregnes ut fra senorge data (Fig.4 og 5 og vedlegg). Dette er data beregnet fra nedbør og temperatur i ruter på 1x1 km for hele Norge basert på observasjoner fra værstasjonene. Mengden snø er beregnet ut fra nedbør og temperatur.

Senorge-datasettet dekker hele Innlandet, figur 5 viser et eksempel fra Budor.

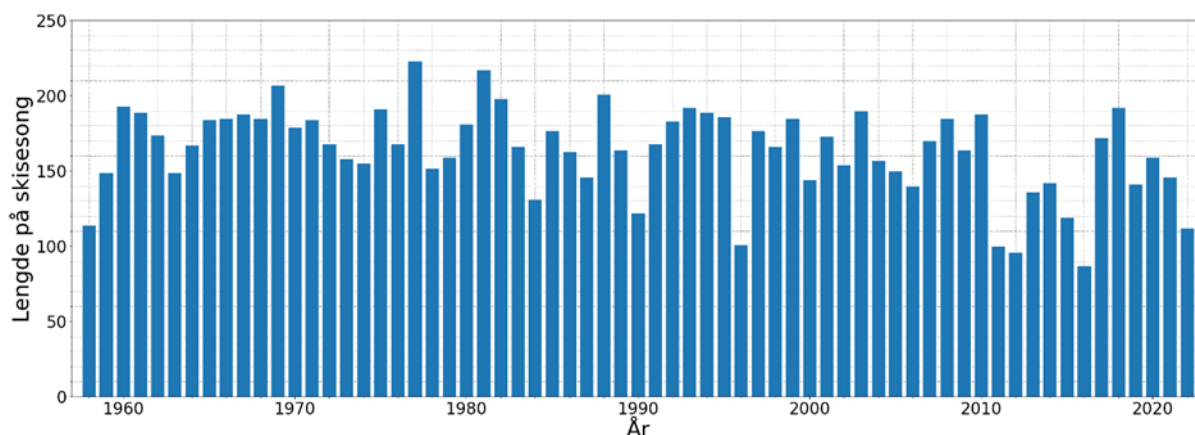


Fig.5. Eksempel på beregning av lengde på skisesong for Budor. Data er basert på data fra værstasjoner (seNorge-data). Budor har i gjennomsnitt 20 dager kortere de siste 30 årene sammenlignet med 1961-1990.

Klimaframskrivinger viser at Innlandet mot midten av århundret vil få ca. 6% økt vinternedbør for middel høye utslipp av klimagasser (rcp4.5) og ca. 12% for høye utslipp (rcp8.5). På grunn av økt temperatur vil ikke dette føre til lengre skisesong, men reduksjonen i lengden på skisesongen vil avta med høyde over havet og derfor bli mindre i de høyere områdene av Innlandet.

Figur 6 viser fordelingen i Innlandet for endringen i antall dager med skiføre for middel og høyt utslippsscenario.

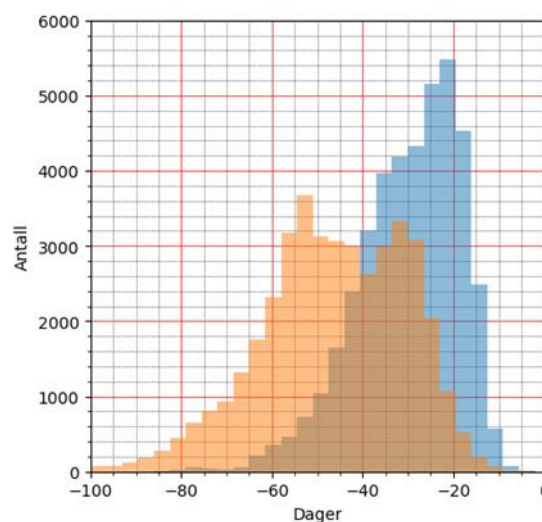


Fig.6. Endring i dager med skiføre midt i århundret for et middel og et høyt utslippsscenario.

Snøproduksjon vs. snølagring

Skianlegg for langrenn og skiskyting har satset på snølagring gjennom mange år (f.eks. Beitostølen, Sjusjøen, Lillehammer, Dombås, Trysil): Snøen produseres under gunstige forhold på vinteren i tørt og kaldt vær, dekkes til med flis eller kunstfiberduk på våren og kjøres ut i skiløypene på høsten.

Produsert snø har høy tetthet og er godt egnet som såle for langrennsløyper. I og med at snøproduksjonen kan gjøres under gunstige forhold, er CO₂ avtrykk og kostnadene ved snøproduksjonen relativt liten sammenlignet med kostnadene med tildekking og utkjøring av snø.

Det er også gjort forsøk med lagring av natursnø, men kvaliteten på snøen blir ikke like god. Massetapet i løpet av sommeren varierer fra 10 % til mer enn 50 % avhengig av værforhold og type tildekking.

Det er bare ett alpinanlegg i Skandinavia (Idrefjell) som har satset stort på snølagring fra en vinter til neste. Dette sikrer snø til høsten for tidlig start av sesongen og reduserer behov for snøproduksjon om høsten i enkelte bakker. De andre alpinanleggene er foreløpig avventende til dette tiltaket.

Galdhøpiggen sommerskisenter har brukt tildekking med duk for å sikre skiforhold tidlig på høsten. Snølagring er også avhengig av vær og klima, men i mye mindre grad enn tradisjonell snøproduksjon. Snø kan lagres i lavereliggende områder i Innlandet, særlig flistildekking gir lite massetap. Ulempen er høye kostnader og CO₂ utslipp knyttet til utkjøring av snø på høsten. Beitostølen har satset på snølagring for Beitosprinten siden 2012. Årlige kostnader er ca. 1,5 mill. NOK (2023) for tildekking og utkjøring av snø selv om logistikken er optimalisert.

Konklusjoner

Antall timer mulig snøproduksjon før jul viser en tydelig avtagende trend for perioden 1979 til 2021, selv om det er store variasjoner fra år til år (Figur 1). For hele perioden er gjennomsnittlig antall timer med mulig snøproduksjon nesten halvert. Spesielt tydelig er endringene etter 2002. Klimaframskrivingene viser at denne trenden vil fortsette. For tidsperspektivet fram mot 2050 vil de store skianleggene kunne sikre åpning til juleferien med dagens praksis og teknologi i de høyereliggende områdene, mens det i de lavereliggende løypene vil være økende utfordringer knyttet til å åpne til jul. Denne tendensen er allerede tydelig ut fra klimaendringene de siste 30-40 årene.

Arrangement for langrenn og skiskyting før jul vil i økende grad være avhengig av snølagring og i mindre grad tradisjonell snøproduksjon på høsten. Det vil være behov for å videreutvikle teknologi og praksis knyttet til snølagring og snøproduksjon for å redusere kostnadene og CO₂-avtrykk knyttet til en tidlig start av skisesongen. For langrenn og skiskyting vil effektivisering av metodene for snølagring være viktig for en tidlig start av skisesongen i Innlandet.

Teknologi for snøproduksjon uavhengig av temperatur (snøfabrikker) kan få betydning, men dagens teknologi er energikrevende.

Skiløyper basert på natursnø vil i gjennomsnitt oppleve en kortere skisesong, men dette vil være avhengig av høyde over havet. I Innlandet vil høydeintervallet fra 700-1000 moh. fortsatt ha gode skiforhold fram til 2050 selv om det i enkelte år vil være problemer med skiføret til jul og i påskeferien. I gjennomsnitt vil skisesongen bli 30 dager kortere med middel utslippsscenario (rcp4.5) og mer enn 45 dager kortere med høyt utslippsscenario (rcp8.5) fram til midten av århundret. Det er særlig usikkerhet knyttet til nedbørutviklingen.

Forskjellene på lengden av skisesongen mellom lavlandet og høyereliggende områder vil øke. Denne tendensen er allerede tydelig ut fra klimaendringene de siste 30 årene. Økt nedbør og perioder med intens nedbør kan føre til snørekorder også i lavlandet selv om skisesongen i gjennomsnitt blir kortere i hele Innlandet.

Det blir mer vanlig med smelteperioder i vinterhalvåret, også i høyereliggende områder.

Videreføring av prosjektet

Prosjektet har vist at historiske klimadata sett i sammenheng med klimaframskrivninger kan gi et godt grunnlag for klimatilpasning knyttet til å sikre gode snø- og skiforhold.

Tilrettelegging av slike data mot bestemte brukerbehov krever kunnskap om brukerbehovene kombinert med kompetanse i å tolke meteorologiske observasjoner og resultatene fra klimamodellene. De globale klimamodellene er ikke laget for å beskrive lokale forhold, derfor må det legges vekt på hvordan lokalklima henger sammen med det store bildet og lokale geografiske forhold. I en videreføring av prosjektet er det naturlig å utvide brukergruppen, ta inn nye klimaframskrivninger som kommer i 2024 og fokusere mer på nedskalering fra de globale klimamodellene. Når det gjelder framskrivingsdata er det nødvendig å kombinere data fra dynamisk nedskalering med ESD-data. Dette er til en viss grad gjort, men dette bør vektlegges mer i en videreføring av prosjektet.

Takk til:

Følgende personer ved Meteorologisk institutt har bidratt i dette arbeidet og gitt innspill på rapporten: Hilde Haakenstad, Kajsja Parding, Morten Andreas Ødegaard Køltzow, Rasmus E. Benestad, Kristin Rosnes Holte, Hans Olav Hygen og Anniken Sanna

VEDLEGG – Datagrunnlaget

NORA3 er modelldata som gir en detaljert og kontinuerlig framstilling av prosesser ved bakken og i atmosfæren og har en geografisk detaljeringsgrad (horisontal oppløsning) på 3×3km, med atmosfæren delt inn i 65 vertikale lag, og gir data hver time (noen parametere lagres hver tredje time). NORA3 dekker tidsperioden fra 1979 til i dag og vil bli jevnlig oppdatert. NORA3 er laget ved hjelp av en såkalt atmosfærisk dynamisk nedskalering av det toppmoderne globale reanalysedatasettet ERA5 fra det europeiske værserveret ECMWF. En reanalyse som ERA5 bruker i utgangspunktet den samme metoder som for å lage et værvarsel. Forskjellen er at i stedet for å bruke modellen til å beregne været fremover i tid, blir beregningene gjort mange ganger for en historisk periode bak i tid. Observasjoner blir kombinert med kjøring av matematiske modeller slik at resultatet blir et finmasket rutenett som beskriver for eksempel temperatur, vind, trykk og nedbør. Rutenettet strekker seg fra jordoverflaten og langt opp i atmosfæren. Modellen som brukes i nedskaleringsprosessen for NORA3 er værvarslingsmodellen HARMONIE-AROME, som brukes i korttids-værvarsling (varsel for de neste 2-3 dagene) av mange europeiske værtjenester og forskningsinstitutter, inkludert Meteorologisk institutt. NORA3-datasettet er en hybrid mellom et hindcast (en historisk re-prognose som innpasser modellen fremover i tid akkurat som med en prognose, dvs. at prognosen gjøres på nytt ved å bruke noe som opprinnelig ikke var tilgjengelig) og et reanalysedatasett på grunn av måten observasjonene behandles i modellen. HARMONIE-AROME bruker en metode for å overføre observasjoner av 2m temperatur og 2m relativ fuktighet inn i modellen (dataassimilering). Mer informasjon om datasett og metode finnes i Haakenstad m.fl. 2021.

seNorge_2018 er et datasett med daglige nedbør- og temperaturkart for Norge og produseres av Meteorologisk institutt. Kartene danner grunnlaget for tilsvarende snøkart, for bl.a. snødybde og snøens vannekvivalent. Daglige kart over nedbørsum og middeltemperatur for døgnet er laget tilbake til 1. januar 1957 frem til gårsdagens dato. Grunnlaget for de observasjonsbaserte nedbør- og temperaturkartene er målinger av nedbør og temperatur som gjøres på de ulike målestasjonene rundt om i landet. Antall stasjoner som er med i grunnlaget, har variert over tid. Til enhver tid brukes de målingene som er tilgjengelig. Ut fra disse målingene beregnes (interpoleres) nedbøren og temperaturen for ruter på 1 kvadratkilometer. Interpolasjonsmetoden går i korte trekk ut på matematisk å beregne eller anslå verdi for noe mellom verdier som allerede er kjent. I dette tilfellet brukes det som er målt av nedbør og temperatur på målestasjoner som kjente verdier, mens temperatur og nedbør beregnes for alle de stedene (rutene) som ikke har målinger. Interpolasjonen er tredimensjonal, det betyr at den tar hensyn til at nedbøren og temperaturen ikke bare varierer fra sted til sted, men også med høyden. I virkeligheten synker stort sett temperaturen med høyden, men av og til, gjerne om vinteren, er det omvendt: temperaturen stiger med høyden. Dette kalles inversjon. Den tredimensjonale interpolasjonen tar høyde for dette og bruker observasjoner av temperatur fra ulike høyder til å korrigere for det. SeNorge_2018 korrigerer også for oppfangningsvikt, dvs. at nedbørstasjonene ikke klarer å fange opp all nedbøren når det blåser mye. I tillegg brukes nedbørsklimatologi fra værvarslingsmodeller i tillegg til observasjoner når nedbørobservasjoner interpoleres mellom stasjoner. Mer informasjon om datasett og metode finnes i Lussana m.fl. 2019 og Lussana 2020.

Empirisk-statistisk nedskalering (ESD): For å få lokale estimat på fremtidige klimaendringer på finere skala enn de globale klimamodellenes romslige oppløsning tillater, har vi brukt empirisk-statistisk nedskalering. Her har vi nedskalert middeltemperaturen for sesongen oktober - desember for perioden 1950 - 2100 basert på flere fremtidsscenarioer. Empirisk-statistisk nedskalering går ut på å finne en sammenheng mellom de storskala klima-mønstrene, som er godt representert av globale klimamodeller, og responsen på lokalt nivå. Her har vi brukt en metode utviklet av Benestad m.fl. (2015), der storskala klima representeres av reanalyse (et komplett og konsistent datasett som er produsert med hjelp av observasjoner og værvarslingsmodeller) kombinert med data fra globale klimamodeller, og den lokale responsen er representert av bakkebaserte observasjoner. En styrke med empirisk-statistisk nedskalering er at det er effektivt og krever lite ressurser. Dette betyr at den lett kan brukes på store ensembler med mange simuleringer fra flere klimamodeller, hvilket gir en god oversikt over spennet i de mulige fremtidige utfallene av klimaendringene. Her blir resultatene presentert som ensemble-statistikk (gjennomsnitt og percentiler) av de hundrevis modellsimuleringer som har blitt nedskalert.

Rasmus E. Benestad, Deliang Chen, Abdelkader Mezghani, Lijun Fan & Kajsa Parding (2015) On using principal components to represent stations in empirical–statistical downscaling, *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 67:1, DOI: 10.3402/tellusa.v67.28326

Haakenstad, H., Breivik, Ø., Furevik, B. R., Reistad, M., Bohlinger, P., & Aarnes, O. J. (2021). NORA3: A nonhydrostatic high-resolution hindcast of the North Sea, the Norwegian Sea, and the Barents Sea. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 60(10), 1443-1464.

Lussana, C., Tveito, O. E., Dobler, A. and Tunheim K.: SeNorge_2018, daily precipitation, and temperature datasets over Norway, *Earth Syst. Sci. Data*, 11, 1531–1551, <https://doi.org/10.5194/essd-11-1531-2019>, 2019.

Lussana, C.: SeNorge observational gridded datasets (SeNorge_2018, version 20.05), MET report No. 07/2020, The Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway, <https://www.met.no/publikasjoner/met-report>, 2020.