



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2020 30 stp

Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Endret beitetrykk har effekter for planteegenskaper hos utvalgte boreale- og alpine arter

En etterundersøkelse etter 15 år langt
beiteeksperiment

Lena Straume

Naturforvaltning

A photograph of a mountain landscape. In the foreground, a yellow flower with multiple small heads is in focus. The background shows a vast, green mountain valley with rocky patches, leading up to distant, hazy mountain ranges under a blue sky with scattered clouds.

ENDRET BEITETRYKK HAR
EFFEKTER FOR PLANTEEGENSKAPER
HOS UTVALGTE BOREALE- OG ALPINE ARTER
-EN ETTERUNDERSØKELSE ETTER 15 ÅR LANGT BEITEEKSPERIMENT

LENA STRAUME, 2020

Norges miljø- og biovitenskaplige universitet (NMBU)
Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

Hovedveileder: Kari Klanderud (NMBU)

Bi-veiledere: Ida Marielle Mienna og Ole Martin Bollandsås (NMBU), og Gunnar Austrheim (NTNU)

Forsidebilde: Studieområdet ved Minnestølen i Hol kommune (Lena Straume, 2019)

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	5
ABSTRACT	5
INNLEDNING	6
MATERIAL OG METODE	10
OMRÅDET OG EKSPERIMENTET	10
OMRÅDEBESKRIVELSE	10
BEITEEKSPERIMENTET	11
ARTER	13
<i>Gullris</i>	13
<i>Fjelltistel</i>	14
<i>Engsyre</i>	14
<i>Perlevintergrønn</i>	14
<i>Setergråurt</i>	14
INNSAMLING AV FELTDATA	15
Statistikk	17
RESULTAT	18
<i>Forekomst av planteartene</i>	18
<i>Plantehøyde</i>	21
<i>Beite på artene</i>	22
<i>Blomstring</i>	23
<i>Plantetetthet</i>	24
SAMMENLIGNING AV DATA FRA BEITEEKSPERIMENTET	25
<i>Forekomst av planteartene</i>	25
<i>Antall planteindivider</i>	26
<i>Endringer i plantetetthet fra år 2007 til 2019</i>	28
DISKUSJON	29
<i>Forekomst av artene</i>	29
<i>Plantehøydeøye</i>	30
<i>Beite på artene</i>	30
<i>Blomstring</i>	31
<i>Plantetetthet</i>	31
<i>Endringer i plantetetthet fra år 2007 til 2019</i>	31
KONKLUSJON	33
REFERANSELISTE	34
VEDLEGG A	37

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet etter fem år med studier både i Sogndal og på Ås. Det har vært en spennende oppgave å skrive, med mange spennende utfordringer som har resultert i mye læring.

Jeg er takknemlig for at jeg fikk muligheten til å delta på prosjektet i Hol. Takk for alle gode råd og diskusjoner med alle mine veiledere både på NMBU og ved NTNU. Og takk for all god hjelp jeg fikk under feltarbeidet sommeren 2019.

Takk til gode studievenner for hyggelige lunsjsamtaler og gode diskusjoner. Jeg vil også takke katten min Arne, for godt selskap etter at koronarestriksjonene trådte i kraft.

16. mai 2020, Porsgrunn
Lena Straume

Sammendrag

Beite er en viktig faktor som påvirker forekomst og egenskaper til mange plantearter. Denne studien er gjennomført som en etterstudie etter et 15 år langt beiteeksperiment med fravær av sau, lavt beitetrykk (25 sau per km²) og høyt beitetrykk (80 sau per km²). Etter at beiteeksperimentet ble avsluttet har det de fire siste årene vært et lavt beitetrykk i hele studieområdet. Jeg ønsket å undersøke resiliensen til utvalgte planter, hvordan de har respondert på endret beitetrykk.

Forekomst av individer var ulik mellom behandlingene med endret beitetrykk for gullris, perlevintergrønn og setergråurt. Plantehøyden til gullris og fjelltiste hadde sammenheng med endret beitetrykk. Endret beitetrykk hadde betydning for om gullris, fjelltistel og engsyre ble beitet.

Tettheten av planteindivider i 2019 varierte mellom behandlingene for gullris og engsyre, men endringer i plantetetthet fra beiteeksperimentet i 2007 med ulike beitetrykk (fravær, lavt- og høyt beitetrykk) til lavt beitetrykk i 2019 viste ingen sammenheng med endret beitetrykk.

Effektene av endret beitetrykk var fire år etter beiteeksperimentet ble avsluttet fortsatt målbart for forekomst, tetthet, plantehøyde og beitefrekvens for gullris, fjelltistel, engsyre, perlevintergrønn og setergråurt. Dette kan tyde på at plantene bruker lenger tid tilpasse seg lavt beitetrykk enn fire år i seterområdet som jeg har undersøkt.

Abstract

Grazing is an important factor affecting the occurrence and characteristics of many plant species. This study was conducted as a post-study after a 15-year long grazing experiment with the absence of sheep, low grazing pressure (25 sheep per km²) and high grazing pressure (80 sheep per km²). Since the end of the grazing experiment, the study area has for the past four years had a low grazing pressure. I wanted to investigate the resilience of selected herb species, how they responded to altered grazing pressure.

The occurrence of species differed between treatments with altered grazing pressure for *Solidago virgaurea*, *Pyrola Minor* and *Omalotheca norvegica*. The plant height of *Solidago virgaurea* and *Omalotheca norvegica* was related to the changed grazing pressure. Altered grazing affected whether *Solidago virgaurea*, *Saussurea alpina* and *Rumex Acetosa* were grazed. The density of plant individuals in 2019 varied between the treatments for *Solidago virgaurea* and *Rumex Acetosa*, but changes in plant density from the grazing experiment in 2007 with different grazing pressures (absence, low and high grazing pressure) to low grazing pressure in 2019 showed no correlation with altered grazing pressure.

The effect of altered grazing pressure was four years after the grazing experiment, still measurable for occurrence, density, plant height and grazing frequency for *Solidago virgaurea*, *Saussurea alpina*, *Rumex Acetosa*, *Pyrola Minor* and *Omalotheca norvegica*. This may indicate that the herbs need more time adapting to low grazing pressure, longer time than four years in the mountain farm area that I have examined.

Innledning

Store utmarksarealer i Norge, helt fra kysten og oppover i fjellet, har historisk blitt brukt til høsting av tømmer og som beiteområder (Norderhaug, 1999). Omtrent 50% av Norges fastmark består av fjellområder, og har derfor vært en viktig økonomisk ressurs for landbruket (Austrheim & Mysterud, 2005). Den boreale- og alpine sone er benyttet som utmarksbeite om sommeren (Austrheim et al., 2008a), og sauebeite påvirker landskapet og vegetasjonssammensetningen (Hobbs, 1996, Evju, Mysterud, Austrheim & Økland, 2006). Antallet jordbruksenheter med sau har de siste 40 årene blitt sterkt redusert, det er imidlertid store forskjeller mellom fylkene (ssb, 2014). I 2018 ble det på landsbasis sluppet 1,5 million sau og lam på beite, med flest i Oppland og Trøndelag (Angeloff, 2020). Store deler av beiteområdene har et lavt beitetrykk (0 – 20 sau km²), mens det er også arealer med høyere beitetrykk (25 – 50 sau km²) og mindre arealer med høyt beitetrykk (>50 og sau km²) (Nibio, 2020). Hva som er høyt beitetrykk bestemmes av vegetasjonstype og produktiviteten til beiteområde (Rekdal, 2001a).

Beitedyr har stor påvirkning på mange ulike økosystem (Hobbs, 1996) og påvirker vegetasjonssammensetningen (Mysterud et al., 2011). Beite påvirker vegetasjonen på flere ulike måter ved at 1) noen planter prefereres av beitedyrene (selektiv beiting), 2) jordtramping som komprimerer jorda, men også lager groper hvor frø kan spire, 3) gjødsling, samt 4) spredning av frø (Norderhaug, 1999). Selektivt beite, jordpakking og flekkvis gjødsling medfører en variert og heterogen vegetasjon. Sau som beitedyr selekterer urter fremfor gressplanter og forvæda arter (Norderhaug, 1999). Beitedyr påvirker også planteegenskaper og plantekvaliteten (Mysterud et al., 2011). Effektene av beite avhenger av en rekke ulike faktorer; type beitedyr, beiteintensitet, skala, økosystemets produktivitet og klima (Mysterud & Austrheim, 2005).

Beitedyr har alltid hatt en naturlig påvirkning på vegetasjonen (Odland, 2017), og beite i fjellområdene har en lang historie, datert helt tilbake til bronsealderen (Austrheim & Mysterud, 2005). Fjellområdene i Norge har derfor utviklet seg sammen med naturlig beite over lang tid (Körner, 1999). Planter som blir utsatt for et lavt beitetrykk kan virke nærmest upåvirket av forstyrrelsen (Austrheim, Mysterud, Pedersen, Halvorsen, Hassel og Evju, 2008b). Dette kan tyde på at alpine plantene er tilpasset et lavt beitetrykk.

Generelt har planter i fjellet god lystilgang, og fjellplanter har derfor større biomasse under bakken i forhold til biomasse av stengel og bladverk (Odland, 2017). Vegetativ formering er vanlig for planter i beitemarker men også for fjellplanter (Odland, 2017). Dette er vanlig fordi vegetativ formering er mindre energikrevende, men også gunstig i fjellet der det er kortere vekstsesong sammenlignet med lavlandet. Planters toleranse mot beiting er varierende, og noen planter er mer tolerante enn andre (Lanta, Austrheim, Evju, Klimešová & Mysterud, 2014).

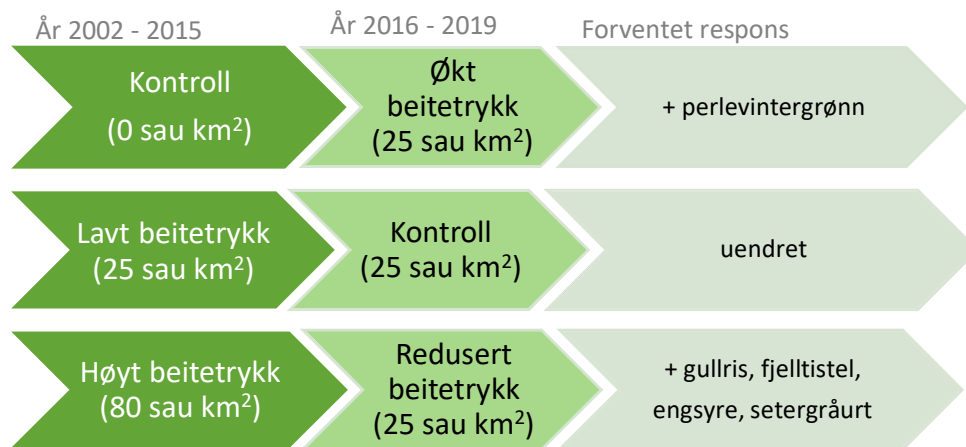
Beite kan beskrives som en miljøforstyrrelse, som forårsaker tap av plantevev (Odland, 2017). Resiliensen til et økosystem baserer seg på hvor mye forstyrrelse systemet tåler, og systemets evne til å restaurere seg selv etter en forstyrrelse (Henderson & Lawrence, 2011). Generelt kan forsvar defineres som de egenskapene som gir planten en fordel ved nærvær av planteetere (Strauss & Agrawal, 1999). Ulike plantearter som vokser i beitemarker har

forskjellige strategier for overlevelse, der *resistens* og *toleranse* er to hovedstrategier (Evju et al., 2009).

Planters evne til å forsvare seg mot beite er et resultat av en rekke responser og livshistorie (Strauss & Agrawal, 1999). *Resistens* er egenskaper hos plantene som reduserer beite eller ytelsen til planteetere (Strauss & Agrawal, 1999). Lave urter unngår å bli selektert av beitedyr, og kan beskrives som en resistens strategi (Evju, Austrheim, Halvorsen & Myrnes, 2009). *Toleranse* hos plantene kan beskrives som graden planten påvirkes av skadene, altså evnen til å gro og reprodusere etter skaden (Strauss & Agrawal, 1999). Lavt vekstpunkt hos urter og gress medfører at de kan fortsette å vokse etter at de har blitt beitet. Gress er best tilpasset beite, ved et høyt beitetrykk øker derfor andelen graminider (Austrheim et al., 2008). Krypene urter og planter med rosettform er eksempler på urter med lavt vekstpunkt (Norderhaug, 1999), slike planter vil typisk øke i forekomst ved beite (Diaz et al., 2007). Ved økt beitetrykk øker også forekomsten av planter med høy biomasse av røtter i forhold til biomasse over bakken (Evju et al., 2009). Slike plantearter kan dermed karakteriseres å ha en toleransestrategi siden de har en god evne til gjenvekst (Evju et al., 2009).

De morfologiske og fysiologiske egenskapene artene har er styrende for hvor preferert de er som fôr, men også hvor tolerante og resistente plantene er mot beite (Evju et al., 2009). Planteetere foretrekker arter med få forsvarsmekanismer og som er lett tilgjengelige (høyere urter) (Evju et al., 2009). Økt beitetrykk medfører også endrede konkurranseforhold, lavere urter får bedre lysforhold og vil typisk øke i mengde (Lanta et al., 2014).

Denne oppgaven tar utgangspunkt i etterundersøkelser fire år etter et 15 år langt beiteeksperiment i et seterområde i Hol kommune. Studieområdet har en høydegradient på omtrent 300 meter og har under beiteeksperimentet vært delt inn med gjerder i tre ulike beitetrykk; uten beite, lavt beitetrykk (25 sau per km²) og høyt beitetrykk (80 sau per km²). I dag er disse gjerdene tatt ned, og beitetrykket er lavt i hele området. Etter fire år med lavt beitetrykk, har jeg undersøkt artenes resiliens; graden området har restaurert seg selv etter beiteeksperimentet. Underveis i beiteeksperimentet har det blitt gjennomført studier av hvordan beite endrer vegetasjonssammensetningen og påvirker veksten og overlevelsen til planter (Austrheim et al. 2008b, Evju et al., 2009, Lanta et al. 2014, Maurset, 2015). I én av disse studiene ble det gjort analyser av hvilke arter som er gode indikatorer på ulike beitetrykk (Evju, et al., 2006). På bakgrunn av resultatene fra denne studien har jeg valgt ut fem arter; gullris (*Solidago virgaurea*), fjelltistel (*Saussurea alpina*), engsyre (*Rumex acetosa*), perlevintergrønn (*Pyrola minor*) og setergråurt (*Omalotheca norvegica*). Disse fem artene viste forskjeller i høyde, blomstring og/eller beitefrekvens mellom de ulike beitetrykkene. Jeg vil derfor undersøke de samme parameterne for å se hvordan artene har respondert på endret beitetrykk etter beiteeksperimentet. Figur 1 viser endringene i beitetrykk siden 2002 og noen generelle hypoteser.



Figur 1 Mørkegrønne piler viser beiteeksperimentet fra 2002-2015 med tre ulike beitetrykk, lysegrønne piler viser behandlingene fra 2016-2019. De lyseste pilene viser forventet respons for de ulike artene basert på hvordan de har respondert på beiteeksperimentet tidligere (Evju et al., 2006). «+» indikerer en økning i forekomst.

Beite er en forstyrrelse som medfører tap av biomasse og plantevev ettersom det er energikrevende for plantene å danne nye stengler og blader (Odland, 2017). Generelt vil jeg derfor forvente økt forekomst hos de høyere urtene. Dersom plantene ikke viser forskjeller mellom de tidligere beitetrykkene viser dette at de takler disse endringene. Uendret beitetrykk, er kontrollbehandlingen min, her forventer jeg ingen endring i plantenes forekomst.

Suksess for plantene kan måles ved forekomst av individer i et område enten ved et generelt stort antall eller stor tetthet på mindre flekker spredt over området. I tillegg er både høydevekst og reproduksjonsrate mål på plantesuksess siden disse har direkte sammenheng med de ressursene som er tilgjengelig for plantene. Reproduksjonsevnen vil også komme til uttrykk gjennom blomstersetting og forekomst av knopper som et synlig uttrykk for fertilitet.

Ettersom ulike arter forsvaret seg mot og håndterer beite ulikt, forventer jeg at artene har en artsspesifikk respons på det endrete beitetrykket. Mer spesifikt stiller jeg følgende spørsmål:

- Er forekomst av planteindivider forskjellig mellom behandlingene, og er det styrt av vegetasjonstyper og elevasjon?
- Varierer plantehøyde mellom behandlingene og med elevasjon?
- Hvilke planter beites, og varierer dette mellom behandlingene, vegetasjonstyper og elevasjon?
- Hvordan påvirker endret beitetrykk fertilitet?
- Hvordan har tettheten av planteindivider endret seg etter at eksperimentet ble avsluttet, har endringer i plantetetthet sammenheng med beiteeksperimentet, vegetasjonstyper eller med elevasjon?

De ulike planteartene forekommer naturlig i ulike vegetasjonstyper. Den viktigste faktoren for fordelingen av vegetasjonstyper og arter er styrt av temperatur, som igjen henger sammen med høyde over havet (Moen, 1999). Effekten av beiteeksperimentet har vært noe ulik langs høydegradienten i området (Maurset, 2015), jeg forventer derfor at endret

beitetrykk også varierer med elevasjon. I henhold til tidligere undersøkelser vil jeg forvente en økt forekomst av små planter som perlevintergrønn ved et økt beitetrykk, og en økning av høyere urter som fjelltistel og setergråurt ved reduksjon i beitetrykk (Evju et al., 2009).

Plantehøyden vil reduseres ved beite og minke med økende elevasjon (Odland, 2017). Siden studieområdet i dag har jamt beitetrykk i hele området vil jeg generelt forvente at plantehøyden ikke varierer mellom behandlingene. Gullris og setergråurt har tidligere vist ulik høyde mellom ulike beitetrykk (Lanta et al., 2014), og dersom disse plantene nå har tilpasset seg dagens beitetrykk vil plantehøyden være lik mellom behandlingene.

Tidligere undersøkelser har rangert plantene i hvor mye de blir selektert av sauene; gullris, setergråurt, engsyre og fjelltistel ble mest beitet (Evju et al., 2006). Jeg forventer derfor at gullris blir mest beitet. Perlevintergrønn ble derimot kun beitet ved høyt beitetrykk. Det kan tenkes at disse plantene blir mer beitet i produktive vegetasjonstyper som høgstaudeenger.

Jeg forventer at plantene har en lav blomstringsfrekvens, da blomstringsfrekvensen har vist seg å bli redusert ved både høyt og lavt beitetrykk sammenlignet med uten beite (Lanta et al., 2014).

Jeg forventer at plantene vil øke i antall og tetthet der plantene har gode vekstvilkår. Det ble ikke funnet evidens for at plantetettheten hadde sammenheng med beitetrykkene under beiteeksperimentet (Lanta et al., 2014). I likhet med forekomst forventer jeg at de små urtene har økt tettheten etter økt beitetrykk, og de høyere urtene øker i tetthet ved redusert beitetrykk. Jeg forventer at endringer i tetthet fra 2007 til 2019 har en sammenheng med de endrede beitetrykkene. Jeg forventer at tettheten har økt med elevasjon, som et resultat av økt temperatur. Produktiviteten og artssammensetningen er noe ulike i de forskjellige vegetasjonstypene, jeg forventer derfor at vegetasjonstypene har betydning for endring i plantetetthet.

Material og metode

Området og eksperimentet

Studieområdet er i Hol kommune i Viken fylke ($60^{\circ} 40' - 60^{\circ} 45' \text{ N}$, $7^{\circ} 55' - 8^{\circ} 00' \text{ Ø}$) (Figur 2). Området ligger i en sørvendt skråning i tregrenseøkotonen og strekker seg fra 1050 m – 1320 moh., og arealet på studieområdet er 2,7 km² stort. Området er et tidligere seterområde, hvor det gjennom lang tid har vært beitet med et beitetrykk som ca. tilsvarer 10 sau per km² (Austrheim, 2005). Det har imidlertid vært en vedvarende nedgang i antall beitedyr i kommunen fra 1949 (Austrheim et al., 2008b).

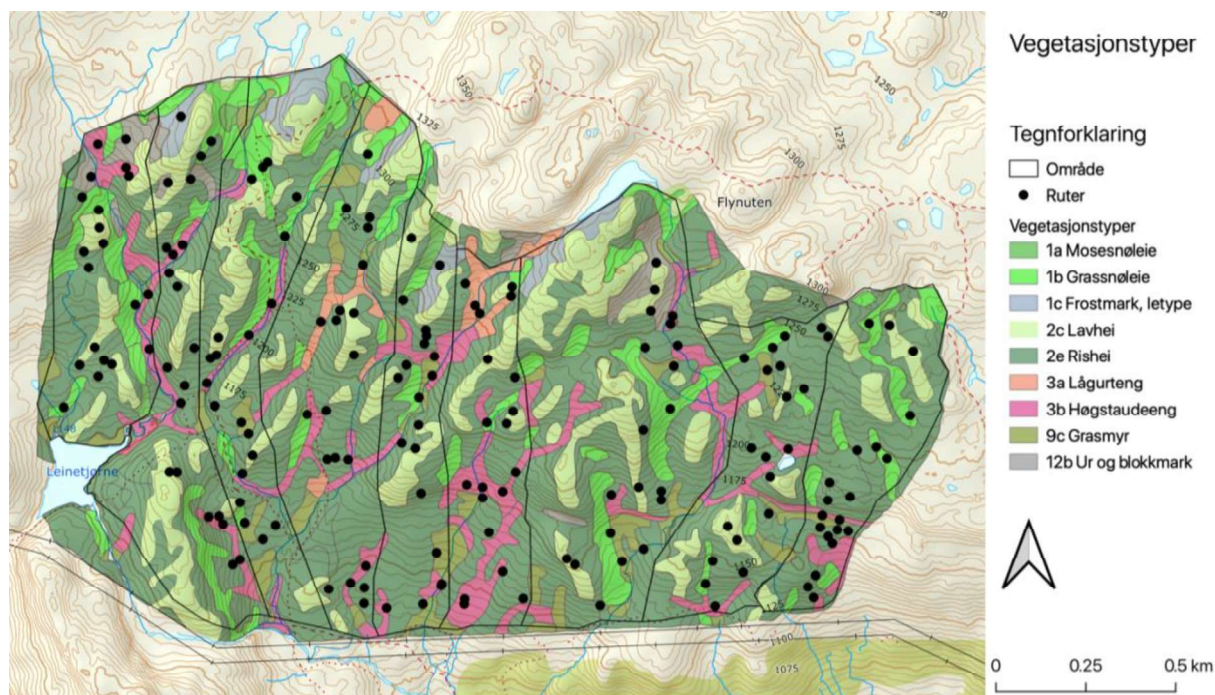
Områdebeskrivelse

Berggrunnen i området består av meta-arkose (NGU,2020), som gir opphav til moderat baserikt jordsmonn, spesielt i forsenkninger i landskapet med rennende vann (Austrheim, Evju & Mysterud, 2005). Klimaet i området kan betegnes som sub-kontinentalt og alpint. Klimadata er beregnet fra de offisielle værstasjonene i Norge og interpolert for de eksakte koordinatene til studieområdet. Disse beregningene er utført av meteorologisk institutt (Tveito, Bjørdal, Skjevåg & Aune, 2005). Den gjennomsnittlige årsnedbøren i området de siste 30 årene har vært 729 mm, og gjennomsnittlig sommertemperatur på 8,4 C°, og en vintertemperatur på -8,5 C°.

Snø og vinddynamikk er viktige faktorer i alpine økosystem. Dette påvirker fordelingen av vegetasjonstyper fra våte snøleier, hei, til tørre og vindblåste rabber (snøleie – rabbe gradienten; Odland, 2017). Vegetasjonstypen som dominerer området er rishei, med arter som dvergbjørk (*Betula nana*), einer (*Juniperus communis*), vier (*Salix spp.*), blåbær (*Vaccinium myrtillus*), krekling (*Empetrum nigrum*) og røsslyng (*Calluna vulgaris*) (Figur 3).



Figur 2 Kartet viser studieområdets plassering i Sør-Norge. Hol kommune er markert i grått med en svart prikk som markerer plassering av studieområdet.



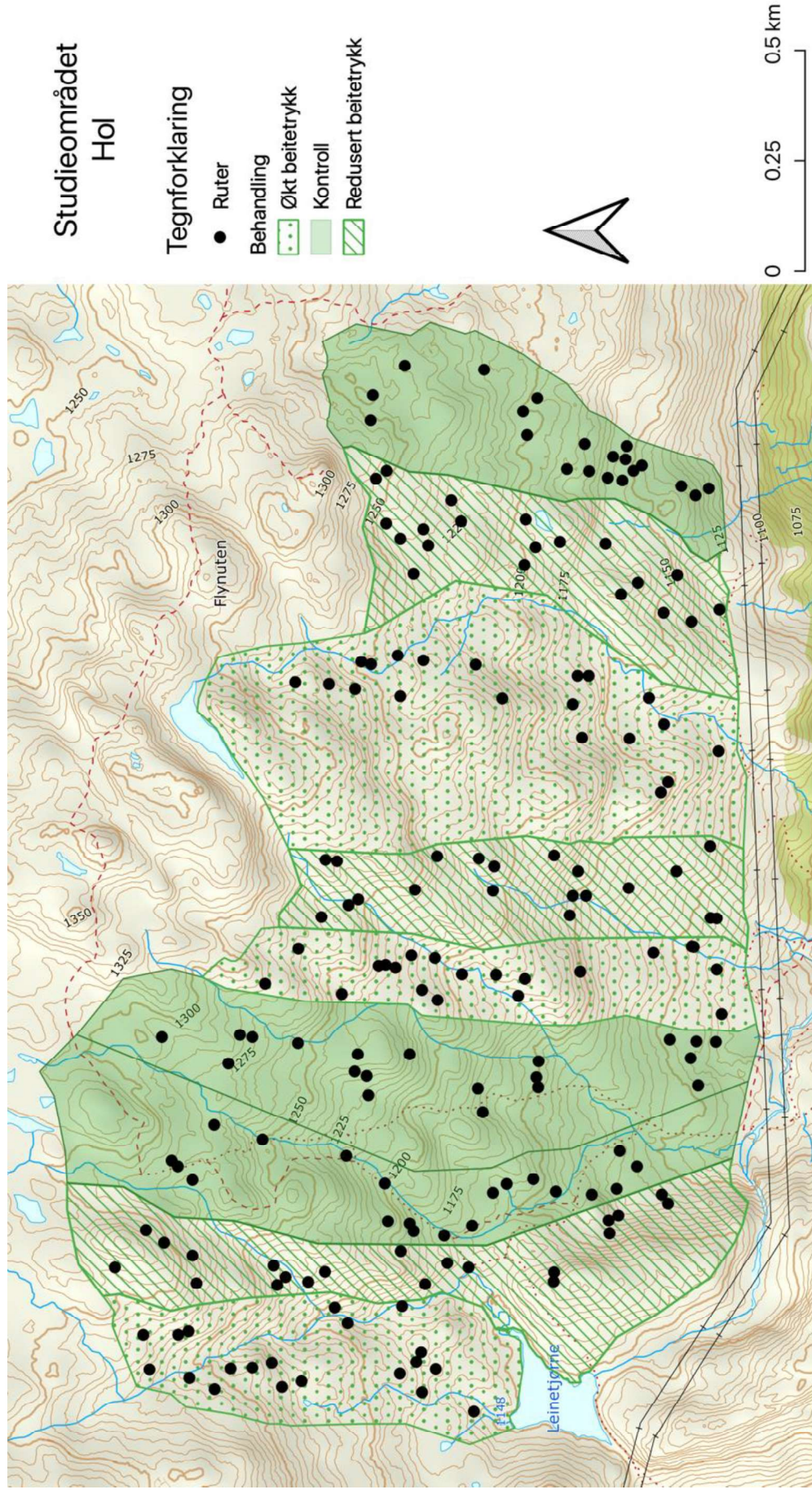
Figur 3 Kartet viser de kartlagte vegetasjonstypene i studieområdet markert med ulike farger (Rekdal, 2001b). Rutene er markert med svarte prikker, og innhegningene er markert med svart linje. Utarbeiding av kartet er gjort i programvaren QGIS (QGIS Development Team, 2019), med topografisk norgeskart som bakgrunns kart (Kartverket, 2017).

Beiteeksperimentet

Før beiteeksperimentet startet ble vegetasjonen kartlagt etter vegetasjonstyper fra NIBIO (Figur 3) (Rekdal, 2001b). Basert på denne vegetasjonskartleggingen ble det kalkulert hvor produktivt området var med tanke på beitekvalitet, og beitetrykk målt som antall sau per km² ble dermed tilpasset vegetasjonen.

Området ble inngjerdet i 2001, og delt inn i ni innhegninger på ca. 0,3 km², med tre repetisjoner av hver behandling (ingen sau, lavt og høyt beitetrykk). Innenfor hver innhegning ble det opprettet 20 fastruter (0,25 m²). Disse var stratifisert i forhold til vegetasjonstype og høyde over havet. Fastrutene er kartfestede observasjonseenheter, som også er benyttet til tidligere undersøkelser i området.

Beiteeksperimentet startet sommeren 2002, og har pågått hver sommer inntil 2015. Beitesesongen i området har startet i slutten av juni og vart til begynnelsen av september. Etter at beiteeksperimentet var avsluttet ble gjerdene tatt ned, og beite i området har siden tilsvart omtrent 25 sau per km². Dette danner grunnlaget for studien min, da jeg undersøker effekten av endret beitetrykk (Figur 4). Behandlingene ble delt inn i «kontroll», «økt beitetrykk» og «redusert beitetrykk» (Figur 1), dette basert på endringen i beitetrykk siden 2015 innenfor de aktuelle områdene.



Figur 4 Kartet viser studieområdet med behandlingene kontroll, økt- og redusert beitetrykk. Fastrutene som er benyttet til feltundersøkelser er markert som svarte prikker, det er 20 ruter innenfor hver blokk (tidligere innhegninger). Utarbeiding av kartet er gjort i programvaren QGIS (QGIS Development Team, 2019), med topografisk norgeskart som bakgrunns kart (Kartverket, 2017).

Arter

Jeg har undersøkt fem arter, disse er valgt ut på grunnlag av tidligere analyser i området (Evju et al., 2006, Lanta et al., 2014). Disse fem artene responderte ulikt mellom beitetrykkene i eksperimentet, og viste seg å være anvendelige indikatorer for beitetrykk. Tabell 1 viser artene og de tre målte variablene, med positive eller negative effekter av de ulike beitetrykkene (Evju, et al., 2006, Lanta et al., 2014).

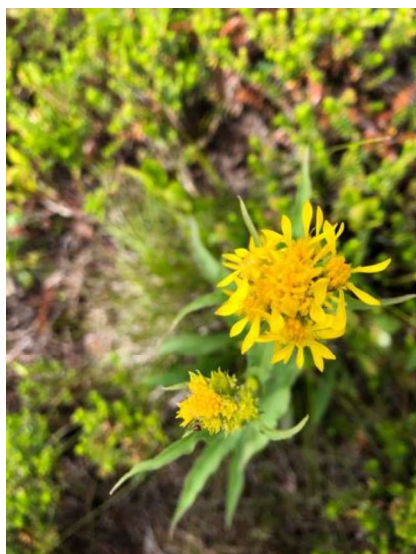
Tabell 1 Signifikante effekter av beiteeksperimentet på plantene for beitefrekvens, plantehøyde og blomstringsfrekvens (Evju et al., 2006, Lanta et al., 2014). Andre rad viser tidligere beitetrykk, hvor høyt tilsvarer 80 sau per km², lavt er 25 sau per km² og kontroll er 0 sau per km².

Art	Beite		Høyde		Blomst		
	Høyt vs. kontroll	Lavt vs. kontroll	Høyt vs. Kontroll	Lavt vs. kontroll	Høyt vs. kontroll	Lavt vs. kontroll	Veg. typer
Gullris	+		-		-		
Fjelltistel	+						
Engsyre	+				-		
Perlevintergrønn	+						
Setergråurt	+	+	-	-	-	+	+

Gullris

Solidago virgaurea (SoliVir) (Figur 6) er en urt i kurvplantefamilien som vokser som en semi-rosett (rosett ved bakken og med stengel med blad og blomster. Arten er flerårig, 25-100 cm høy og vokser i skog, tørr beitemark, hei og urtelier i fjellet, og er lite basekrevende (Lid & Lid, 2013). Gullris har jordstengel eller rhizomer som er en type vegetativ reproduksjon (Odland, 2017). Gullris forekommer i hele landet (Artsdatabanken, 2020a), i lavlandet og oppover i fjellet men har en øvre grense i mellomalpin sone (Moen, 1998). Gullris er registrert opp til 1520 meter over havet (Lid & Lid, 2013).

Beiteeksperimentet viste at gullris hadde en signifikant lavere plantehøyde ved høyt beitetrykk sammenlignet med kontrollen. Gullris viste også en forskjell i beitefrekvens og blomstringsfrekvens mellom høyt beitetrykk og kontrollen. (Evju et al., 2006).



Figur 6 Gullris (Lena Straume, 2019)



Figur 5 Fjelltistel (Bolette Bele, u.å)

Fjelltistel

Saussurea alpina (SausAlp) (Figur 5) er en flerårig plante i kurvfamilien med semi-rosett vokseform. Fjelltistel er 10-50 cm høy, har smale blad med filthår under og kurver i tett halvskjerm med fiolette kroner som dufter av vanilje (Artsdatabanken, 2020b). Arten forekommer i åpen skog, grasmark, myr og tidlig snøleie, mest på baserik grunn (Lid & Lid, 2013). Fjelltistel er en typisk art i rik engsnøleie vegetasjon, men vokser også i blokkmark i høyalpin sone (Moen, 1998). Vanlig i fjell og ås trakter nordover fra Oslo, til 2130 moh.

Fjelltistel responderte på beiteeksperimentet ved at beitefrekvensen var signifikant forskjellig mellom ingen- og høyt beitetrykk (Evju et al., 2006).

Engsyre

Rumex acetosa (RumeAce) er en flerårig urt i slireknefamilien. Engsyre er 20-120 cm høy med semi-rosett, med pilformede blad, særbu og er svært formrik. Arten forekommer i eng, beitemark og vegkanter, og er litt næringskrevende. Engsyre er vanlig i hele landet (Artsdatabanken, 2020c) fra lavlandet og opp i fjellskog. (Lid & Lid, 2013)

I beiteeksperimentet viste engsyre en forskjell i beitefrekvens mellom høyt beitetrykk og kontroll (Evju et al., 2006).

Perlevintergrønn

Pyrola minor (PyroMin) er en flerårig vintergrønn urt i lyngfamilien (Artsdatabanken 2020d). Perlevintergrønn er 5 til 20 cm høy og vokser i rosett med eggforma blader og med klokkeforma blomster på en stengel. Arten er vanlig i skog, beitemark, hei og tidlig snøleie i hele landet og opp i fjellet. Perlevintergrønn er lite basekrevende. (Lid & Lid, 2013)

Beiteeksperimentet viste at beitefrekvensen var signifikant forskjellig mellom høyt beitetrykk og kontrollen (Evju et al., 2006). Perlevintergrønn ble kun beitet ved høyt beitetrykk.

Setergråurt

Omalotheca norvegica (OmalNor) (Figur 7) er en flerårig plante i kurvplantefamilien. Planten er 15-30 cm høy og er tett ullhåret, vekstform er semi-rosett. Setergråurt forekommer i lyng- og lågurtskog, beitemark og tidlig snøleie i fjellet, og arten er lite basekrevende. Setergråurt har utbredelse i hele landet, med unntak av kyststrøk (Artsdatabanken, 2020e). Vanlig i fjellet og åstrakter nordover fra Oslo til 1780 moh. (Lid & Lid, 2013)

Setergråurt hadde under beiteeksperimentet en signifikant lavere høyde ved lavt beitetrykk i forhold til kontrollen, og en enda lavere høyde ved høyt beitetrykk. Arten viste effekt av eksperimentet for blomstringsfrekvens, det var ingen blomster ved høyt beitetrykk, og kun noen få ved lavt beitetrykk. (Evju et al., 2006)



Figur 7 Setergråurt (Lena Straume, 2019)

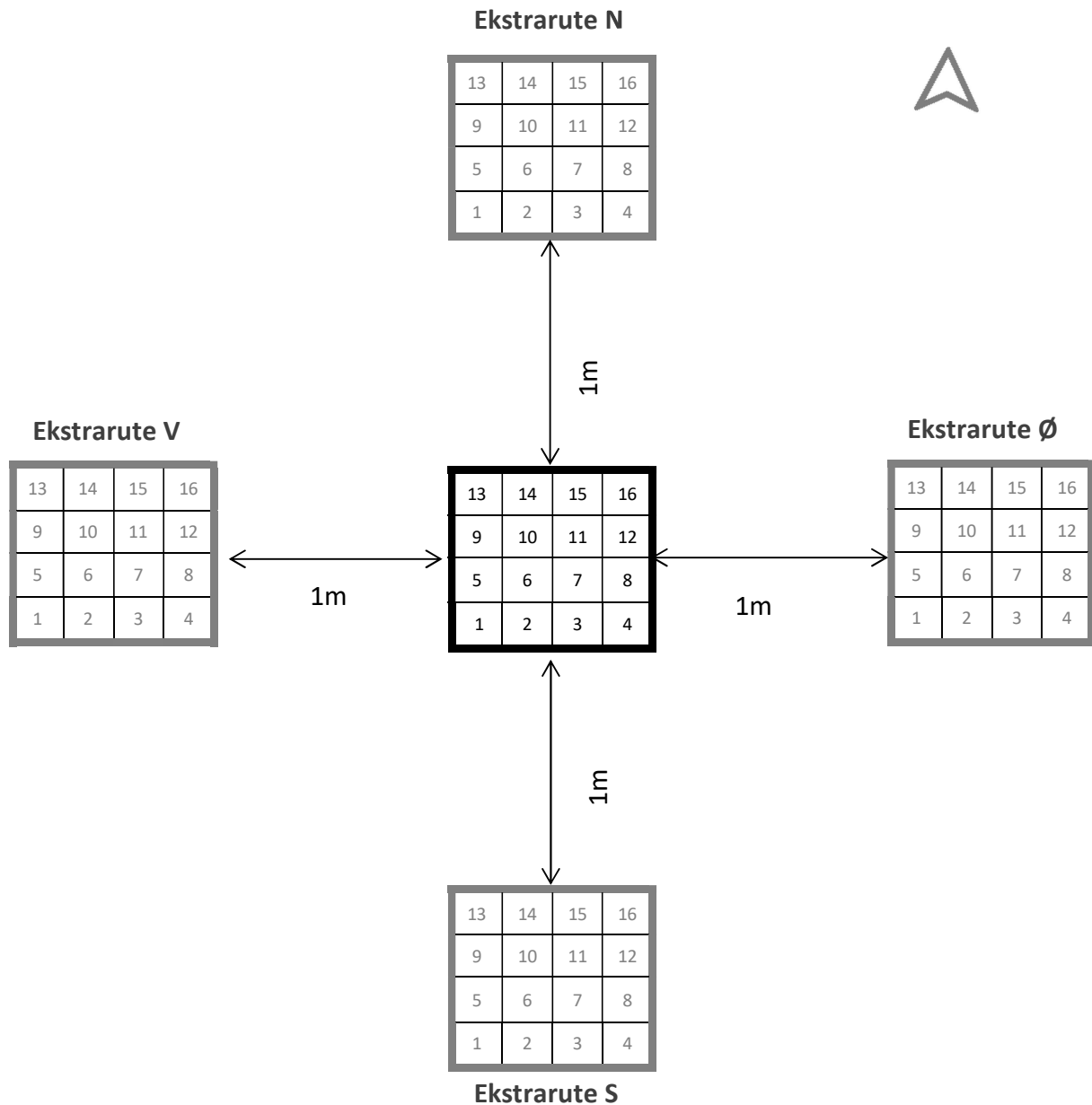
Innsamling av feltdata

Designet for studien er 180 kvadratiske fastruter (0,5 x 0,5m) som er fordelt i tre ulike behandlinger; kontroll, redusert- og økt beitetrykk. Behandlingene er igjen delt inn i tre tidligere innhegninger (Figur 4). Fastrutene ble ved etablering i 2001 merket med metallrør, og koordinater for hver rute ble registrert med håndholdt GPS-mottaker.

Under beiteeksperimentet er gjort registreringer av plantehøyde, blomst og beitespor på gullris, fjelltistel, engsyre, perlevintergrønn og setergråurt. Registreringene er gjennomført hvert år fra 2003 til 2007. Disse registreringene gjør det mulig å sammenligne data fra eksperimentet og i ettertid. Forekomst av plantene i de 180 rutene er beregnet, antall individer, og tetthet per m². Eksperimentet ble avsluttet i 2015, og mine registreringer i 2019 er dermed i etterkant av eksperimentet og 12 år etter siste registrering.

Feltarbeid ble gjennomført sommeren 2019 fra 28. juni til 18. juli. Det ble det navigert til hver rute med tilsvarende håndholdt GPS-mottaker og en metalldetektor ble brukt for å finne metallrørene som markerte hvert hjørne av ruta. Registrering av artene foregikk i fastrutene ved hjelp av en metallramme med rør i hvert hjørne, og med snorer i kryss som deler ruta inn i 16 småruter. Det ble søkt etter artene fra smårute 1 til 16 (Figur 8), og det var ønskelig å registrere 10 individer av hver arte i ruta. Der det ikke ble funnet ti individer i fastruta ble det søkt i ekstraruter (Figur 8). Det ble etablert ekstraruter i fire himmelretninger, og disse ble undersøkt i følgende rekkefølge; nord, øst, sør og vest. I ekstrarutene var det også et systematisk søk fra smårute 1 til 16.

Forekomst av planteartene ble registrert i de 180 rutene, innenfor de tre ulike behandlingene; kontroll, redusert- og økt beitetrykk (n=60). Det ble kun registrert planter med rotpunkt innenfor ruta. For hvert individ ble det registrert plantehøyde i cm fra rotpunkt til ytterpunkt ved å strekke ut planten. Det ble registrert om plantene hadde knopp, blomst eller frukt, og dette ble registrert som tilstede/ikke-tilstede (0/1). Beite ble registret ved tydelige spor etter beite av virveldyr (0/1) eller insekt (0/1). Ved 10 registrerte individer ble siste smårute for funn registrert. Dette for å siden kunne anvendes til å beregne tetthet av individer.



Figur 8 Oppsett for feltundersøkelser i ruter. Fastruten (0,5x0,5m) er markert i svart ramme, og ekstraruter (0,5x0,5m) i grått. Det ble søkt etter artene fra smårute 1 til 16. Der det ikke ble funnet ti individer i fastruta ble det videre søkt i ekstrarute mot nord, så øst, dernest sør og til sist mot vest inntil ti individer var registrert. Avstanden fra fastruta til ekstrarutene var 1 meter.

Statistikk

Feltregistreringene ga informasjon om forekomst, antall og tetthet for plantene, i tillegg til plantehøyde, blomstring og spor av beite.

For å utforske fordelingene av de ulike datatypene ble histogrammer laget i Microsoft Excel. Histogrammer ble laget i Excel av forekomst, plantehøyde, beite, blomster og tetthet i 2019, i tillegg til forekomst i år 2007 og 2019, og antall individer fra 2003 til 2019. Standardavvik ble lagt til for å representere variasjonen i høydevariabelen, men ikke for de andre variablene ettersom disse viste stor variasjon.

Statistiske analyser ble utført i R studio (R core team, 2016). I analysene ble det laget ulike modeller basert på type data og spørsmål. De ulike modellene hadde forekomst, plantehøyde, beitefrekvens, plantetetthet og endringer i plantetetthet som responsvariabel. Forklaringsvariabler som ble brukt i modelleringene var; behandling (kontroll, økt beitetrykk, redusert beitetrykk), vegetasjonstyper (høgstaudeeng, lågurteng, grassnøleie, grasmyr, rishei, lavhei, frostmark, blokkmark), art (gullris, fjelltistel, engsyre, perlevintergrønn, setergråurt) og elevasjon. Behandling, vegetasjonstyper, og arter ble behandlet som kategoriske variabler. Elevasjon for hver rute ble regnet om til standardisert elevasjonshøyde slik at ruta som lå lavest i studieområdet fikk verdi 0 m. Dette ble gjort for at resultatene skulle være enklere å tolke. Forekomst av blomstring ble også undersøkt, men antall planter med blomst var for lavt til å kunne undersøkes nærmere statistisk.

Forekomst ble analysert for hver enkelt art på rutenivå som er observasjonsenheten. Forekomst av arter var registrert som tilstede/ikke-tilstede, og responsen ble derfor modellert som en generalisert lineær modell (GLM) med binomisk fordeling. Det ble kjørt fulle modeller med alle forklaringsvariabler for hver art, og interaksjoner mellom alle variablene, og ut fra disse ble R-funksjonen step brukt til å selektare en redusert modell med laveste AIC-verdi.

De to ulike responsene plantehøyde og beite ble analysert på individnivå. For å kunne undersøke effekten av de ulike forklaringsvariablene ble plantehøyde modellert som en *linear mixed model* (LMM) ved å bruke R-pakken *nlme* (Pinheiro, Bates, DebRoy, Sarkar & R Core Team, 2016) med rute eller blokk som tilfeldig faktor. Dette for å fange opp den hierarkiske strukturen i eksperimentet og dataene, og for å unngå pseudoreplikasjon. Modellen ble kjørt med interaksjon mellom art og behandling for å undersøke hvordan plantehøyden varierer mellom behandlingene for hver art. Beite ble analysert ved binomial GLM modell, og variablene selektert på bakgrunn av spørsmål og ved hjelp av flest signifikante variabler.

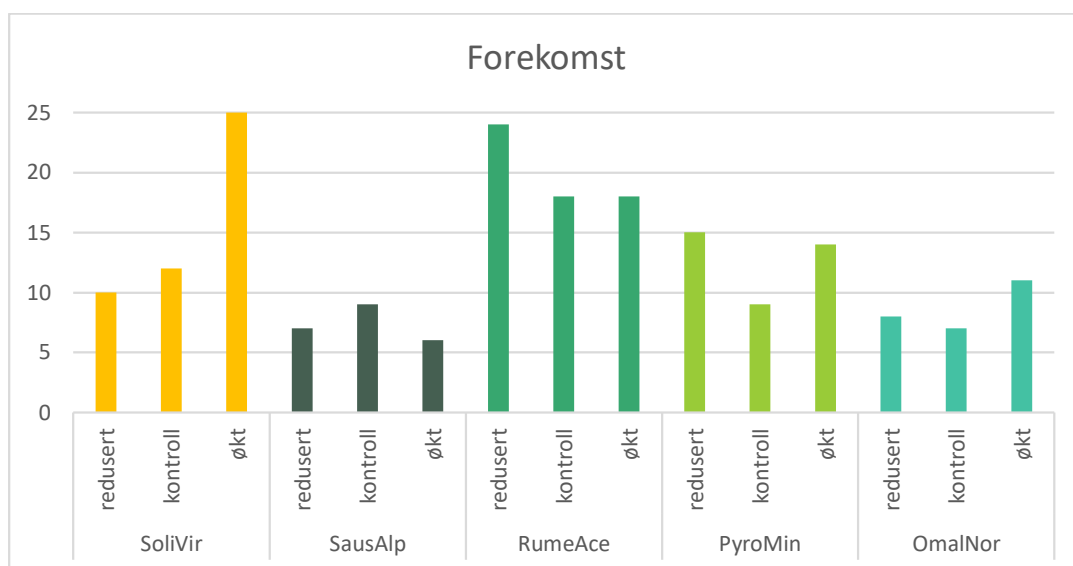
Tetthet av individer for hver art i hver rute i 2019 var registrert som telldata, og en GLM med negativ binomisk fordeling ble brukt ettersom dataene viste overdispersjon. Endringer i tetthet per m² mellom 2007 og 2019 regnet ut og modellert for hver art med LME.

Resultat

Det er totalt registreringer på 1487 individer; henholdsvis 309 gullris (*SoliVir*), 174 fjelltistel (*SausAlp*), 542 engsyre (*RumeAce*), 281 perlevintergrønn (*PyroMin*) og 181 setergråurt (*OmalNor*). Planteøyden varierte for de ulike artene, totalt ble det registrert beite på 168 individer, 153 med insektsbeite og 62 individer hadde utviklet blomst eller knopper. Sommert oversikt over registreringene er tabell 1A i vedlegg A.

Forekomst av planteartene

Figur 9 viser ruter der det ble registrert forekomst av artene, fordelt på de tre behandlingene; redusert beitetrykk, kontroll og økt beitetrykk.



Figur 9 Antall ruter med forekomst av artene gullris, fjelltistel, engsyre, perlevintergrønn og setergråurt fordelt mellom behandlingene; kontroll, redusert- og økt beitetrykk (n= 60).

Modellen for forekomst av plantene ble kjørt med behandling, elevasjon og vegetasjonstype som forklaringsvariabler, i tillegg til interaksjonen mellom behandling og elevasjon for perlevintergrønn og setergråurt (Tabell 2). Interaksjonsleddet ble fjernet for de andre artene da dette ikke var signifikant. Det betyr at responsen på de ulike beitebehandlingene for gullris, fjelltistel og engsyre ikke varierte med elevasjon.

Gullris hadde signifikant flere forekomster ved økt beitetrykk i forhold til kontrollen (Figur 9 og Tabell 2). Elevation hadde ikke signifikant betydning for forekomsten av gullris.

Det var ingen signifikante forskjeller i forekomst av fjelltistel eller engsyre mellom behandlingene (Tabell 2). Vegetasjonstypene grassnøleie og rishei hadde signifikant mindre forekomst i forhold til høgstaudeeng.

Figur 9 antyder at engsyre hadde flest forekomster ved redusert beitetrykk i forhold til, men modellen viser at behandling ikke hadde signifikant betydning for forekomsten av engsyre (Tabell 2). Vegetasjonstypen lavhei hadde signifikant mindre forekomst i forhold til høgstaudeeng.

Perlevintergrønn hadde en større forekomst større forekomst ved økt beitetrykk i forhold til kontrollen, og mindre forekomst i vegetasjonstypen rishei sammenlignet med høgstaudeeng (Tabell 2). Signifikant interaksjon mellom behandling og elevasjon viser at det blir mindre forekomst av perlevintergrønn ved redusert beitetrykk og økende elevasjon sammenlignet med kontrollområdene.

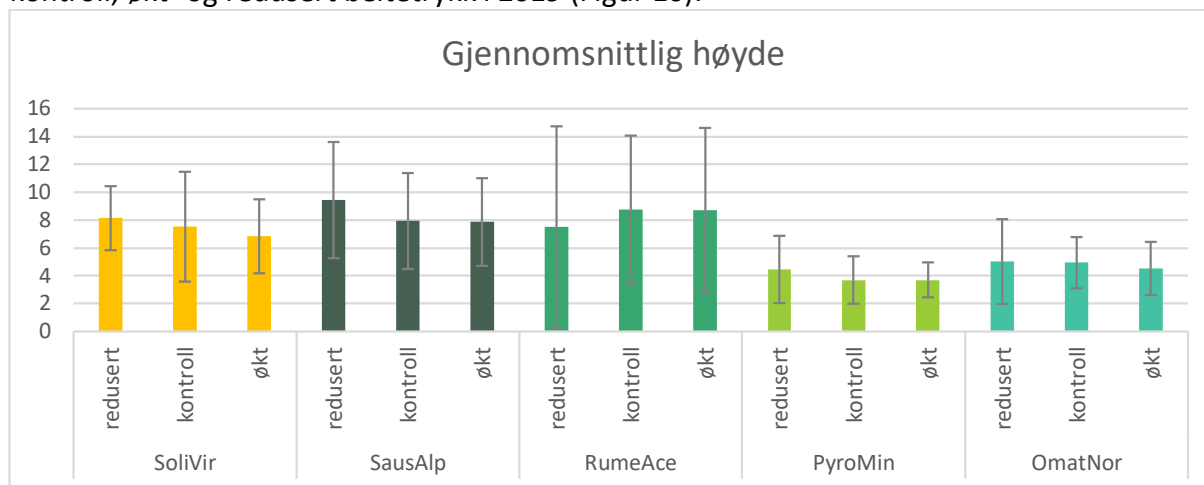
Modellen viser at setergråurt hadde en signifikant større forekomst ved redusert beitetrykk i forhold til kontrollen (Tabell 2). Forekomsten økte med elevasjon, og høyde over havet hadde også en betydning for hvordan setergråurt responderer på behandlingen.

Tabell 2 Modell resultater fra binomial GLM, forekomst av artene gullris, fjeltistel, engsyre, perlevintergrønn og setergråurt. Est. er estimert økning/reduksjon i forekomst for artene sammenlignet med intercept som tilsvarer kontroll behandling i vegetasjonstypen høgstaudeeng. Behandling er endringer i beitetrykk; kontroll (uendret beitetrykk), økt beitetrykk (fra ingen til lavt beitetrykk) og redusert beitetrykk (fra høyt til lavt beitetrykk). Elevasjon er høydegradienten i studieområdet og veg. er de ulike vegetasjonstypene i området, x markerer interaksjonsledd mellom variablene. SE er standardavviket for de estimerte verdiene og fet skrift indikerer signifikant p-verdi (<0,05) (n=180).

FOREKOMST	SolivVir		SausAlp		RumeAce		PyroMin		OmalNor	
	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE
(Intercept)	-0,78	0,59	0,06	0,65	-0,82	0,55	-1,47	0,92	-4,33	1,49
Behandling (økt beitetrykk)	1,16	0,45	-0,46	0,62	0,17	0,44	1,73	1,16	2,48	1,69
Behandling (redusert beitetrykk)	-0,45	0,51	-0,45	0,59	0,59	0,42	2,70	1,10	3,74	1,62
Elevasjon	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
Veg; Lågurteng	-0,57	1,22	-0,47	1,27	-0,03	0,96	-0,82	1,25	0,22	1,32
Veg; Grassnøleie	-0,52	0,66	-2,28	1,14	0,22	0,60	-0,84	0,69	-0,34	0,81
Veg; Grasmyr	-1,86	1,17	-1,18	1,17	-0,14	0,84	-0,66	0,94	1,20	0,95
Veg; Rishei	-0,54	0,50	-1,27	0,55	-0,60	0,46	-1,50	0,51	-0,54	0,60
Veg; Lavhei	-18,30	1280	-17,60	1350	-2,93	1,10	-18,3	1340	-17,4	1330
Veg; Frostmark	0,39	1,64	-17,00	4610	15,5	1020	19,7	4520	1,50	1,74
Veg; Blokkmark	1,20	1,35	-17,10	3260	-1,08	1,27	0,81	1,19	-17,7	3150
Økt beitetrykk x elevasjon							-0,01	0,01	-0,01	0,01
Redusert beitetrykk x elevasjon							-0,02	0,01	-0,03	0,01

Plantehøyde

Den gjennomsnittlige høyden for planteindividene er fordelt på de tre behandlingene; kontroll, økt- og redusert beitetrykk i 2019 (Figur 10).



Figur 10 Gjennomsnittlig høyde for planteindividene med standardavvik fordelt på behandlingene; kontroll, redusert- og økt beitetrykk. Antallet individer varierer mellom behandlingene, informasjon om dette finnes i vedlegg A.

I høydemodellen ble behandling, art, elevasjon, og interaksjon mellom art og behandling benyttet som forklaringsvariabler. Analysen av plantehøyde viser at plantehøyden var signifikant forskjell mellom artene (Tabell 3), lavest var perlevintergrønn og engsyre hadde størst plantehøyde. Figur 10 viser liten variasjon i gjennomsnittlig høyde mellom de ulike behandlingene. Det var kun to arter som viste en sammenheng mellom plantehøyde og behandling (Tabell 3). Gullris og fjellistel hadde en høyere plantehøyde ved redusert beitetrykk sammenlignet med kontrollen. Videre viser resultatene at plantehøyden for artene reduseres med elevasjon.

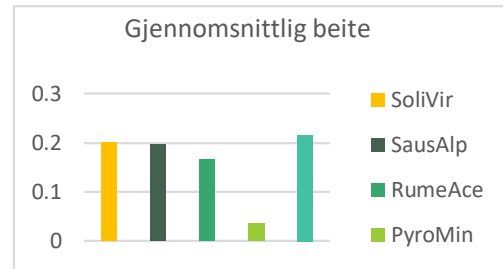
Tabell 3 LME for høyde med rute som random faktor. Linjer markert i fet font har signifikant p-verdi (<0,05). Modellen for plantehøyde ble kjørt med behandling, art, elevasjon og interaksjonen mellom behandling og art som forklaringsvariabler.

HØYDE	Value	SE
(Intercept)	6,84	0,90
Behandling (økt beitetrykk)	-0,70	0,96
Behandling (reduisert beitetrykk)	-0,72	0,93
OmalNor	2,02	0,79
SoliVir	1,91	0,92
RumeAce	4,30	0,68
SausAlp	2,39	0,74
Elevasjon	-0,02	0,00
Økt beitetrykk x OmalNor	-0,41	1,02
Redusert beitetrykk x OmalNor	0,67	1,12
Økt beitetrykk x SoliVir	1,04	1,07
Redusert beitetrykk x SoliVir	2,81	1,17
Økt beitetrykk x RumeAce	0,31	0,88
Redusert beitetrykk x RumeAce	-0,25	0,85
Økt beitetrykk x SausAlp	0,86	1,05
Redusert beitetrykk x SausAlp	2,31	1,07

Beite på artene

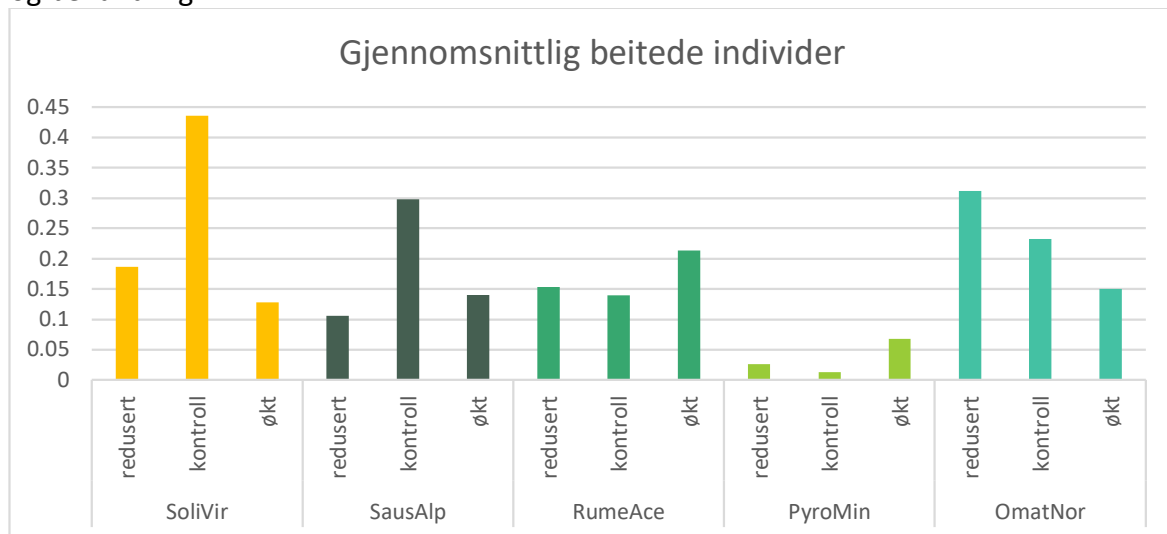
Figur 11 viser at setergråurt ble mest beita, dernest gullris, fjelltistel og engsyre.

Perlevintergrønn ble minst beita, det var signifikant mindre beite på perlevintergrønn sammenlignet med engsyre (Tabell 4). Gullris og fjelltistel var signifikant mer beitet i forhold til engsyre.



Figur 11 Gjennomsnittlig beitede individer per art.

Figur 12 viser variasjon i beitefrekvens for artene og de ulike behandlingene. Modellen for beite (Tabell 4) viser at det er signifikante forskjeller mellom om planteindividene var beitet og behandling.



Figur 12 Gjennomsnittlig beitede planteindivider av gullris, fjelltistel, engsyre, perlevintergrønn og setergråurt fordelt mellom behandlingene; kontroll, redusert- og økt beitetrykk. Antallet individer varierer mellom artene, se vedlegg A for mer detaljert informasjon.

Modellen for beite ble kjørt med beitede individer som respons, og interaksjonen mellom behandling og art, i tillegg til elevasjon og vegetasjonstyper som forklaringsvariabler. Interaksjonsleddet mellom behandling og elevasjon ble fjernet da det ikke var signifikant.

Gullris og fjelltistel ble mest beita i kontrollområdene i forhold redusert- og økt beitetrykk (Figur 12). Fjelltistel og gullris var signifikant mindre beitet ved økt beitetrykk i forhold til kontrollen (Tabell 4). I tillegg var gullris også signifikant mindre beitet ved redusert beitetrykk sammenlignet med kontrollen. Engsyre var mest beita ved økt beitetrykk sammenlignet med kontrollen (Figur 12). Dette viser også modellen der engsyre er modellert i intercept og behandling (økt beitetrykk) (Tabell 4).

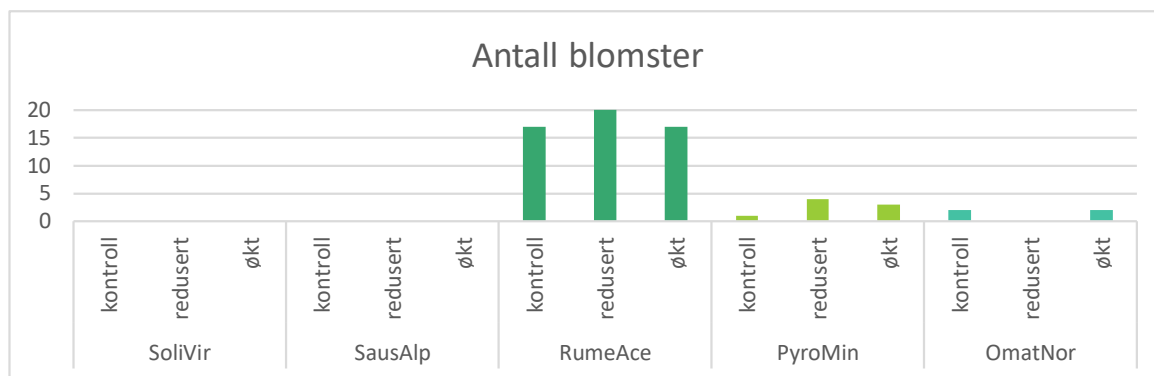
Perlevintergrønn og setergråurt viste ikke signifikant sammenheng mellom beitede individer og behandling. Det var forskjeller mellom de ulike vegetasjonstypene, der det var mer beitet på planteindividene i rishei, og mindre beite grassnøleiene sammenlignet med høgstaudeeng.

Tabell 4 GLM modell for beite av planteindividene, med behandling, art, elevasjon, vegetasjonstype og interaksjon mellom art og behandling som forklaringsvariabler. Est. Er estimerte verdier med kontrollbehandling for engsyre i høgstaudeeng i intercept, SE er standardavviket for de estimerte verdiene. Fet font markerer variabler med signifikante p-verdier (<0,05).

BEITE	Est.	SE
(Intercept)	-2,26	0,32
Behandling (økt beitetrykk)	0,62	0,32
Behandling (redusert beitetrykk)	0,14	0,30
SausAlp	0,95	0,36
SoliVir	1,59	0,36
PyroMin	-2,24	1,04
OmalNor	0,62	0,41
Elevasjon	0,00	0,00
Veg; lågurteng	0,47	0,42
Veg; grassnøleie	-0,77	0,32
Veg; grassmyr	-0,44	0,40
Veg; rishei	0,72	0,21
Veg; lavhei	-13,66	388,97
Veg; frostmark	-1,37	0,77
Veg; blokkmark	0,33	0,47
Økt beitetrykk: x SausAlp	-1,82	0,61
Redusert beitetrykk x SausAlp	-1,19	0,61
Økt beitetrykk x SoliVir	-2,34	0,47
Redusert beitetrykk x SoliVir	-1,68	0,54
Økt beitetrykk x PyroMin	0,91	1,14
Redusert beitetrykk x PyroMin	0,29	1,21
Økt beitetrykk x OmalNor	-1,00	0,56
Redusert beitetrykk x OmalNor	0,28	0,57

Blomstring

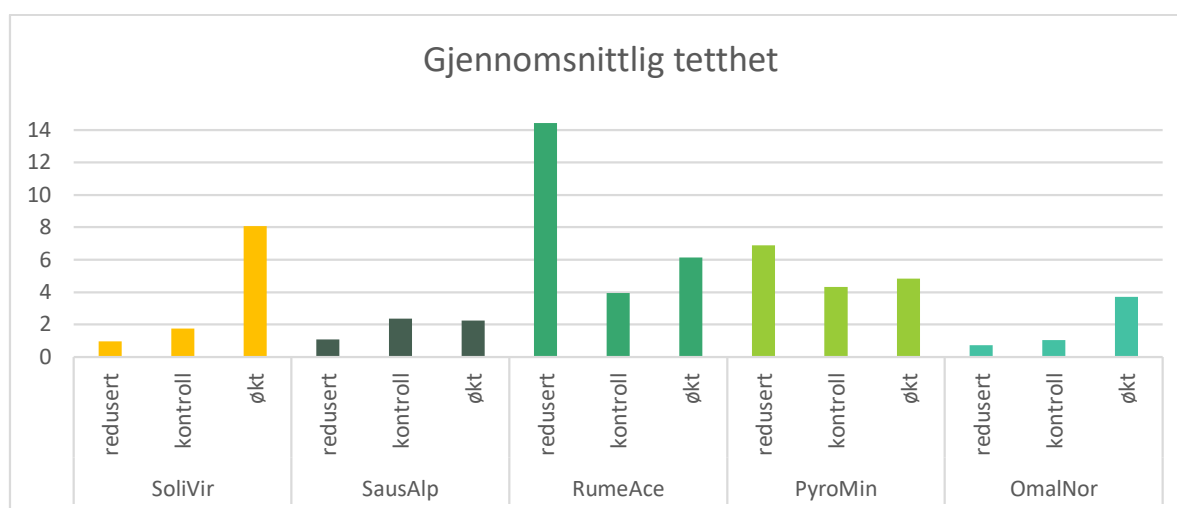
Det ble registrert få planteindivider med knopp, blomst eller frukt (Figur 13). Ingen blomster ble registrert hos gullris og fjelltistel. For engsyre ble det registrert blomster for alle behandlinger, men flest ved redusert beitetrykk. Perlevintergrønn hadde flest blomster i ved redusert beitetrykk. For setergråurt ble det kun registrert blomst ved kontrollbehandling og økt beitetrykk.



Figur 13 Totalt antall blomster fordelt på de tre behandlingene; kontroll, redusert- og økt beitetrykk. I uttrykket blomst ligger også registreringer av blomsterknopper, antallet planteindivider varierer mellom artene og behandlingene, mer informasjon om det finnes i vedlegg A.

Plantetetthet

Plantetettheten per m² varierer mellom de ulike artene, den høyeste plantetettheten som ble målt var engsyre i de områdene med redusert beitetrykk (Figur 14).



Figur 14 Gjennomsnittlig tetthet (m²) per rute fordelt på de ulike behandlingene (n= 60). Tetthet er beregnet basert på antallet arter i ruta, og oppskalert til tetthet per m².

I modellen for plantetetthet ble behandling og elevasjon benyttet som forklaringsvariabler (Tabell 5).

Gullris hadde i 2019 en høyere tetthet ved økt beitetrykk (Figur 14), en signifikant større tetthet sammenlignet med kontroll behandlingen (Tabell 5). Fjelltistel viser lite variasjon i tetthet mellom de ulike behandlingene (Figur 14), og behandling er ikke signifikant for tettheten av fjelltisten (Tabell 5). Tettheten av fjelltistel var signifikant lavere ved økende elevasjon i studieområdet. Tettheten av engsyre var signifikant høyere ved redusert beitetrykk i forhold til kontrollen. Perlevintergrønn hadde ingen signifikante sammenhenger med behandling og elevasjon. Tettheten av setergråurt var ikke signifikant for behandling, men øker med elevasjon.

Tabell 5 Negative binomial test for tettheten av planteindivider per m² i år 2019. Tettheten for artene er modellert med behandlingene; kontroll (intercept), økt- og redusert beitetrykk, og elevasjon som er høydegradienten i studieområdet. Est. er estimerte verdier og SE er standardavviket, fet font markerer signifikante p-verdier (<0,05). Tettheten for plantene er regnet ut basert på antall i ruta, antallet ruter artene forekommer i varierer og er vist i vedlegg A.

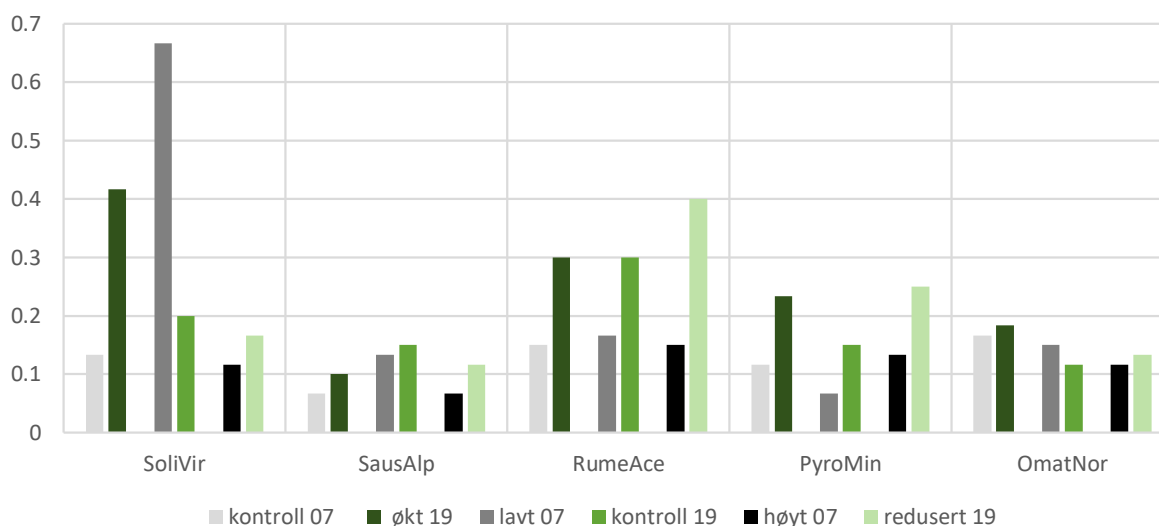
PLANTETETTHET I 2019	SoliVir		SausAlp		RumeAce		PyroMin		OmalNor	
	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE	Est.	SE
(Intercept)	0,50	0,63	2,49	1,00	1,13	0,60	1,33	0,82	-2,25	0,89
Behandling (økt beitetrykk)	1,50	0,61	0,42	0,97	0,47	0,58	0,10	0,81	1,31	0,83
Behandling (redusert beitetrykk)	-0,66	0,62	-1,15	0,99	1,25	0,58	0,51	0,80	0,38	0,84
Elevasjon	0,00	0,00	-0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01

Sammenligning av data fra beiteeksperimentet

Forekomst av planteartene

Sammenligningen av forekomst for de fem artene og behandlingene viser ulike trender (Figur 15). Forekomsten er fordelt på de tre ulike beitetrykkene under beiteeksperimentet i 2007; kontroll (ingen sau), lavt (25 sau km²) og høyt (80 sau km²). Beitetrykket i 2019 tilsvarer omtrent 25 sau per km². Endringene i beitetrykket tilsvarer derfor behandlingene; kontroll, økt- og redusert beitetrykk. Økt beitetrykk har ført til en økt forekomst av gullris, engsyre og perlevintergrønn. Kontrollen viser også ulikheter i forekomst mellom årene, gullris har redusert forekomst og engsyre har økt forekomst. Redusert beitetrykk har ført til en økt forekomst av engsyre og perlevintergrønn.

Forekomst av artene i 2007 og 2019



Figur 15 Forekomst av artene under beiteeksperimentet i 2007 (grå kolonner) og i ettertid i 2019 (grønne kolonner) (n=60). Kolonnene som står inntil hverandre tilsvarer de samme enhetene. Kontrollen i 07 hadde ikke beite, dette tilsvarer i dag et økt beitetrykk. Lavt beitetrykk i 07, tilsvarer kontrollen i 19 da det er uendret beitetrykk. Høyt beitetrykk i 07 var 80 sau per km², dette tilsvarer i dag et redusert beitetrykk.

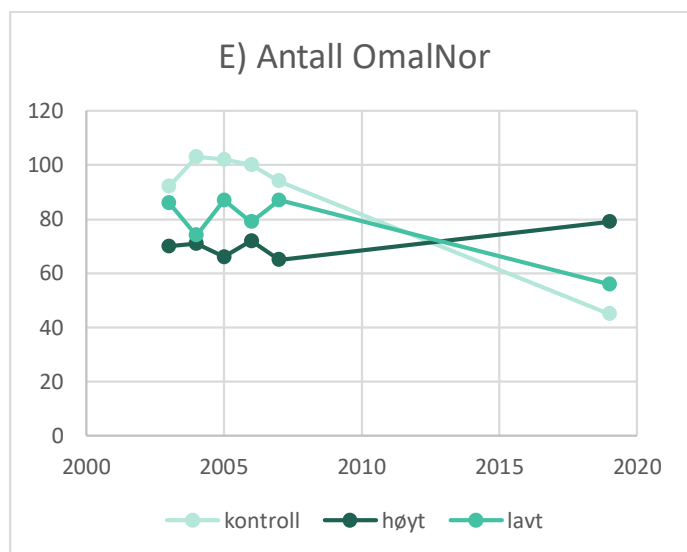
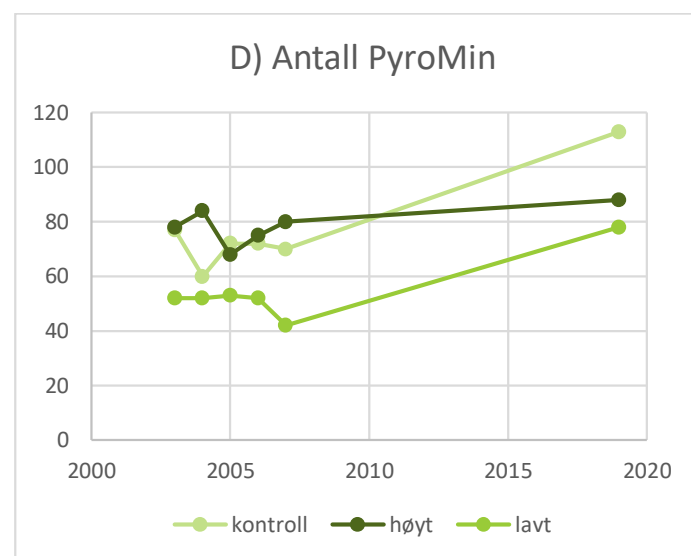
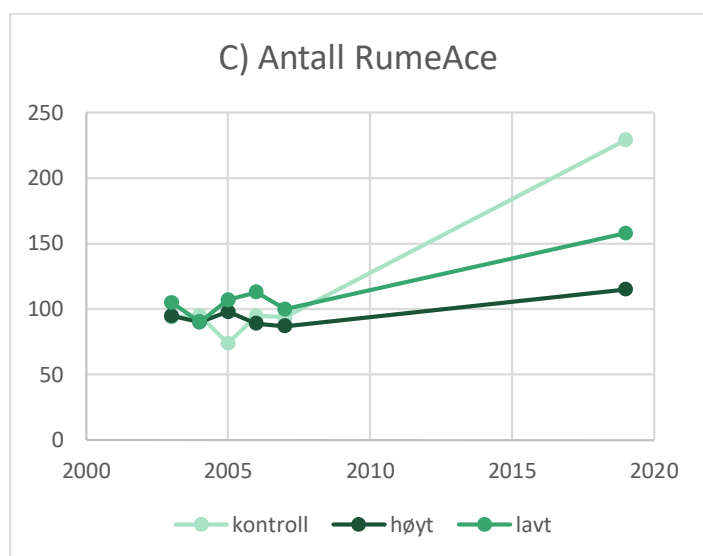
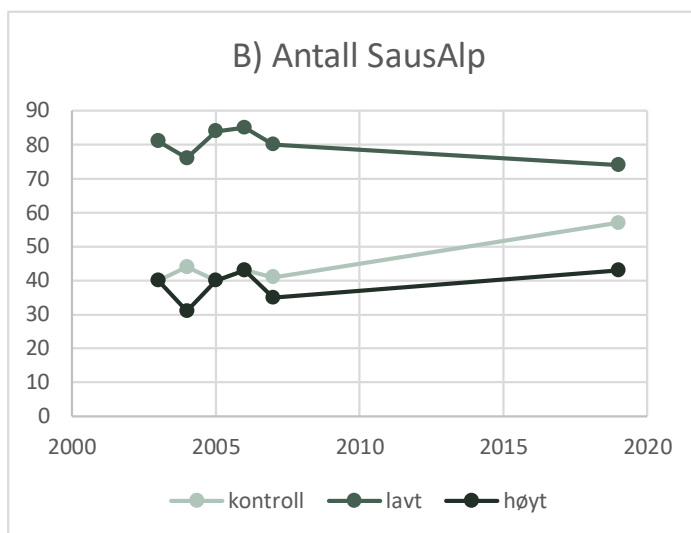
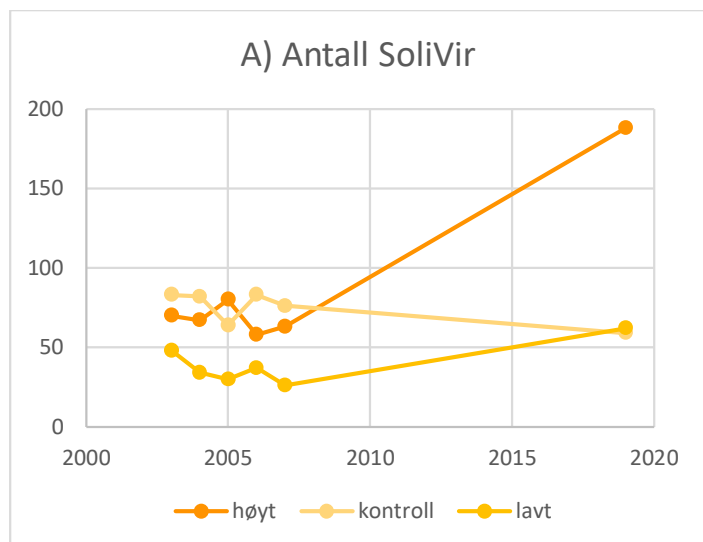
Antall planteindivider

Antall individer som er registrert innenfor hver behandling har variert under eksperimentet (år 2003 – 2007) (Figur 16). For gullris (figur 16a) og setergråurt (figur 16e) var det registrert flest individer ved kontrollen. Fjelltistel (figur 16b) hadde derimot klart flest individer ved lavt beitetrykk. Engsyre (figur 16c) har hatt en tendens til at det har vært registrert flest individer ved det lave beitetrykket. Perlevintergrønn har tidvis hatt størst antall individer ved høyt beitetrykk (figur 16d).

Mine registreringer fra 2019 er markert i Figur 16, og viser ulike trendlinjer etter at eksperimentet ble avsluttet. Gullris (figur 16a) har hatt en betydelig økning i antall individer fra høyt beitetrykk til redusert beitetrykk i 2019. Lavt beitetrykk (kontrollbehandling i 2019) viser noe økning i antall individer for flere arter i 2019 som for eksempel perlevintergrønn, og en reduksjon av setergråurt og noe for fjelltistel. Endring i beitetrykket fra fravær av sau (kontroll) til lavt beitetrykk i 2019 (økt beitetrykk) viser et økt antall av engsyre (figur 16c) og perlevintergrønn (figur 16d). Setergråurt (figur 16e) har hatt en reduksjon i antall etter økt beitetrykk

Totalt sett har engsyre hatt en økning i antall individer, mens setergråurt har hatt en reduksjon i antall individer etter at beiteeksperimentet ble avsluttet.

Endret beitetrykk har påvirket antallet individer for de fem artene ulikt, men fjelltistel har vist lite endring i antall planteindivider etter beiteeksperimentet (figur 16b).



Figur 16 Sammenstilling av antall individer for de ulike beitetrykkene under beiteeksperimentet, registreringer for de ulike artene (figur a til e) er gjennomført hvert år fra 2003 til 2007. Under beiteeksperimentet hadde kontrollen fravær av sau, lavt beitetrykk 25 sau per km², og høyt beitetrykk var 80 sau km². Mine registreringer fra 2019 er gjennomført etter at beiteeksperimentet startet og viser endringer på grafene.

Endringer i plantetetthet fra år 2007 til 2019

Tettheten av planteindivider er beregnet for hver rute i 2007 og 2019, basert på dette er det kalkulert endringer i tetthet for hver rute, redusert, uendret eller en økt tetthet av individer. I modellen for endringer i tetthet ble behandling, elevasjon og vegetasjonstype benyttet som forklaringsvariabler.

Modellen viser at ingen av artene har signifikant endring i tetthet som følge av det endrede beitetrykket (Tabell 6). Det er heller ingen signifikans for at artene har økt i tetthet med elevasjon. Gullris har hatt en signifikant reduksjon i tetthet i vegetasjonstypen frostmark sammenlignet med høgstaudeeng, og en tendens til en økt tetthet ved økt beitetrykk. Fjelltistel har hatt en signifikant reduksjon i tetthet med elevasjon. Engsyre viser ingen signifikante variabler for endringen i tetthet. Perlevintergrønn har hatt en signifikant økning i tetthet i vegetasjonstypene rishei og blokkmark sammenlignet med høgstaudeeng. Setergråurt har hatt en signifikant økning i tetthet i vegetasjonstypene frostmark, lavhei og rishei sammenlignet, og en tendens til redusert tetthet langs høydegradienten.

Tabell 6 LME modeller for hver art med endringer i tetthet per m² fra 2007 til 2019. Intercept representerer kontrollbehandling i høgstaudeeng for de ulike artene, og SE er standardavviket. Tall i fet font markerer signifikante p-verdier (<0,05).

ENDRINGER I TETTHET	<i>SoliVir</i>		<i>SausAlp</i>		<i>RumeAce</i>		<i>PyroMin</i>		<i>OmalNor</i>	
	Value	SE	Value	SE	Value	SE	Value	SE	Value	SE
<i>(Intercept)</i>	1,61	2,52	1,19	1,59	-15,87	7,97	-8,36	6,87	-3,26	2,04
<i>Behandling (økt beitetrykk)</i>	4,28	2,47	1,64	1,18	2,51	6,53	-4,87	5,38	0,08	1,59
<i>Behandling (redusert beitetrykk)</i>	-1,91	2,46	1,47	1,17	10,00	6,47	3,07	5,32	1,43	1,57
<i>Elevasjon</i>	0,01	0,01	-0,03	0,01	0,04	0,04	0,00	0,04	-0,02	0,01
<i>Veg; Lågurteng</i>	-2,15	4,00	3,96	2,95	10,29	14,24	5,49	12,51	0,64	3,72
<i>Veg; Grassnøleie</i>	0,40	2,43	3,05	1,82	15,74	8,73	3,02	7,70	2,27	2,29
<i>Veg; Grasmyr</i>	-1,89	3,39	1,48	2,54	-12,81	12,18	16,07	10,73	1,32	3,19
<i>Veg; Rishei</i>	-2,00	1,85	-0,78	1,39	6,00	6,66	12,63	5,87	4,46	1,74
<i>Veg; Lavhei</i>	-4,00	2,42	1,44	1,81	7,61	8,70	9,55	7,67	5,26	2,28
<i>Veg; Frostmark</i>	-17,48	6,28	3,21	4,71	7,62	22,59	-32,10	19,91	24,88	5,92
<i>Veg; Blokkmark</i>	-1,42	4,65	2,83	3,50	4,35	16,76	38,77	14,78	6,76	4,39

Diskusjon

Beite er en viktig faktor som påvirker forekomst og egenskaper til mange plantearter, beite er spesielt viktig i seterlandskapet der beitetradisjonene er lange. Det er derfor viktig å forstå hvordan beite og endret beitetrykk påvirker alpin vegetasjon for å kunne forvalte områdene på en god måte. Beitetrykket varierer i Norge i dag, fra lavt til svært høyt (NIBIO, 2020).

Utgangspunktet for denne studien var å gjøre etterundersøkelser på fem arter som under beiteeksperimentet viste ulik høyde, tetthet, beite- og blomstringsfrekvens ved ulike beitetrykk (Evju et al., 2006). Hovedspørsmålet var hvordan disse artene responderte på det endrede beitetrykket etter av beiteeksperimentet var avsluttet. Et endret beitetrykk fra ingen sau, lavt og høyt beitetrykk under beiteeksperimentet til et lavt beitetrykk i hele området etter at eksperimentet var avsluttet.

Forekomst av artene

Mine undersøkelser har vist at forekomst av urtene gullris, perlevintergrønn og setergråurt i 2019 hadde en sammenheng med det endrede beitetrykket. Gullris hadde en større forekomst ved økt beitetrykk sammenlignet med kontrollen, som kan tyde på at planten er tilpasset beite. Resultatene viser dermed det motsatte av hva som var forventet fra tidligere undersøkelser hvor forekomsten økte ved fravær av beite (Maurset, 2015). En mulig forklaring til dette kan være vekstformen i semi-rosett som er en tilpasning til beite. Gullris blir sterkt selektert av sauene (Evju et al., 2009), og har ved den tilpassede vekstformen mulighet til gjenvekst etter beite.

Perlevintergrønn og setergråurt viser derimot en økt forekomst ved redusert beitetrykk. Ved redusert beitetrykk forventet jeg en økning i høyere urter som setergråurt (Evju, et al., 2009). Perlevintergrønn har vist under beiteeksperimentet å kun bli beitet ved høyt beitetrykk, dette kan muligens vært belastende for planten da den vintergrønne planten vanligvis ikke blir beitet. Et høyt beitetrykk kan ha gitt vanskelige vekst- og livsvilkår også for de artene som er tilpasset beite. Fjelltistel og engsyre viste ingen signifikant forskjell i forekomst mellom behandlingene, dette kan tyde på at artene er tilpasset det endrede beitetrykket.

Vegetasjonstype hadde betydning hvor forekomst av fjelltistel, engsyre og perlevintergrønn. Men analysene viser kun at de ulike artene har noen vegetasjonstyper der det er mindre sannsynlig at de forekommer i forhold til høgstaudeeng. Fjelltistel forekommer typisk i grasmark, engsyre er som navnet tilsier en engart, og perlevintergrønn er typisk i beitemark, hei og snøleier (Lid & Lid, 2013). Høgstaudeeng er en av de mest produktive og artsrike vegetasjonstypene i området. Vegetasjonstypene grassnøleie, rishei og lavhei har derfor mindre forekomst av artene sammenlignet med høgstaudeeng. Olofsson, Moen og Oksanen har vist at fravær av beitedyr kan ha en større effekt i de mindre produktive snøleiene sammenlignet med de mer produktive engene (2002).

Elevasjon hadde kun signifikant sammenheng med forekomst av setergråurt, som økt forekomst med økende elevasjon. Jeg forventet at plantene ville variere i forekomst langs høydegradienten, da elevasjon er korrelert med temperatur som en viktig faktor for arters utbredelse (Odland, 2017). Effekten av ulike beitetrykk har vist seg å variere med elevasjon

(Maurset, 2015). Men elevasjon var ikke var signifikant for forekomsten av gullris, fjelltistel, engsyre og perlevintergrønn. Det skyldes at de har en utbredelse innenfor hele studieområdet høydegradient. Undersøkelser har vist at alpine arter har en overraskende bred temperaturløse (Sætersdal & Birks, 1997). Effektene av beite påvirker også artenes utbredelse langs høydegradienten, dette ved at beite kan undertrykke økt utbredelse av arter med økt elevasjon (Speed, Austrheim, Hester & Myrsterud, 2011).

Plantehøydeøye

I min studie ble det kun funnet signifikante forskjeller i plantehøyde mellom de ulike behandlingene for gullris og fjelltistel (Tabell 3). Gullris og fjelltistel hadde en høyere plantehøyde ved redusert beitetrykk sammenlignet med kontrollen. Gullris hadde under beiteeksperimentet en lavere høyde ved det høye beitetrykket sammenlignet med fravær av beite (Evju et al., 2006). Jeg forventet ingen effekt av behandling for plantehøyden, da beitetrykket er likt i hele området i dag. En årsak til at det fremdeles er forskjeller i plantehøyde mellom behandlingene kan være at det tidligere høye beitetrykket har medført endrede ressurser som regulerer plantehøyden for gullris og setergråurt.

Engsyre, perlevintergrønn og setergråurt hadde ikke signifikante forskjeller mellom behandlingene for plantehøyden. Setergråurt hadde under beiteeksperimentet en redusert høyde ved lavt beitetrykk sammenlignet med fravær av beite. (Evju et al., 2006). En årsak til at setergråurt i dag ikke har ulik plantehøyde mellom behandlingene kan være at effekten av beite er kortvarig. Og at forskjeller i plantehøyde mellom behandlingene derfor ikke er synlige etter fire sesonger med lavt beitetrykk. En annen årsak kan være at variabelt lokalklima over området også påvirker plantehøyden (Evju et al. 2006), og at dette overstyrer effekten av beitetrykk.

Plantehøyden var som forventet redusert ved økende elevasjon. Dette har sammenheng med temperatur som er korrelert med høyde over havet (Odland, 2017). Temperatur er regulerende for sesonglengden, og dermed avgjørende for plantenes vekst.

Beite på artene

Økt beitetrykk vil minke biomassen av tolerante arter (Evju et al., 2006).

I min studie ble setergråurt mest beitet, dernest gullris og fjelltistel. Tidligere undersøkelser under beiteeksperimentet har vist at fjelltistel var mest selektert av beitedyrene (Lanta et al., 2014). Andre undersøkelser har vist at gullris ble mest beita (Evju et al., 2006). Urter som blomstrer sent blir selektert av sauene, og fjelltistel er den urten jeg har undersøkt som blomstrer senest (Evju et al., 2009). Beite har betydning for plantekvaliteten, men sesongvariasjon har vist å ha størst betydning for plantekvaliteten (Myrsterud, et al., 2011).

Endringene i beitetrykk hadde betydning for om plantene ble beitet. Det er signifikant mindre beite på perlevintergrønn i forhold til engsyre. Dette stemmer godt med tidligere funn (Evju et al., 2009), under beiteeksperimentet ble perlevintergrønn kun beitet ved høyt beitetrykk (Evju et al., 2006). Lave urter slik som perlevintergrønn kan unngå å bli selektert av beitedyr, og dette kan beskrives som en resistensstrategi (Evju et al., 2009). Plantene jeg har undersøkt har en vokseform som er tilpasset beite, med rosettform og semi-rosett. Dette medfører at de har lavt vekstpunkt og de kan derfor fortsette veksten etter å ha blitt beitet. Dette kan beskrives som en toleransestrategi mot å bli beitet (Evju et al, 2009).

Vegetasjonstype har også en betydning for i hvilken grad plantene ble beitet, det var signifikant mindre beite i grassnøleier, og mer i risheier. Hypotesen om at det ville være mest beite i de produktive vegetasjonstypene som låg- og høgstaudeeng har jeg ikke funnet bevis for.

Urter varierer i fordøyelighet og hvor selektert de er av beitedyr, og arter som gullris er foretrukket (Rekdal, 2001a, Austrheim et al., 2008b). Perlevintergrønn er lite beitet dette kan ha sammenheng med at den vintergrønne arten er lite fordøyelig.

Elevasjon hadde ikke en påvist effekt for om plantene ble beitet. Sauene beitet i hele studieområdet høydegradient, men snøsmeltingstidspunkt er trolig en viktigere faktor enn elevasjon. Da grassnøleier er signifikant mindre beitet enn høgstaudeengene.

Blomstring

I min studie fant jeg svært få planteindivider som hadde utviklet blomst. Det ble kun registrert blomst for engsyre, perlevintergrønn og setergråurt. Dette kan stemme med tidligere studier som har vist at både lavt- og høyt beitetrykk reduserer blomstringsfrekvensen (Lanta et al., 2014). En annen årsak kan være at plantene blomstrer senere på sommeren i forholdt til tidspunktet jeg gjennomførte mine feltundersøkelser. Tidligere registreringer av første blomstring underbygger dette (Evju et al., Suppl. Mat, 2009). Første blomstring for engsyre registrert i slutten av juni, gullris og perlevintergrønn i midten juli og fjelltistel og setergråurt mot slutten av juli (Evju et al., Suppl. Mat, 2009). Jeg hadde ikke nok datagrunnlag for å svare på spørsmålet om hvordan endret beitetrykk påvirket fertiliteten.

Plantetetthet

Mine undersøkelser viste at plantetetthet per m² i 2019 for gullris og engsyre hadde en sammenheng med endret beitetrykk (Tabell 5). Gullris hadde en høyere tetthet ved økt beitetrykk, mens engsyre hadde høyere tetthet ved redusert beitetrykk, i forhold til kontrollen med uendret beitetrykk. Tettheten av engsyrer stemte dermed med forventningen, men gullris viser dermed det motsatte av hva jeg forventet. Fjelltistel viste en redusert tetthet langs høydegradienten, mens setergråurt viste en motsatt trend. Under beiteeksperimentet ble det ikke funnet beviselig sammenheng mellom beitetrykk og plantetetthet (Lanta et al., 2014).

Endringer i plantetetthet fra år 2007 til 2019

Det var ingen signifikante endringer i plantetetthet mellom 2007-2019 for noen av behandlingene for noen av artene (Tabell 6). Jeg forventet en endring i plantetetthet som hadde sammenheng med endret beitetrykk. Under beiteeksperimentet ble det heller ikke påvist en sammenheng mellom plantetetthet og beitetrykk (Lanta et al., 2014). Plantetettheten for gullris og engsyre hadde i 2019 en sammenheng med det endrete beitetrykket. Dette kan skyldes treghet, ved at plantene bruker tid for å etablere flere individer slik at tettheten øker.

Fjelltistel var den eneste arten som har hatt en signifikant reduksjon i tetthet langs høydegradienten mellom 2007-2019. Dette kan skyldes konkurranse som medfører færre individer av setergråurt med økt elevasjon.

Endringer i tetthet viser for gullris, perlevintergrønn og setergråurt en sammenheng med vegetasjonstyper. Gullris hadde en redusert tetthet i blokkmark, mens perlevintergrønn har hatt en økning i tetthet i vegetasjonstypene rishei og blokkmark. Setergråurt har hatt en økt tetthet i rishei, lavhei og frostmark. Endringene i tetthet for vegetasjonstypene er sammenlignet med høgstaudeeng.

Forekomst av artene i 2007 og 2019 (Figur 15) kan også tyde på at artene har respondert ulikt på endret beitetrykk. Figuren antyder at fjelltistel og setergråurt har hatt mindre endringer i forekomst i forhold til gullris, engsyre og perlevintergrønn. Men det er imidlertid også endringer ved kontrollbehandlingen, som har hatt lavt beitetrykk hele tiden. Til tross for at plantene som er overvåket er flerårige er imidlertid værmønsteret tilfeldig mellom år. Dette kan også medføre ulikheter i plantenes forekomst (Evju et al. 2006).

Registrering av antall individer fra 2003 til 2007 + 2019 (Figur 16) viser også en tendens til at fjelltistel og setergråurt har hatt lite endring i antall etter endret beitetrykk. Gullris har hatt en stor økning i antall individer etter redusert beitetrykk, og engsyre har hatt en økning etter økt beitetrykk.

Resiliens kan beskrives som systemets kapasitet til å absorbere forstyrrelse og endres men fortsatt beholde essensielle funksjoner, struktur, identitet og feedback (Walker, Holling, Carpenter & Kinzig, 2004). Beite påvirker planter ulikt, og ulike planter har ulike forsvarsstrategier som resistens og toleranse. Endret beitetrykk kan også beskrives som en forstyrrelse for et seterlandskap som gjennom lang tid har vært tilpasset et lavt beitetrykk. Basert på undersøkelser av fem urter har jeg vist at plantene fortsatt varierer i forekomst, høyde og beitefrekvens etter endret beitetrykk. Dette kan tyde på at plantene ikke har tilpasset seg det lave beitetrykket igjen. En annen langtidsstudie har undersøkt effekter av fravær av beite sammenlignet med lavt beitetrykk i Forrolhogna nasjonalpark (Blæsterdalen, 2018). Studien viste at de var små forskjeller i plante diversitet og plantetetthet mellom de ulike beitetrykkene. I henhold til resiliens og aspektet med intensitet kan det tyde på at beitetrykket er avgjørende for hvordan plantene blir påvirket, og hvor lang tid det tar før plantene har restaurert seg selv.

Konklusjon

I denne studien har jeg vist at gullris, fjelltistel engsyre, perlevintergrønn og setergråurt varierer i planteegenskaper basert på behandlingene med endret beitetrykk.

Forekomst

Endring i plantehøyde var som forventet for noen av artene, men ikke for arter som gullris og fjelltistel. Beitefrekvensen varierte fremdeles mellom behandlingene for noen arter, setergråurt var mest beitet og perlevintergrønn var minst beitet. Jeg hadde ikke nok datagrunnlag for å svare på spørsmålet om hvordan endret beitetrykk påvirket fertiliteten. Plantetettheten hadde i 2019 sammenheng med endret beitetrykk for noen arter, men endringer i plantetetthet fra 2007 til 2019 viste ingen sammenheng med endret beitetrykk.

Under beiteeksperimentet ble de påvist forskjeller i plantehøyde, beitefrekvens, blomstring og plantetetthet mellom de ulike beitetrykkene. Mine resultater kan tyde på at effekten av endret beitetrykk er langvarig da forekomst, plantehøyde, beitefrekvens og plantetetthet varierer mellom behandlingene for flere av artene. Denne studien er relevant med tanke på forvaltning av beiteområder i fjellet. Beitetrykket er svært variert i landet, og endret beitetrykk påvirker plantene.

Det ville vært interessant å fortsette å studere området for å undersøke hvor mange år det tar før plantene ikke lenger varierer mellom de tidligere beitetrykkene. Det ville også vært nyttig å undersøke flere funksjonelle plantegrupper som flere små urter og urter med andre vekstformer, gress og dvergbusker. Ulike plantegrupper kan ha ulik resiliens og respons på det endrede beitetrykket.

Referanseliste

- Angeloff, M. (2020). *Fylkesstatistikk for organisert beitebruk 1970-2018*. [xlsx fil]. Hentet 04.05.20 fra; <https://www.nibio.no/tema/landskap/kart-over-beitebruk-og-seterdrift/beitestatistikk>.
- Artsdatabanken (2020a). *Gullris Solidago virgaurea L.* Hentet 24.03.2020 fra; <https://www.artsdatabanken.no/Taxon/Solidago%20virgaurea/100820>
- Artsdatabanken (2020b). *Fjelltistel Saussurea alpina (L.) DC.* Hentet 24.03.2020 fra; <https://www.artsdatabanken.no/Pages/168457/Fjelltistel>
- Artsdatabanken (2020c). *Engsyre Rumex acetosa L.* Hentet 24.03.2020 fra; <https://www.artsdatabanken.no/Taxon/Rumex%20acetosa/102953# s::1585041582306>
- Artsdatabanken (2020d). *Perlevintergrønn Pyrola minor L.* Hentet 24.03.2020 fra; <https://www.artsdatabanken.no/Taxon/Pyrola%20minor/101812# s::1585041627466>
- Artsdatabanken (2020e). *Setergråurt Omalotheca norvegica (Gunnerus) Sch. Bip. & F.W. Schultz.* Hentet 24.03.2020 fra; <https://www.artsdatabanken.no/Taxon/Omalotheca%20norvegica/100754>
- Austrheim, G., Mysterud, A., Pedersen, B., Halvorsen, R., Hassel, K., og Evju, M. (2008b). *Large scale experimental effects of three levels of sheep densities on an alpine ecosystem*. Oikos 117: 837-846, 2008. doi: 10.1111/j.2008.0030-1299.16543.x
- Austrheim, G. & Mysterud, A. (2005). *Økologiske effekter av sauebeiting i høyfjellet: korttidseffekter: sluttrapport*. Utmarksnæring i Norge (trykt utg.), vol. 1-05. Oslo: Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.
- Austrheim, G., Asheim, L., Bjarnason, G., Feilberg, J., Fosaa, A. M., Holand, O., Høegh, K., Jónsdóttir, I., Magnusson, B., Mortensen, L., Mysterud, A., Olsen, E., Skonhoft, A., Steinheim, G. & Thorhallsdottir, A. (2008a). *Sheep Grazing in the North Atlantic Region: A Long Term Perspective on Management, Resource Economy and Ecology*. Vitenskapsmuseet, Rapport Zoology Series. 2008, 3.
- Austrheim, G., Evju, M. & Mysterud, A. (2005). *Herb abundance and life-history traits in two contrasting alpine habitats in southern Norway*. Plant Ecology (2005) 179:217–229. DOI 10.1007/s11258-005-0197-3.
- Bele, B. (u.å). *Fjelltistel*. [Bilde]. NIBIO. Hentet 21.04.20 fra; https://www.artsdatabanken.no/Taxon/Saussurea_alpina/100783
- Díaz, S., Lavorel, S., McIntyre, S., Falczuk, V., Casanoves, F., Milchunas, DG., Skarpe, C., Rusch, G., Sternberg, M., Noy-Meir, I., Landsberg, J., Zhang, W., Clark, H. & Campbell, BD. (2007). *Plant trait responses to grazing—a global synthesis*. Glob Chang Biol (2007) 13:313–341, doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01288.x
- Evju, M., Austrheim, G., Halvorsen, R. & Mysterud, A. (2009). Grazing responses in herbs in relation to herbivore selectivity and plant traits in an alpine ecosystem. *Oecologia*, 161 (1): 77-85. doi: 10.1007/s00442-009-1358-1.
- Evju, M., Mysterud, A., Austrheim, G. & Økland, R. H. (2006). Selecting herb species and traits as indicators of sheep grazing pressure in a Norwegian alpine habitat. *Écoscience*, 13 (4): 459-468. doi: 10.2980/1195-6860(2006)13[459:SHSATA]2.0.CO.

Henderson, I. F. & Lawrence, E. (2011). *Henderson's dictionary of biology*. 15th ed. ed. Harlow: Benjamin Cummings.

Hobbs, N. T. (1996). *Modification of ecosystems by ungulates*. Journal of Wildlife management, 60(4), 965-713.

Kartverket. (2017). *Topografisk norgeskart 4* [kart]. WMS-tjeneste
Url: <https://openwms.statkart.no/skwms1/wms.topo4?service=wms&request=getcapabilities>

Körner, C. (1999). *Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Berlin: Springer.

Lid, J. & Lid, D. T. (2013). Norsk flora. (7. utg.) Oslo: Det norske samlaget

Lanta, V., Austrheim, G., Evju, M., Klimešová, J. & Mysterud, A. (2014). Linking sheep density and grazing frequency to persistence of herb species in an alpine environment. *Ecological Research*, 29 (3): 411-420. doi: 10.1007/s11284-014-1132-7.

Maurset, M. U. (2015). *Long-term Effects of Shifts in Grazing Pressure on Alpine Plant Species along an Elevation Gradient*. (Masteroppgave). NTNU. Trondheim.

Moen, A., Lillethun, A., Odland, A., Norges geografiske, o. & Statens, k. (1999). *Vegetasjon*. Hønefoss: Statens kartverk.

Mysterud, A. & Austrheim, G. (red.). (2005). *Økologiske effekter av sauebeiting i høyfjellet*. Korttidseffekter. Utmarksnæring i Norge 1-05: 1-91. Oslo: Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.

Mysterud, A., Hessen, D. O., Mobæk, R., Martinsen, V., Mulder, J. & Austrheim. (2011) *Plant quality, seasonality and sheep grazing in alpine ecosystem*. Basic and Applied Ecology 12 (2011) 195-206. doi:10.1016/j.baae.2011.03.002

NGU. (2020). *Berggrunn N50*. [Kart]. Hentet 27.04.20 fra; <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>

Nibio. (2020) Kilden: Sau per km2 [kart]. Hentet 04.05.20 fra;
https://kilden.nibio.no/?lang=nb&topic=arealinformasjon&bgLayer=graa&cacheX=6755016.63&Y=75828.92&zoom=2.1633333333333336&catalogNodes=87&layers_opacity=0.75,0.75,0.75&layer_s=beite_sau_km2,beite_grenser,ar50_arealtype.

Norderhaug, A. (1999). *Skjøtselsboka: for kulturlandskap og gamle norske kulturmarker*. Oslo: Landbruksforlaget.

Odland, A. (2017). *Planteøkologi - Miljø og tilpasning*. Rådal: Fenris forlag.

Olofsson, J., Moen, J. & Oksanen L. (2002). Effects of herbivory on competition intensity in two arctic-alpine tundra communities with different productivity. *Oikos*, 96(2), 256-272.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.960208.x>

QGIS Development Team. (2019). *QGIS Geographic Information System [programvare]*. Open Source Geospatial Foundation Project. QGIS-versjon 3.2.2-Bonn. <http://qgis.osgeo.org>

R Core Team. (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. R version 3.3.2 "Sincere Pumpkin Patch". R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Rekdal, Y. (2001a). *Husdyrbeite i fjellet: vegetasjonstypar og beiteverdi*. NIJOS-rapport (trykt utg.), vol. 7/01. Ås: Norsk institutt for jord- og skogkartlegging.

Rekdal, Y. (2001b). *Vegetasjon og beite ved Minnestølen*. NIJOS-dokument, vol. 23/01. Ås: Norsk institutt for jord- og skogkartlegging.

Speed, J. D. M., Austrheim, G., Hester, A. J. & Mysterud, A. (2012). Elevational advance of alpine plant communities is buffered by herbivory. *Journal of Vegetation Science*, 23 (4): 617-625. doi: 10.1111/j.1654-1103.2012.01391.x.

SSB (statistisk sentralbyrå). (24. mars 2014). *Kulturlandskap I endring*. Hentet 23.04.20 fra; <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/kulturlandskap-i-endring>.

Sætersdal, M. & Birks, H. J. B. (1997). A comparative ecological study of Norwegian mountain plants in relation to possible future climatic change. *Journal of Biogeography*, 24 (2): 127-152. doi: 10.1046/j.1365-2699.1997.00096.x.

Tveito, O. E., Bjørdal, I., Skjevåg, A. O., & Aune, B. (2005). *A GIS-based agro-ecological decision system based on gridded climatology*. Meteorological Applications, 12, 57–68. <https://doi.org/10.1017/S1350482705001490>

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. & Kinzig, A. (2004). *Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems*. Ecology and Society 9(2): 5.

Vedlegg A

Tabell A1 Oversikt over registreringene for gullris, fjelltistel, engsyre, perlevintergrønn og setergråurt. Verdiene er oppgitt totalt for hele studieområdet, og fordelt mellom behandlingene; kontroll, økt- og redusert beitetrykk. Antallet individer er registrert i rutene med inntil ti individer per rute. Plantehøyden er målt for hvert individ og vist som gjennomsnitt i tabellen. Antall beita er det totale antallet av antall individer som hadde beitespor fra virveldyr, det samme gjelder for antall insektsbeitet. Antall blomster er det totale antallet knopper og blomster som ble registrert hos planteindividene. Forekomst er registrert i rutene (n=180, og fordelt på behandlingene (n=60). Ruter beitet er antallet ruter som hadde forekomst av planter med beitespor, det sammen gjelder for ruter med insektsbeite og ruter med blomst. Tettheten for plantene er beregnet for hver rute, og vist som et totalt gjennomsnitt, og gjennomsnitt for behandlingene.

	Behandling	Antall individ	Gjennomsnittlig Høyde	Antall beita	Antall insektsbeitet	Antall blomster	Forekomst	Ruter beita	Ruter insekt	Ruter blomst	Gjennomsnittlig Tetthet
Solivir	Totalt	309	7,2	62	9	0	46	23	8	0	3,6
	Kontroll	62	7,6	27	1		12	6	1		1,7
	Økt	59	8,1	11	2		9	6	5		0,9
	Redusert	188	6,8	24	6		25	11	2		8,1
SausAlp	Totalt	174	8,4	34	19	0	22	15	12	0	1,9
	Kontroll	74	7,9	22	8		9	8	5		2,3
	Økt	57	9,4	6	10		7	4	6		1,1
	Redusert	43	7,9	6	1		6	3	1		2,2
RumeAce	Totalt	542	8,2	90	89	54	59	35	39	26	8,2
	Kontroll	158	8,8	22	21	17	17	9	10	7	3,9
	Økt	229	7,5	35	35	20	24	14	14	9	14,4
	Redusert	155	8,7	33	33	17	18	12	15	10	6,1
PyroMin	Totalt	281	4	10	45	8	38	6	18	7	5,3
	Kontroll	78	3,7	1	9	1	9	1	5	1	4,3
	Økt	113	4,5	3	28	4	15	2	10	4	6,9
	Redusert	88	3,7	6	8	3	14	3	3	2	4,8
OmdInor	Totalt	181	4,8	39	5	4	26	16	4	4	1,8
	Kontroll	56	4,9	13	1	2	7	4	1	2	1
	Økt	45	5	14	3	0	8	5	2	0	0,7
	Redusert	79	4,5	12	1	2	11	7	1	2	3,7

