

Steffen Fagerheim Hestnes

Vinteroverlevelse hos skogflått (*Ixodes ricinus*) i Norge: et eksperimentelt forsøk langs en høydegradient (100-1000 m.o.h.) på Vestlandet

Sheep tick (*Ixodes ricinus*) winter survival in Norway: an experimental study along an altitudinal gradient (100-1000 m.a.s.l) in Western Norway





Tegnet av Per John Syrstad

Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for teknologi, naturvitenskap og maritime fag
Institutt for natur, helse og miljø
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2021 Steffen Fagerheim Hestnes

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Forord

Jeg er en ivrig friluftsmann og har hele livet hatt et heller uvennlig forhold til flåtten. At jeg skulle ende opp med å bruke et helt år på å bli inngående kjent med denne arten, hadde jeg ikke i min villeste fantasi trodd. Dette har vært en innholdsrik prosess, med en bratt læringskurve. Flåtten har eksistert i mange millioner år. Den er ikke noe nytt fenomen, men skogflåtten har den siste tiden, spesielt de siste årene, fått mye oppmerksomhet i norske medier. Dette mye på grunn av hvordan folk flest har merket hvordan skogflåtten har spredd seg både lengre nordover og innover i landet, og hvordan dens rolle som vektor for infeksjonssykdommer, skaper både engasjement og uro blant dyreeiere og friluftsfolk. Jeg setter stor pris på denne muligheten jeg nå har hatt, til å være med på å innhente riktige og viktige data om flåttenes potensiale for å overleve under harde forhold og da kunne spre seg til nye områder i Norge. Jeg håper disse resultatene kan være med på å bedre en mulig forvaltning, og vår forståelse av skogflåttenes potensiale for videre utbredelse.

En stor takk til min veileder Dr. Øyvind Steifetten og nylig utnevnte Dr. Nicolas De Pelsmaecker, Universitetet i Sør-Øst-Norge. Deres hjelp med tilrettelegging og gjennomføring av alt fra feltarbeid til statistiske analyser samt alt arbeid som har ledet opp til at dette studiet kunne gjennomføres, har vært over all forventning. Takk for deres gode hjelp og faglige assistanse gjennom hele prosessen. Det rettes også en takk til Britt Ellen Fagerheim og Per John Syrstad for uvurderlig hjelp med rettskriving. Avslutningsvis ønsker jeg å rette en takk til alle ved Universitetet i Sør-Øst-Norge som har bidratt med tilgang til lokaler og utstyr, samt grunneierne i studieområdet for at vi fikk bruke deres områder.

Universitetet i Sørøst-Norge
Stuedsted Bø, 18.05.2021

Steffen Fagerheim Hestnes

Sammendrag

Det er i de siste tiårene, som en følge av klimaendringene vi nå står overfor, observert at flåtten (*Ixodidae*) endrer sin utbredelse nordover og oppover i høyden. De fleste observasjoner av flått er gjort i den aktive perioden av flåttenes livssyklus. Man vet ikke om flåtten faktisk kan overleve vinteren i høyden i Norge, eller om de observasjonene som er gjort, er av flått som har fulgt med vertsdyr opp denne sesongen. I dette studiet undersøkte jeg derfor vinteroverlevelsen til skogflåttnymfer (*Ixodes ricinus*) i en høydegradient i Erdal i Lærdal kommune, i perioden høsten 2019 til våren/sommeren 2020. Dette var et eksperimentelt forsøk, hvor det ble innsamlet flåttnymfer i to perioder; en i juni og en i september 2019. Dagen etter fangsten i september, ble det på hver 100 høydemeter opp til 1000 moh utplassert åtte rømmingssikre beholdere, med ti nymfer i hver beholder. Totalt 800 nymfer, 500 nymfer fra fangsten i juni og 300 fra fangsten i september. Etter at snøen smeltet våren/sommeren 2020, ble antall overlevende individer registrert. Det ble funnet overlevende skogflåttnymfer ved alle lokalitetene. Den høyeste overlevelsen ser man lavest i gradienten, ved lokaliteten på 100 moh. Videre var det en varierende overlevelse helt opp til 1000 moh. Overlevelsen til fangsten fra juni varierte fra 15,2 til 37,8 prosent. For fangsten i september varierte overlevelsen fra 12 til 60 prosent. Nymfene fanget i september hadde gjennomsnittlig 20,4 prosent høyere vinteroverlevelse i studieperioden. Ved bruk av generalisert lineær modell (GLM) undersøkte jeg om høydelokalitet, den totale lengden flåtten var utplassert i felt, den totale lengden flåtten var dekket av snø, samt forskjellen mellom nymfer fanget i juni vs. september, hadde noen effekt på vinteroverlevelse. Jeg fant ingen signifikant sammenheng mellom vinteroverlevelse og høydelokalitet (P-verdi = 0,485), den totale lengden flåtten var utplassert i felt (P-verdi 0,939) og den totale lengden flåtten var dekket av snø (P-verdi = 0,455). Jeg fant derimot en signifikant forskjell i vinteroverlevelse mellom flåttnymfene som ble fanget i juni vs. de som ble fanget i september (P-verdi 0,0000173). Vinteroverlevelsen er altså i liten grad påvirket av høyden. Har nymfene tilstrekkelig med energi etter siste blodmåltid, og om det legger seg et isolerende lag snø i høyden på vinteren som beskytter mot ekstreme miljøfaktorer, kan flåtten overleve og fortsette livssyklusen når snøen smelter. Resultatene viser derfor at skogflåtten har et stort potensial for å kunne overleve vinteren i høyden i Norge, og at de da på sikt kan etablere seg høyt opp i fjellet.

Summary

In recent decades, most likely due to climate change, ticks (*Ixodidae*) are changing their distribution further north and to higher altitudes. Most of the observations of ticks are during their active period, therefore we do not know whether the ticks can survive the winter at high altitudes in Norway, or whether the observations are of ticks that have been introduced by host animals the same season. In this study I have examined the winter survival of sheep tick nymphs (*Ixodes ricinus*) at various altitudes in Erdal in Lærdal municipality, in the period autumn 2019 to spring/summer 2020. This was an experimental study, where tick nymphs were collected in two periods: one batch in June and one in September 2019. The day after the catch in September, eight escape-proof containers, with ten nymphs in each container were deployed at every hundred meters up to 1000 m.a.s.l. A total of 800 nymphs, 500 from June and 300 from September. After the snow melted in the spring/summer of 2020, the number of surviving individuals were registered. Surviving sheep tick nymphs were found at all sites. The highest survival rate is seen at the location of 100 m.a.s.l., and there was a varying survival rate up to 1000 m.a.s.l. Survival rate of the nymphs from June varied from 15.2 to 37.8 percent. For the nymphs in September, survival rate ranged from 12 to 60 percent. The nymphs from September had an average of 20.4 percent higher winter survival rate during the study period. Using a 'generalized linear model' (GLM) I investigated whether; the deployment sites (i.e., the height above sea level), the time the containers were out in the field and under snow, as well as the difference between nymphs caught in June vs. September, had some effect on survival. I found no significant correlation between winter survival and altitude (P-value = 0.485), the time the nymphs were out in the field (P-value 0.939), and under a layer of insulating snow (P-value = 0.455). On the other hand, I found a clear significant difference in winter survival between the tick nymphs caught in June vs. those caught in September (P-value 0.0000173). Winter survival rate does not seem to be significantly affected by altitude. If the nymphs have sufficient energy after their last blood meal, and if an insulating layer of snow settles in the winter that protects against extreme environmental factors, the tick can survive and continue its life cycle when the snow melts. The results, therefore, show that the sheep tick has a great potential to survive the winter at high altitudes in Norway and that they can over time establish new populations in Norwegian mountain areas.

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	3
Summary	4
Innledning	6
Materialer og metode	9
Studieområde	9
Fangst av skogflått	9
Oppsett og utplassering i felt	11
Beregning av vinteroverlevelse.....	13
Statistiske analyser.....	15
Resultat	16
Diskusjon	21
Sammenheng mellom vinteroverlevelse og høydelokalitet	21
Sammenheng mellom vinteroverlevelse og antall dager nymfene lå i felt	22
Sammenheng mellom vinteroverlevelse og antall dager under snø.....	23
Sammenheng mellom vinteroverlevelse og om nymfene var fanget i juni eller september	24
Betydningen av vinteroverlevelse for videre ekspansjon	25
Konklusjon	27
Litteraturliste	28

Innledning

De menneskeskapte klimaendringene som vi i dag står overfor (Houghton et al., 2001; Letcher, 2015), har ført til at en rekke arter allerede har endret sitt distribusjonsområde, og man vil på sikt kunne forvente at denne andelen øker betraktelig (Parmesan, 1996; Parmesan & Yohe, 2003; Root et al., 2003). Områder som i dag ikke tilfredsstiller kriteriene for en arts overlevelse, kan med et skiftende klima bli et foretrukket habitat. Innvandring av nye arter, skiftende temperaturer eller andre endringer i økosystemer som følge av klimaendringene (Letcher, 2015), kan føre til ugunstige overlevelseshold slik at arter må forflytte seg til mer egnede områder (Thomas et al., 2004; Urban, 2015; Carlson et al., 2017). Det er gjort flere studier som har sett på hvordan klimaendringene påvirker arters distribusjonsområde, og felles for flere av disse studiene, er at flere arter forflytter seg lengre nordover og høyere opp i terrenget (Walther et al., 2002; Parmesan & Yohe, 2003; Hickling et al., 2006; Chen et al., 2011; Mason et al., 2015). Eksempelvis har en rekke arter av fugler (Thomas & Lennon, 1999), sommerfugler (Parmesan et al., 1999; Wilson et al., 2005), reptiler (Moreno-Rueda et al., 2012), og planter (Kullman, 2002) vist en slik forflytning. Et annet studie gjennomført i Storbritannia, så på distribusjonsendringene til 329 arter fra 16 taksonomiske dyregrupper. Studiet viste at over en periode på 25 år, hadde utbredelsen til 275 arter beveget seg nordover, og utbredelsen til 227 arter hadde beveget seg høyere i terrenget (Hickling et al., 2006).

De fleste studier relatert til hvordan klimaendringene påvirker arters spredningspotensiale omhandler i stor grad arter med en egen evne til å spre seg selv, og i liten grad parasitter som primært er avhengige av vertedyr for spredning (Bozick & Real, 2015). Flått (*Ixodidae*) har fått stor oppmerksomhet sammenlignet med andre parasitter, og da spesielt skogflåtten (*Ixodes ricinus*) som på grunn av dens rolle som vektor for infeksjonssykdommer, er ansett som en stor helse-trussel (Navarro et al., 2015). I likhet med andre arter har man observert at skogflåtten gjennom de siste tiårene også har endret utbredelse ved at de nå er å finne både lengre nord og høyere i terrenget. (Lindgren et al., 2000; Daniel et al., 2003; Materna et al., 2008; Daniel et al., 2009; Jore et al., 2011; Jaenson et al., 2012). I Norge var utbredelsen av skogflått lenge begrenset til kystnære områder, og forsøk gjort på 1900-tallet viste at utbredelsen av skogflått strakte seg langs norskekysten opp til ca. 66°N (Tambs & Lynche, 1943; Mehl, 1983). Nyere forskning viser imidlertid at skogflåtten utbredelse har strukket seg nærmere 400 km nordover, og den er nå å finne i kystnære områder på ca. 69°N (Jore et al., 2011). Skogflåtten har også trukket seg lengre inn i landet og høyere opp i terrenget. Et forsøk sent på 1900-tallet viste at høyeste funn av flått var på 800 moh, men sjelden over 400 moh. (Mehl, 1983), og (Jore et al., 2011) fant bevis på flått opp til 583 moh. I dag er skogflåtten i Norge

funnet på 1000 moh. (De Pelsmaecker et al., 2021). Selv om disse observasjonene viser at skogflått i betydelig grad har endret sin utbredelse, er det usikkert hvorvidt dette er observasjoner av etablerte populasjoner. Observasjonene er gjort i den aktive perioden av flåttens livssyklus, og det er umulig å vite om dette er flått som har blitt fraktet opp med ulike vertsdyr samme sesong, eller om de tilhører en etablert populasjon som har overvintret i disse områdene. Det finnes lite data på dette i Norge, og spesielt er data på vinteroverlevelse i høyden mangelfull. Skogflåtten i Norge representerer deler av den nordligste grense for artens leveområde, men den øvre grensen for flåttens distribusjonsområde varierer med breddegrad. Ved varmere breddegrader sør i Europa (i.e. Bulgaria, Romania) har flåtten lenge vært etablert langt over 1000 moh. (Daniel, 1993).

Temperatur og fuktighet er klimatiske faktorer som kan styre og begrense skogflåttens aktivitet og leveområde (Sonenshine & Mather, 1994). Ved ugunstige temperatur- og fuktighetsforhold, som for eksempel lave vintertemperaturer, går flåtten inn i en dvaletilstand (i.e. quiescence /diapause) i vente på bedre forhold (Dautel et al., 2008). Skogflåtten overvintrer som regel under løvet i strølaget og i øvre del av jordsmonnet ned til ca. 5 cm (Daniel et al., 1972). Når snøen smelter, går den ut av dvalen og blir aktiv, og flåtten kan starte aktiv leting etter en vert ved relativt lave temperaturer (Dautel et al., 2008). Den vil være fullt aktiv når den gjennomsnittlige daglige maks-temperaturen gjennom fem dager når ca. 7 °C (Perret et al., 2000). Skogflåtten kan overleve i temperaturer langt under 0 °C i flere dager, og det er i laboratorieforsøk observert at nymfer uten et blodmåltid kan overleve i temperaturer helt ned til -22,1 °C i en 24 timers periode og i temperaturer på -10 °C i flere dager (Dautel & Knülle, 1997). Vintertemperaturene er viktige for flåttens overlevelse og aktivitet på vårparten. Flåtten håndterer stabile vintertemperaturer bedre enn skiftende temperaturer (Herrmann & Gern, 2013). Lite isolerende snø på vinteren med plutselig kulde- og varme-perioder kan virke negativt inn på flåttens overlevelse da den enten vil kunne utsettes for ekstreme negative temperaturer, eller temperaturer på pluss-siden hvor flåtten kan bruke energi på å gå ut og inn av dvale. (Herrmann & Gern, 2013; Vollack et al., 2017).

Det rapporteres om større mengder snø på vinteren i høyden i Norge (Dyrddal et al., 2012; Rizzi et al., 2017), og dette vil potensielt kunne virke positivt inn på vinteroverlevelsen til flått. Jo tykkere snødekke, jo større sjanse har flåtten for å overleve vinteren (Herrmann & Gern, 2013; Vollack et al., 2017), men i høyden legger snøen seg ofte tidlig og smelter sent. Den aktive fasen kan bli veldig kort, og sjansen for at flåtten rekker å finne en vert for et nytt blodmåltid samt pare seg, synker. Om flåtten overlever vinteren i høyden, er det i stor grad de mikroklimatiske forholdene (luftlag ved bakken) som videre styrer utbredelsen og den mulige etableringen av faste populasjoner i høyden (Daniel, 1993).

Skogflåtten er avhengig av å kunne gjennomføre forvandlingene mellom stadiene egg, larve, nymfe og voksen, for å kunne etablere seg i et område. Ved for lave temperaturer i den aktive fasen (i.e. vår, sommer, høst), vil den ikke klare å gjennomføre denne prosessen. Spesielt forvandlingen fra egg til larve er følsom for lave temperaturer. I tillegg til temperatur og fuktighet styres flåttenes mulige distribusjon og tilstedeværelse i høyden, i stor grad av faktorer som vegetasjonsdekket og tilgangen på vertsdyr (Materna et al., 2008).

For å få en indikasjon på hvorvidt skogflått har et reelt potensial for å etablere seg i høyden i Norge, undersøkte jeg i dette studiet vinteroverlevelsen til skogflått langs en høydegradient på Vestlandet. Skogflått ble på høsten eksperimentelt utplassert i rømningsfrie beholdere på hver 100 høydemeter opp til 1000 moh. Antall overlevende individer ble registrert etter at snøen hadde smeltet. Det ble forventet en middels til høy overlevelse på de lavere høydene, men det var ingen klare forventninger om skogflåttenes vinteroverlevelse i den øvre delen av gradienten.

Materialer og metode

Studieområde

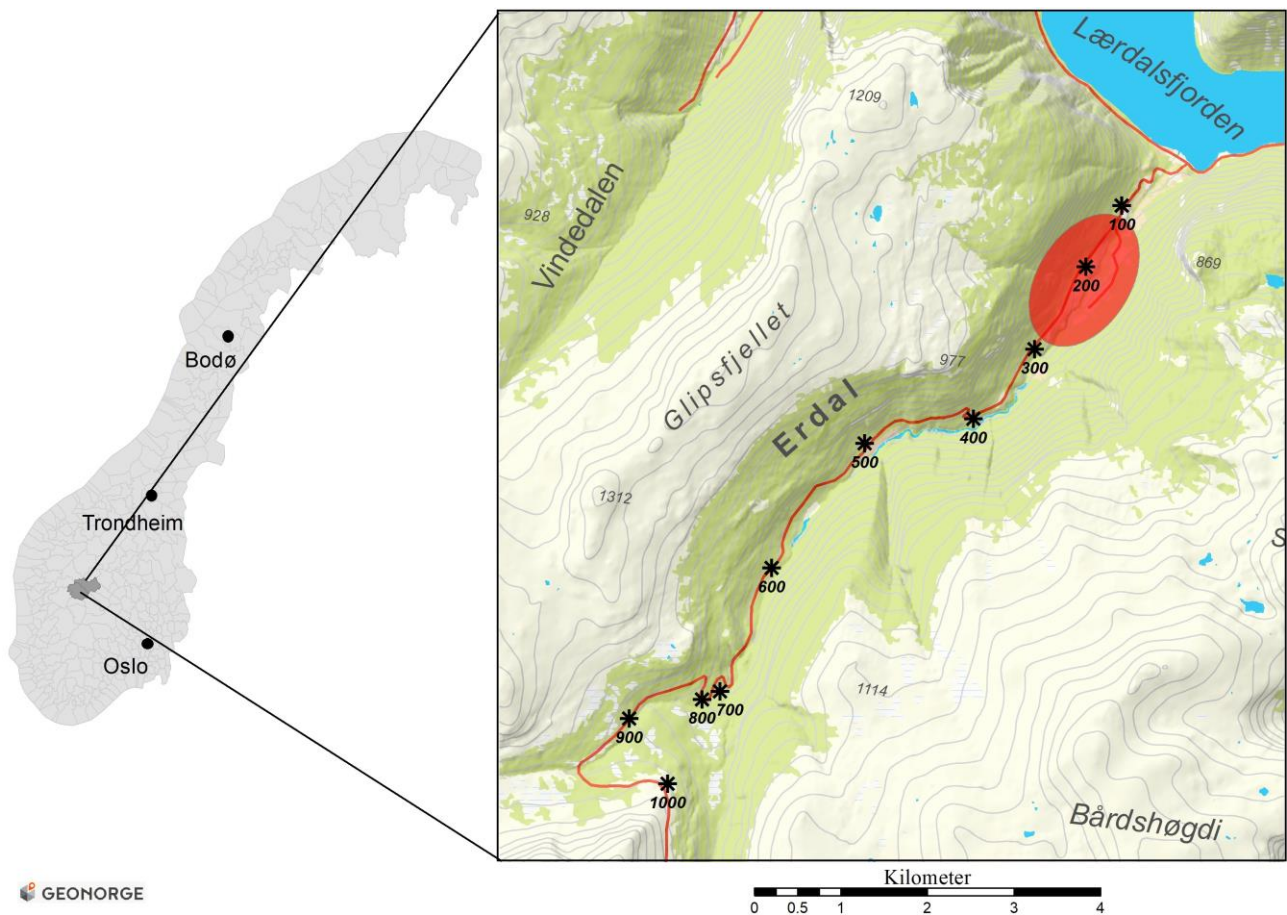
Studiet ble utført i Erdal i Lærdal kommune i perioden 2019-2020 (se figur 1). Erdal er en relativt smal dal som vender nordover, og har bratte fjellsider på hver side av Erdalselvi som skaper en naturlig barriere midt i dalen. Det går en vei fra bunnen av dalen opp til 1306 moh., med spredt bebyggelse av hytter og eldre setre langs store deler av veien.

I bunnen av dalen er området preget av bjørk (*Betula spp.*) og svartor (*Alnus glutinosa*), og av beitemark med spredte klynger av grantrær (*Picea abies*). Videre oppover i dalen består trevegetasjonen primært av fjellbjørk, og bunnvegetasjonen domineres her av blåbær (*Vaccinium myrtillus*), forskjellige arter av bregner og høye flerårige urter. Over tregrensen som ligger på ca. 1000 moh., er landskapet preget av spredte klynger av dvergbjørk (*Betula nana*), einer (*Juniperus communis*) og vier (*Salix spp.*), samt røsslyng (*Calluna vulgaris*) og krekling (*Empetrum nigrum*). Rundt studieområdet er det flere fjelltopper som overstiger 1500 moh.

Erdal ligger 150 km fra kystlinjen innerst i Sognefjorden, og er til dels preget av et kystklima med relativt milde vintre og kjølige somre. Basert på gjennomsnittsverdier fra 1971 til 2000 (i.e. normalperioden) har Erdal en årstemperatur som varierer fra 8 °C nederst i dalen til 0 °C øverst i dalen. Årsnedbøren ligger på mellom 500 til 2000 mm avhengig av høyde, og snødybden varierer fra under 25 cm nederst i dalen til over 150 cm høyere opp (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2021).

Fangst av skogflått

Skogflåtten som ble brukt i dette eksperimentet, ble innsamlet lokalt nederst i Erdal (se figur 1). All fangst foregikk ved flagging (i.e. metode hvor man drar et hvitt håndkle/laken gjennom terrenget i håp om at flåtten fester seg) på ca. 200 moh., ettersom dette var en lokalitet som tidligere hadde vist en meget høy tetthet av skogflått. På grunn av at all innsamlet flått i hovedsak var nymfer, ble det kun brukt flått på nymfestadiet i dette forsøket. Nymfene er mer følsomme for endringer i temperatur og fuktighet enn voksne flått (Kjelland, 2014), og de vil derfor gi en bedre indikasjon på om skogflåtten har potensiale for å etablere seg i høyden.

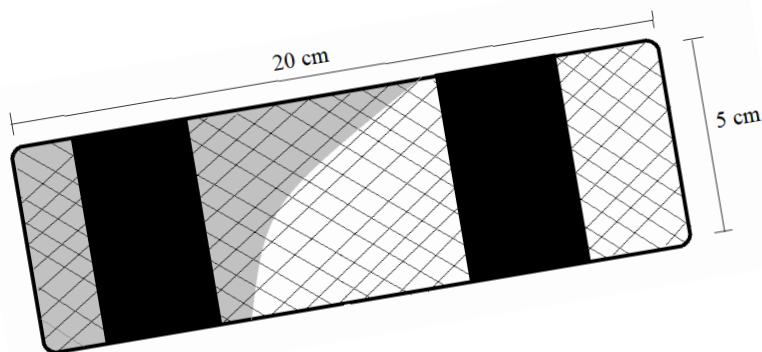


Figur 1: Kartet til venstre viser den geografiske plasseringen av Lærdal kommune, mens kartet til høyre viser studieområdet i Erdal. Stjernene indikerer høydelokalitetene hvor skogflåtten ble eksperimentelt utplassert i felt, og den røde sirkelen viser innsamlingsområdet for skogflått. Kartdata er hentet fra (Geonorge, 2021).

I perioden 25. - 28. juni 2019 ble det fanget 1000 flåttnymfer. Ettersom flåttnymfene ikke skulle utplasseres i felt før på høsten, ble flåtten midlertidig plassert i små Eppendorf-rør for lagring. Hvert rør hadde ett lite luftehull, og i hvert rør ble det lagt en fuktig bomullsbit slik at flåtten kunne opprettholde en fuktighetsbalanse (komfortterskel 86 – 96 % relativ fuktighet (Lees, 1946)). I hvert rør ble det plassert fem nymfer, og i håp om at flåtten skulle gå i dvale for å spare energi i påvente av utplassering i felt, ble nymfene lagt i et kjølerom som holdt 2 til 3 °C. Det viste seg imidlertid at etter en måned i kjølerommet var flåtten fortsatt aktiv, og temperaturen ble derfor skrudd ned til 1,3 °C. Selv under disse kjølige forholdene gikk fortsatt kun et fåtall inn i dvale. I løpet av lagringsperioden var det også et problem med muggsopp i rørene, noe som førte til at nærmere 50 % av flåttnymfene døde. Det ble derfor gjennomført en ny fangstrunde 22. september 2019 i det samme området for å supplere eksisterende antall flått som skulle brukes i eksperimentet. I denne perioden ble det fanget 300 nye flåttnymfer, så totalt ble 800 flåttnymfer brukt i dette studiet. Ettersom alle nymfene som ble fanget, var på leting etter en ny vert, tyder dette på at de ikke har hatt et blodmåltid som nymfe, og vil da heller ikke skifte ham til en voksen flått i løpet av studiet.

Oppsett og utplassering i felt

For å kunne undersøke hvorvidt skogflått kan overleve vinteren på de øverste lokalitetene av den designerte høydegradienten, var det nødvendig å eksperimentelt utplassere flått på disse lokalitetene. For å kunne estimere overlevelse gjennom vinteren ble det derfor produsert 80 rømningssikre beholdere som så ble gravd ned ute i felt. Beholderne besto av en ca. 20 cm lang og ca. 5 cm bred sylinder av hønsenetting med 0,5x0,5 cm store hull. Hønsenettingen ble dekket med et dobbelt lag vekstduk av polypropylen, og *Gorilla-tape* ble brukt for å påse at beholderen var helt uten åpninger og dermed rømningssfri (se figur 2).



Figur 2: Illustrasjon av en rømningssikker beholder som ble brukt i eksperimentet.

For hver 100 høydemeter opp til 1000 moh. (se figur 1) ble det satt ut åtte beholdere, og i hver beholder ble det plassert ti flåttnymfer, totalt 80 flåttnymfer på hver 100 høydemeter. Flått fra tidlig og sen fangstperiode ble ikke lagt i samme beholder. Dette resulterte i at for hver 100 høydemeter var det fem beholdere med 50 flått fra den tidlige fangstperioden i juni, og tre beholdere med 30 flått fra den siste fangstperioden i september. I hver beholder ble det plassert to Eppendorf-rør hvor lokket var fjernet, slik at flåtten fritt kunne bevege seg ut av røret og inn i beholderen. Det ble påsett at all flått som ble plassert i beholderne, fremdeles var i live. I det fri overvintrer flåtten som regel under løvet i strølaget eller i den øvre delen av jordsmonnet ned til ca. 5 cm (Daniel et al., 1972), og hver beholder ble derfor fylt med organisk materiale (i.e. mose, jord, osv.) for å tilrettelegge for et naturlig overvintringsmiljø (se figur 3). Beholderne ble plassert ca. 10 cm ned i jordsmonnet, og flåtten kunne derfor velge mellom enten å overvintre på strølagsnivå eller noen cm ned i jordsmonnet. Selv om beholderne var tette og rømningssikre, sørget den permeable vekstduken for at miljøforholdene (i.e. luft, fuktighet og temperatur) inne i beholderen var tilnærmet lik de reelle miljøforholdene i området. Beholderne ble på hver lokalitet (8 stk.) satt i en ring med en til to meters avstand fra hverandre. I senter av ringen ble det plassert to temperaturstasjoner som registrerte data hver time; én som målte

temperaturen på bakkenivå (*LogTag TRIX-8 model*), og én som målte lufttemperaturen (*TinyTag Plus 2-TGP 4017*). Stasjonen som målte lufttemperaturen, ble plassert på en pølse 50 cm over bakkenivå. Temperaturene ble målt for å kunne kalkulere lengden av den perioden hvor beholderne var dekket av snø. Temperaturdataene ble også brukt for å kunne se om det var noen ekstreme temperaturløstoffer som kunne ha innvirkning på vinteroverlevelsen. Alle beholdere og temperaturloggere ble utplassert i felt den 23. september 2019.

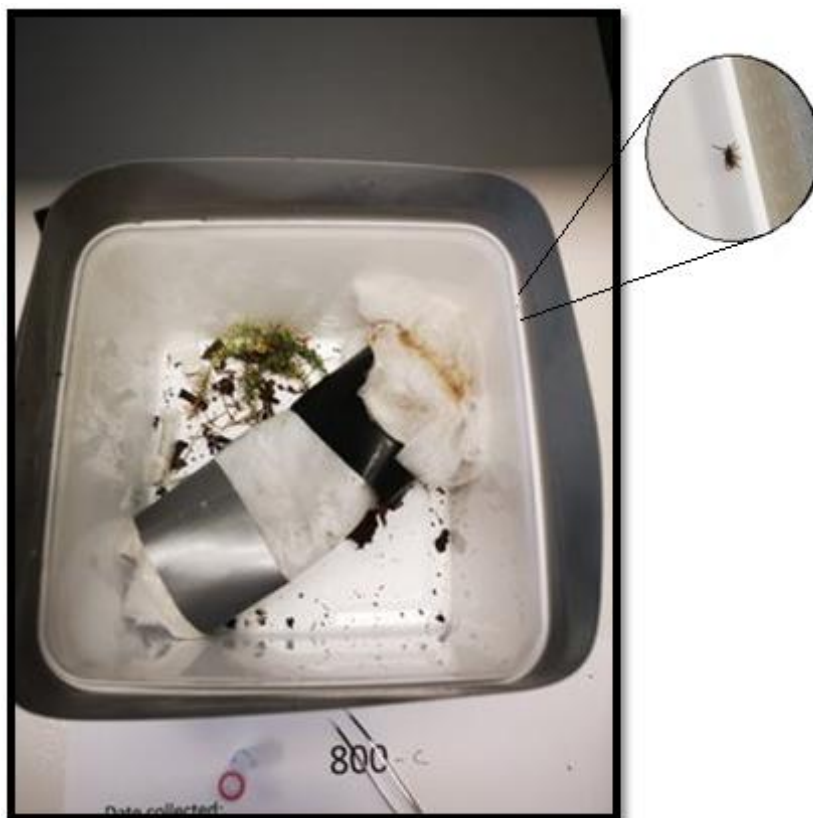
Raskt etter snøsmelting på de respektive høydelokalitetene ble beholderne gravd frem og medbrakt til laboratoriet for videre undersøkelse. Dette ble gjort for at flåtten, som blir tidlig aktiv etter snøsmelting, ikke skulle bruke unødvendig med energi, noe som potensielt kunne påvirke den estimerte vinteroverlevelsen. På grunn av ujevn snøsmelting oppover langs høydegradienten i løpet av våren/sommeren 2020, ble beholderne på 100–500 moh. gravd frem den 13. april, fra 600–800 moh. den 9. juni, og fra 900-1000 moh. den 29. juni. Etersom jeg ikke hadde tilgang til en nøyaktig overvåking av når snøen smeltet på de respektive høydelokalitetene, ble det avvik fra eksakt snøsmeltingsdato og dato for når beholderne ble gravd frem (se Tabell 2).



Figur 3: Bildet viser innsiden av en beholder med det organiske materialet plassert i bunnen og et åpent Eppendorf-rør som ble brukt til å oppbevare flåttnymfene i. Foto: Nicolas De Pelsmaeker

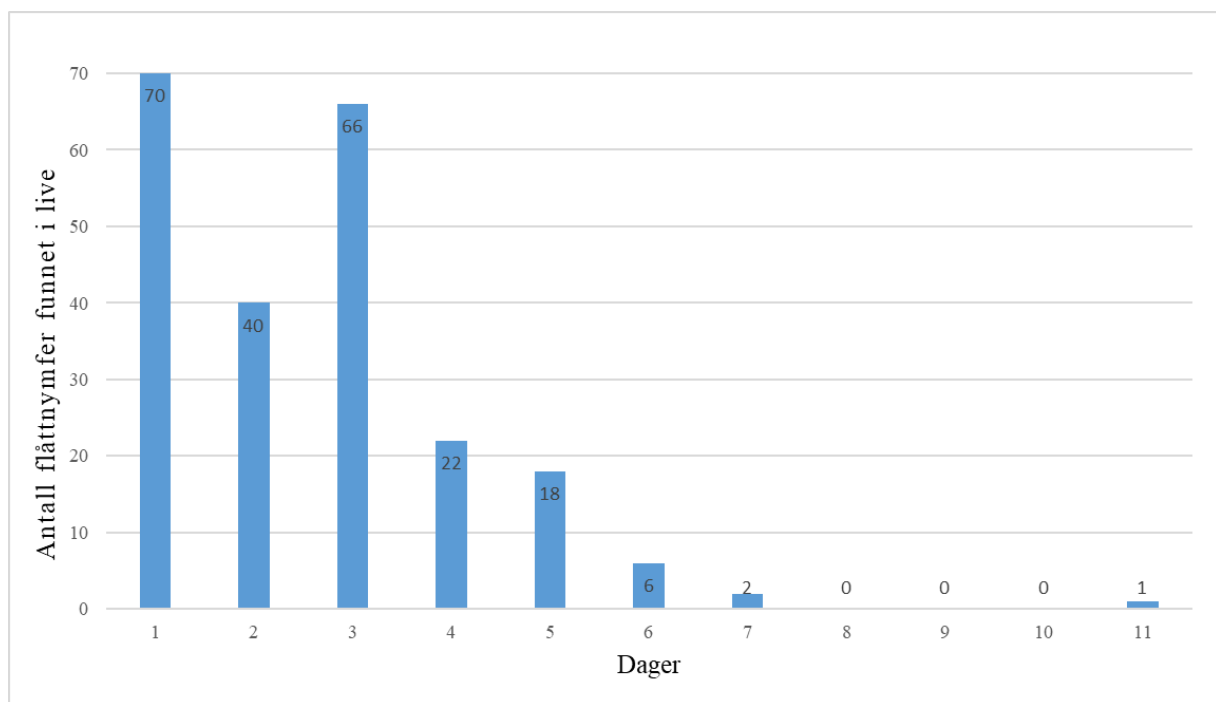
Beregning av vinteroverlevelse

For å kunne kalkulere hvor mange flått som hadde overlevd vinteren, ble hver beholder åpnet og plassert i en separat hvit isboks (19x19x8 cm) samme dag som de ble gravd frem. Det organiske materialet ble tatt ut av beholderen og plassert i bunnen av isboksen, og for at flåtten ikke skulle kunne rømme ble en ca. 5 cm høy kant av *gorillatape* festet rundt toppen av isboksen (se figur 4). Dette viste seg å være veldig effektivt da flått som prøvde å forlate isboksen enten ble sittende fast på tapen, eller de snudde og prøvde en annen vei. Det ble sett etter overlevende flått hver dag i totalt 11 dager. For hver observasjonsdag ble det gjennomført tre observasjonsøkter. Under den første økten ble det gjennomført et raskt søk etter overlevende flått, og det ble blåst forsiktig ned i boksen for mulig å indikere at det var et vertsdyr i nærheten slik at flåtten aktivt skulle begynne å lete etter en vert. Under den andre økten ble boksene gjennomgått i detalj, og en tilsvarende detaljert gjennomgang ble utført under økt tre for mulig å oppdage flått som ikke var observert på økt 1 og 2. Intervallet mellom hver observasjonsøkt var ca. 10 til 15 minutter. På slutten av hver observasjonsdag ble vann sprayet ned i isboksene for å opprettholde den relative fuktigheten slik at flåttoverlevelsen ikke ble påvirket av uttørking.



Figur 4: Bildet viser en isboks med en åpen beholder og en del av det organiske materialet plassert i bunnen. En flåttnymfe kan sees langs isbokskanten. Nymfene var lett synlige mot den hvite bakgrunnsfargen. Foto: Steffen Fagerheim Hestnes

Funn av overlevende og døde flått ble registrert på et eget skjema for hver beholder. Både levende og døde flått ble plassert i et lite plastrør med alkohol. De fleste overlevende flåttnymfene ble observert mens de bevegde seg oppover til det høyeste punktet i isboksen, eller på sidene av isboksen på leting etter en vert. De fleste døde flåttnymfene ble funnet i Eppendorf-rørene, men noen ble også funnet i det organiske materialet i bunnen av isboksen, eller sittende fast på tapen som ble brukt for å feste vekstduken og sikre at beholderen var helt uten åpninger. Disse siste ble ikke tatt med i beregning av vinteroverlevelse da de kan ha blitt sittende fast på tapen allerede ved dag en i felt, noe som ville kunne ha overestimert dødeligheten (i.e. flåtten vil ikke ha mulighet for å overvintre som normalt). Etter 11 dager med observasjon var jeg relativt sikker på at de fleste flåttnymfene som hadde overlevd vinteren, var funnet, og figur 5 viser tydelig at antall observerte overlevende flått synker drastisk mot slutten av observasjonsperioden. Alt materiale brukt i forsøket, ble behandlet som biologisk farlig avfall og destruert deretter.



Figur 5: Viser fordelingen av antall flåttnymfer funnet i live i løpet av 11 dager på laboratoriet.

Statistiske analyser

De statistiske analysene ble gjennomført ved bruk av analyseverktøyet R Commander versjon 3.6.1. For å se om det var noen sammenheng mellom vinteroverlevelse og de ulike høydelokalitetene, vinteroverlevelse og antall dager flåtten var utplassert i felt, vinteroverlevelse og antall dager flåtten var snødekt, og vinteroverlevelse og fangstperiode (juni/september), brukte jeg generalisert lineær modell (GLM). Prosentvis overlevelse for hver av de 80 beholderne fordelt mellom populasjonene for fangstperiodene, ble brukt som responsvariabel, mens høydelokalitet, antall døgn utplassert i felt, antall døgn flåtten var snødekt, og om nymfene var fanget i juni eller september, ble brukt som forklaringsvariabler. Etersom dataene for vinteroverlevelse ikke var normalfordelte (Shapiro-Wilks test: P-verdi = 0,0002182), brukte jeg en Poisson-fordeling i analysene. En P-verdi på $< 0,05$ ble ansett som signifikante verdier.

Resultat

Av de totalt 800 flåttnymfene som ble utplassert i felt, ble 342 gjenfunnet: 225 ble funnet i live, og 117 ble funnet døde. Når analysene skulle kjøres, valgte jeg å ikke bruke dataene fra lokaliteten på 300 moh., da alle beholderne hadde små og store bite- og hakkemerker, og en av beholderne var revet helt opp. I to av beholderne ble det ikke gjenfunnet verken levende eller døde flått, og svært få nymfer ble funnet i de resterende beholderne. Det er meget stor sannsynlighet for at de fleste nymfene her hadde klart å komme seg ut av beholderen, og ville, hvis de ble tatt med i analysene, ha overestimert dødeligheten. To beholdere (én på 100 moh. og én på 600 moh.) ble heller ikke gjenfunnet i felt. Totalt utgjorde dette 100 flåttnymfer som ikke ble tatt med i analysene. Jeg fjernet også 59 flåttnymfer som ble funnet døde på tapen brukt til å påse at beholderen var helt uten åpninger. Da disse kunne ha satt seg fast relativt raskt etter at Eppendorf-rørene ble åpnet. Når disse 159 nymfene fjernes fra det totale antallet på 800 nymfer brukt i felt, sitter vi igjen med 641 flåttnymfer som da ble brukt i analysene, 402 fra den første fangstrunden i juni og 239 flåttnymfer fra den andre fangstrunden i september. Jeg fant overlevende flått i 63 av de 70 beholderne som ble brukt: 37 beholdere fra fangstperiode 1 og 26 fra fangstperiode 2. Den høyeste overlevelsen ble registrert på 100 moh, og den laveste på 900 moh. (se Tabell 1).

Tabell 1: Dataene i denne tabellen representerer dataene for begge fangstperiodene slått sammen. Tabellen viser en oversikt over antall flåttnymfer utplassert i felt, antall flåttnymfer som ble fjernet fra analysene, totalt antall flåttnymfer brukt i analysene, antallet nymfer som ikke ble gjenfunnet (av nymfene brukt i analysene), antallet funnet døde (av nymfene brukt i analysene), antallet funnet i live for de ulike høydelokalitetene og total overlevelse for hver høydelokalitet vist i %.

Høyde moh.	Satt ut i felt	Fjernet fra analysene	Brukt i analysene	Ikke gjenfunnet	Funnet døde	Funnet i live	Overlevelse %
100	80	14	66	35	0	31	47,0
200	80	7	73	54	0	19	26,0
400	80	4	76	50	1	25	32,9
500	80	6	74	39	2	33	44,6
600	80	18	62	32	8	22	35,5
700	80	11	69	39	3	27	39,1
800	80	6	74	34	15	25	33,8
900	80	9	71	50	11	10	14,1
1000	80	4	76	40	17	19	25,0
Sum	720	79	641	373	57	211	

Perioden beholderne var dekket av et isolerende lag med snø, varierte mellom høydelokalitetene (se Tabell 2). På 100 moh. var det ikke nok snø til at vi kunne konkludere med at den hadde en isolerende effekt, og på 200 moh. var det bare ca. 14 dager med slike forhold. Den laveste lufttemperaturen som ble registrert i løpet av studieperioden på henholdsvis 100 og 200 moh. var -6 °C og -8 °C. De resterende høydelokalitetene hadde alle et isolerende snølag i lengre perioder gjennom vinteren, og den laveste temperaturen registrert for disse lokalitetene, var -16,1 °C på 900 moh. For en oversikt over antall dager flåttnymfene var utplassert i felt, og antall dager de var dekket av et lag med snø, se tabell 2. For en oversikt over gjennomsnittstemperaturene ved høydelokalitetene, se figur 7.

Tabell 2: Tabellen viser antall dager flåttnymfene var utplassert i felt, antall dager de lå under et isolerende lag med snø, og antall dager nymfene lå ute i felt etter at snøen smeltet fordelt på de forskjellige høydelokalitetene. Verdiene for antall dager under snø, og antall dager i felt etter at snøen smeltet, er basert på sammenligninger av bakktemperaturen og lufttemperaturen 50 cm over bakken ved hver lokalitet.

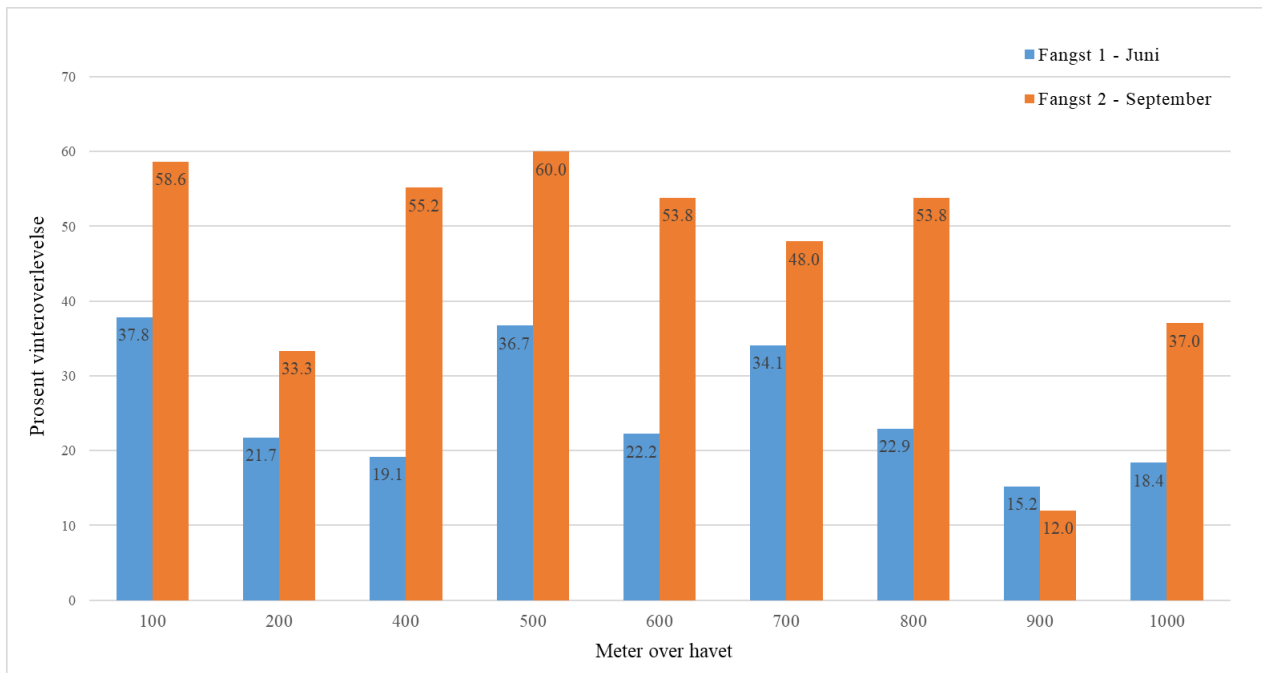
Høyde over havet	Dager i felt	Dager under snø	Dager i felt etter snøsmelting
100	201	0	Nesten ikke snø i studieperioden
200	201	14	Nesten ikke snø i studieperioden
400	201	140	20
500	201	140	20
600	258	158	59
700	258	174	43
800	258	202	18
900	278	215	26
1000	278	234	10

Jeg fant ingen signifikant sammenheng mellom hverken vinteroverlevelse og høydelokalitet (i.e. høyden over havet) (P-verdi = 0,485), vinteroverlevelse og totalt antall dager utplassert i felt (P-verdi = 0,939), eller vinteroverlevelse og antall dager flåttnymfene var dekket av snø (P-verdi = 0,455). Jeg fant en signifikant forskjell mellom vinteroverlevelsen, og om flåttnymfene var fanget i juni eller i september (P-verdi = 0,0000173). Gjennomsnittlig for alle lokalitetene hadde flåttnymfene som ble fanget i september 20,4 % høyere vinteroverlevelse enn de som ble fanget i juni (se figur 6). For en oversikt over resultatene fra GLM modellen, se tabell 3.

Når man ser på verdiene for variabelen høyden over havet, opp imot variablene antall dager i felt og lengden beholderne var under snø (tabell 2), kan man se at det er en sammenheng mellom variablene. Det ble derfor brukt en 'Pearson's correlation coefficient' test for å se om variablene korrelerte med hverandre. Testene gav R-verdier over 0,9. Disse variablene korrelerer altså i stor grad positivt med hverandre, og det er da ikke overraskende at disse variablene hadde lik effekt (i.e. ikke signifikant) på overlevelsen.

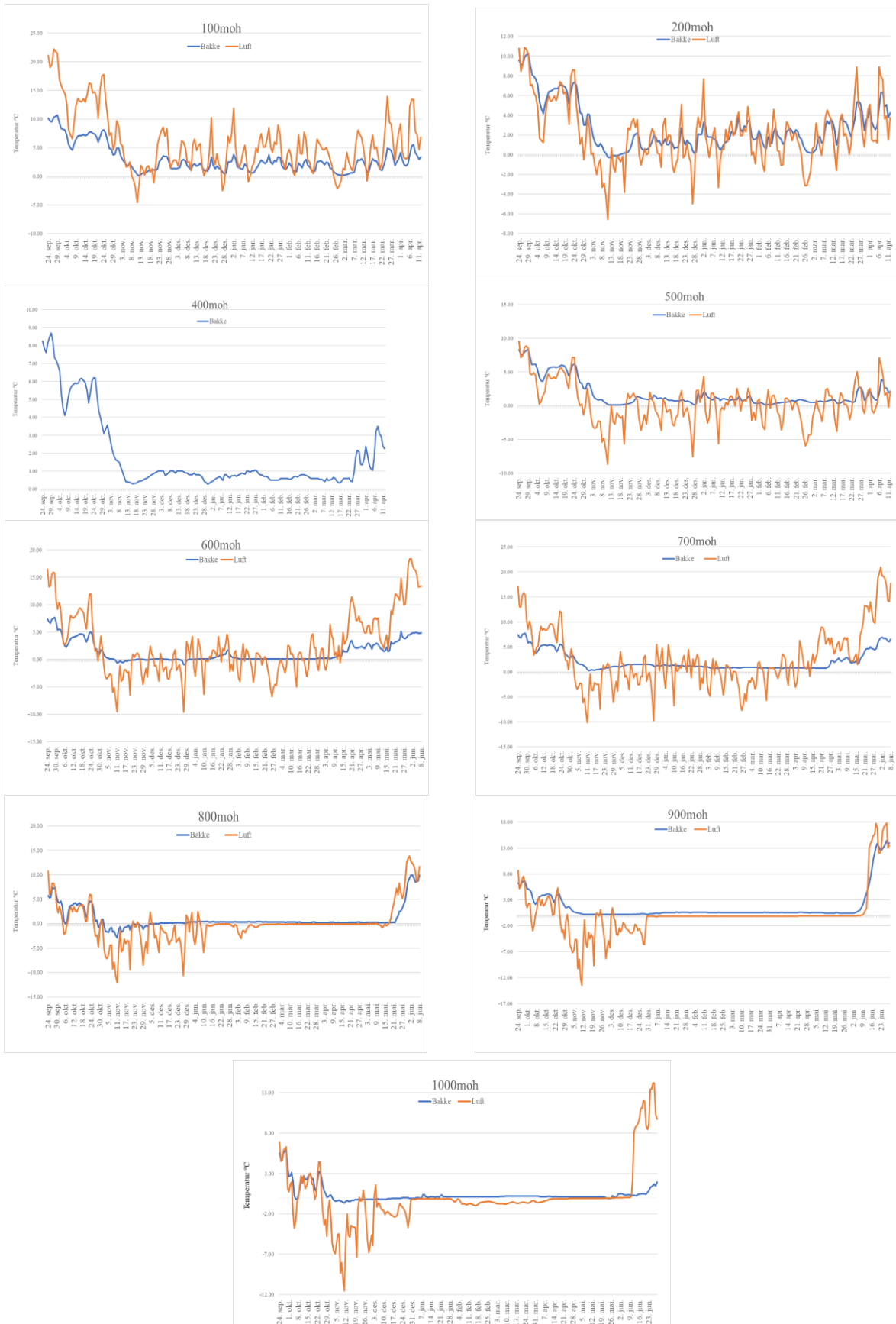
Tabell 3: Viser resultatene (i.e. estimerte regresjonsparametere, standard feil, Z-verdi og P-verdi) fra GLM modellen som beskriver påvirkningen forklaringsvariablene høydelokalitet, dager i felt, dager under snø og fangstperiode (juni/september) har på responsvariabelen overlevelse. (Poisson family, Link funksjon = log).

	Estimat	Standard feil	Z-verdi	P-verdi
Intercept	-1,113	1,789	-0,622	0,534
Høydelokalitet	-0,002	0,003	-0,698	0,485
Dager i felt	-0,001	0,010	-0,076	0,939
Dager under snø	0,005	0,006	0,747	0,455
Fangst 1 vs. 2	1,067	0,248	4,297	0,0000173



Figur 6: Vinteroverlevelse av flåttnymfer i prosent for de to fangstperiodene juni og september for hver høydelokalitet. Blå søyler: fangstperiode 1 (juni); Oransje søyler: fangstperiode 2 (september).

Temperaturen og mengden snø som la seg, varierte mye mellom høydelokalitetene. Ved de lavere lokalitetene i høydegradienten fluktuerte temperaturene ved bakkenivå og 50 cm over bakken gjennom hele studieperioden, men høyere i gradienten ser man tydelig hvordan et lag snø isolerte, og holdt temperaturen rundt 0 °C. Ved lokalitetene øverst i gradienten la det seg så mye snø at også stasjonene som målte lufttemperaturer 50 cm over bakken, ble dekt (se figur 7).



Figur 7: Viser de daglige gjennomsnittstemperaturene ved bakkenivå sammen med lufttemperaturen 50 cm over bakken for hver lokalitet (utenom 300 moh.) gjennom hele feltperioden. Temperaturloggeren (50 cm over bakken) på 400 moh., ble ikke gjenfunnet.

Diskusjon

Resultatene i dette studiet viser en relativ høy vinteroverlevelse ved alle høydelokalitetene opp til 1000 moh. Overlevelsen synker noe jo høyere i gradienten man kommer, men en overlevelse hos flåttnymfene på totalt 25 % ved den høyeste lokaliteten, bekrefter at skogflåtten i Norge kan overleve vinteren på 1000 moh., og sannsynligheten for at den på sikt kan etablere faste populasjoner i høyden, er til stede. Klimaendringenes påvirkning på temperatur og nedbør, spesielt mengden snø som legger seg i høyden, virker å være viktige faktorer for flåttnymfens distribusjon i høyden.

I studieområdet la det seg et godt lag snø ved alle lokalitetene som trengte beskyttelse mot ekstreme vintertemperatur, og snølaget ble tykkere jo høyere opp i gradienten man kom. Variablene høyden over havet, antall dager nymfene var ute i felt og antall dager under snø, hadde mye på grunn av dette snølaget i høyden ingen signifikant innvirkning på vinteroverlevelsen. Når den eneste variabelen som hadde en signifikant påvirkning på overlevelse, er om nymfene var fanget i juni eller september, virker det som flåttnymfens energireserver etter siste blodmåltid kan være den viktigste driveren for vinteroverlevelsen vi ser i dette studiet.

Sammenheng mellom vinteroverlevelse og høydelokalitet

Skogflåtten har lenge vært etablert i kystnære områder (Tambs & Lynche, 1943; Mehl, 1983), og da Erdal tidligere har vist en relativt høy tetthet av skogflått forventet jeg en middels til høy overlevelse på de lavere høydene. At den høyeste overlevelsen kom på 100 moh., var derfor som forventet. Overlevelsen på 200 moh., er lavere enn forventet sammenlignet med de resterende lokalitetene. Temperatur- og snøforholdene var relativt like mellom lokalitetene på 100 og 200 moh. Hva som skyldes denne forskjellen er usikkert, men det kan skyldes mikroklimatiske forhold ved lokaliteten, forskjeller i bunnforholdene fra en lokalitet til neste eller forskjellen i organisk materiale i beholderne. Noen beholdere ble fylt med mose og lyng, mens andre beholdere ble fylt med både jord og plantevekster. Noen områder var meget tørre, og andre meget fuktige. Flåttnymfene fikk ikke velge sine egne overvintringsplasser eller jordsmonnet/strølaget de overvintret i. Dette kan ha gitt forskjeller i overlevelsen mellom lokalitetene i gradienten.

Da man vet lite om skogflåttnymfens evne til å overleve vinteren i høyden i Norge, hadde jeg ingen klare forventninger til overlevelsen i den øvre delen av gradienten, men den relativt høye overlevelsen på 700, 800 og 1000 moh., var likevel overraskende. Studiet viser at en av fire skogflåttnymfer (i.e. 25 % samlet for begge fangstperiodene) kan overleve vinteren på 1000 moh. og potensialet for fast etablering i høyden virker derfor å være til stede. Ser man overlevelsen ved lokaliteten på 1000 moh.

opp imot funnene lavest i gradienten ved 100 moh., hvor nesten to av fire nymfer overlevde vinteren (i.e. 47 % samlet for begge fangstene) og hvor man 'vet' at nymfene trives og det ble forventet en høy overlevelse, virker overlevelsen på 1000 moh. å være høy. Spesielt med tanke på at folk flest lenge har tenkt at en vinteroverlevelse så høyt opp i terrenget, ikke forekommer.

Hva som skyldes den lave overlevelsen ved 900 moh. sammenlignet med overlevelsen på 800 og 1000 moh., er vanskelig å si. Det kan skyldes det faktum at beholderne på 900 moh. lå ute i 26 dager med høye temperaturer etter at snøen smeltet (12 dager med temperaturer over 12 °C ved bakkenivå), før de ble tatt med tilbake på labben. Dette kan ha gjort den relative fuktigheten inni beholderne for lav, og nymfene kan ha tørket i hjel. Fuktighet, temperatur og deres innvirkning på metningsunderskuddet (i.e. tørkekraften i atmosfæren) er en viktig og ofte en begrensende faktor for skogflåtten (Perret et al., 2000).

Høyden over havet er i seg selv ikke en faktor som vil spille inn på overlevelsen, men det er de økologiske faktorene som følger gradienten oppover i høyden som er viktige for aktivitet og overlevelse i høyden. Spesielt den klimatiske faktoren temperatur endres (i.e. synker) oppover i høyden (Materna et al., 2008). Skogflåtten takler som nevnt meget lave temperaturer over kortere perioder, men lengre eksponering for kulden vil kunne være fatal (Dautel & Knülle, 1997). Det kan også være forskjeller fra en flått til en annen, mellom flått fra forskjellige steder og i forskjellige livsstadier, noe som kan påvirke frysetoleransen, vinteroverlevelsesnivåen og temperaturgrensen for når de går i dvale (Dautel & Knülle, 1997). Det er for eksempel gjennomført studier som viser at flått som er bærere av bakterier som Lyme borreliose bakterien (*Borrelia burgdorferi*) eller bakterien (*Anaplasma phagocytophilum*), kan ha en positiv effekt på flåttens frysetoleranse og vinteroverlevelse (Herrmann & Gern, 2013; Kjelland, 2014).

Sammenheng mellom vinteroverlevelse og antall dager nymfene lå i felt

Lengden nymfene lå i felt i dette studiet, varierte med hvor høyt opp i gradienten de befant seg. Snøen smelter ujevnt oppover i høyden, og vintersesongen nederst i dalen hvor det nesten ikke lå snø ble dermed kortere enn videre opp i gradienten. Da flåtten kan gå ut av dvalen og bli aktive ved relativt lave temperaturer (Dautel et al., 2008), ble det prøvd å hente nymfene raskt etter at snøen smeltet (i.e. vintersesongen var over). Dette for at nymfene ikke skulle bruke av energiresursene sine før de ble medbrakt på laboratoriet.

I dette studiet hadde lengden beholderne lå ute i felt, ingen signifikant betydning på overlevelsen. Dette er ikke overaskende da flåtten går i en dvaletilstand når de møter ugjestmilde forhold som lave vintertemperaturer, og de blir i denne dvalen til forholdene blir bedre (Dautel et al., 2008). Selv om antall dager i felt ikke hadde stor innvirkning på overlevelsen, vil dagene beholderne lå ute i felt etter at snøen smeltet, kunne ha gitt noe lavere overlevelse i visse tilfeller. Nymfene ved noen høydelokaliteter ble kanskje ikke innhentet raskt nok etter at snøen smeltet, noe som kan ha påvirket den estimerte overlevelsen. Dette kan som nevnt være tilfellet for lokaliteten ved 900 moh. Et annet eksempel vil være ved 600 moh. hvor beholderne lå ute i felt i ca. 59 dager etter at snøen smeltet, hele denne perioden kan nymfene ha vært aktive og brukt opp store deler av energiresursene. Overlevelsen her kunne kanskje vært høyere om beholderne hadde blitt innhentet tidligere.

Sammenheng mellom vinteroverlevelse og antall dager under snø

Stor snødybde med god isolering fra vinterkulda vil kunne virke positivt på flåttoverlevelsen, og den vil gi mer stabile temperaturer (Herrmann & Gern, 2013; Vollack et al., 2017). (Materna et al., 2008) observerte at temperaturen ved bakkenivå i fjellområder, på grunn av snødekkets isolasjonsevne, varierte kun litt rundt 0 °C hele vinteren. Dette sammenfaller med min studie som viser at i periodene med mye snø ved lokalitetene, holdt temperaturen seg på bakkenivå rundt 0 °C uansett temperaturen over snøen. Det virker derfor som om at vintertemperaturer ikke ser ut til å begrense flåttoverlevelse i fjellområder med mye snø. Ved lokalitetene på 100 og 200 moh. la det seg ikke mye snø, men her var ikke temperaturene gjennom vinteren så lave at det var fare for at nymfene skulle kunne fryse i hjel. Høyere opp i gradienten la snøen seg som et isolerende lag og beskyttet mot eventuelle ekstremt lave temperaturer. Som nevnt er det i høyden, de siste årene, observert større snømengde og årlig snødybde, mye på grunn av økt nedbør (Dyrddal et al., 2012; Rizzi et al., 2017). Den stadig lengere snøsesongen og større snødybde i høyden vil kunne virke positivt inn på flåttens muligheter til å gjennomføre hele livssyklusen oppe i høyden, men jo lenger snøen ligger, og jo raskere den igjen legger seg, jo kortere blir den aktive fasen hvor flåtten kan finne et vertsdyr. Finner ikke flåtten et vertsdyr risikerer den å måtte gå enda en vinter uten et blodmåltid, og muligheten for å dø av energimangel øker. Vertsdyr fungerer også som møteplass for voksen flått, uten et vertsdyr får ikke flåtten paret seg og får ikke gjennomført livssyklusen (Kjelland, 2014). Forhold som dette kan føre til at etableringen i høyden vil kunne ta lengre tid en hva den ville gjort lavere i landet.

Sammenheng mellom vinteroverlevelse og om nymfene var fanget i juni eller september

Den høyere vinteroverlevelsen blant nymfene fanget i september, sammenlignet med de fanget i juni er tydelig ved alle lokalitetene utenom på 900 moh. Flåttnymfene fanget i juni tilbrakte ca. tre måneder i kjølerom før de igjen ble plassert ut i felt. I hele denne perioden var de fleste nymfene aktive (i.e. gikk ikke i dvale) og vil kunne ha brukt opp store deler av energiresursene (fettlagrene) etter siste blodmåltid. Det er umulig å vite hvor lang tid det tok mellom nymfenes forvandling fra larvestadiet til nymfestadiet før de ble fanget til dette studiet. Det kan fra individ til individ være individuelle forskjeller på dager, uker eller måneder siden siste blodmåltid. Potensielt kan flåttnymfer fanget i september også ha vært aktive nymfer allerede i juni under den første fangsten, men vi kan anta at de fleste nymfene fra juni mest sannsynlig har gått nærmere tre måneder lenger enn nymfene fanget i september, uten et blodmåltid. Et studie publisert i 1985 fra Wales viser at når en skogflått har gjennomført forvandlingen fra larve til nymfe, har den nye nymfen fettlagre som holder energi nok til opptil fire måneder med vertskende aktivitet ved optimale forhold (i.e. gode temperatur og fuktighetsforhold). Denne perioden før de rekker å bruke opp energireservene sine, vil kunne vare i langt flere måneder om de går i dvaletilstand og sparer energi (Steele & Randolph, 1985). Det er denne forskjellen, lengden siden sist blodmåltid (i.e. mengden energi nymfene hadde da de ble satt ut i felt), som antas å være hovedårsaken til den lavere overlevelsen vi ser blant nymfene fanget i juni.

Noe annet som muligens kan ha spilt inn på den lavere overlevelsen man ser hos nymfene fanget i juni, er at selv om Eppendorf-rør med flåttnymfer som ble angrepet av muggsopp, ble fjernet før flåtten ble plassert i felt, kan selvfølgelig de resterende Eppendorf-rørene også ha hatt flått som bar på muggsoppen uten at de ble angrepet før de ble satt ut i felt.

Et par andre elementer som kan ha spilt inn på den generelle overlevelsen, er hvordan vekstduken brukt til å lage beholderne kan ha hatt en isolerende effekt mot kulda og muligens lagret på fuktighet lengre enn jordsmonnet rundt. Dette kan ha hatt en innvirkning på overlevelsen, men dette var likt ved alle lokalitetene. Det ble også som nevnt, fjernet flått fra studiet da de satt fast på tape som stakk inn i beholderne. Dette da de kan ha dødd allerede dag en i felt. Her kan det potensielt ha vært flått som har satt seg fast på tapen og brukt mengder med energi for å komme seg løs, og så dødd senere da de ikke lengre hadde energien som trengtes for å overleve gjennom vinteren.

Overlevelsen i dette studiet kunne vært enda høyere om alle flåttnymfer vi brukte ble fanget i september, og da hadde energilagrene på topp når de ble plassert i felt. Hadde vi klart å få nymfene fra juni til å gå i dvale som planlagt i påvente av at de skulle ut i felt, ville man også muligens kunne sett en noe høyere overlevelse i dette studiet.

Betydningen av vinteroverlevelse for videre ekspansjon

Flåtten er avhengig av vertsdyr som større pattedyr og fugler for spredning over større avstander (Medlock et al., 2013). Blir flåtten introdusert til store høyder av vertsdyr, kan den overleve lengre perioder, men den vil slite med å opprette nye populasjoner der oppe (Daniel, 1993). Det er under forsøk observert at vellykket forvandling fra larve til nymfe og fra nymfe til voksen flått, sank ved økende høyde, men forvandlingen ble også observert gjennomført ved høyder over distribusjonsgrensen for flått i området. Flåtten klarte ikke prosessen fra egg til larve ved de samme store høydene. Dette virker å være en begrensende faktor for flåttens mulighet til å etablere seg og spre seg i høyden (Materna et al., 2008). Lave temperaturer i høyden har lenge vært ansett som forklaringen på flåttens øvre distribusjonsgrense. Spesielt prosessen fra egg til larve er følsom, og vil ikke kunne gjennomføres ved for lave temperaturer (Materna et al., 2008). Siden 1960 tallet har den gjennomsnittlige temperaturen i Norge økt (Hanssen-Bauer et al., 2006; Meteorologisk institutt, 2021) og en videre økning i temperatur som følge av klimaendringene, vil kunne virke positivt på flåttens mulighet til å gjennomføre alle stadiene av livssyklusen og da etablere faste populasjoner i høyden.

I 2011 var høyeste registrerte funn av skogflått i Norge på 535 moh. (Jore et al., 2011). Nylig ble den registrert på 1000 moh. ved to forskjellige lokasjoner, en ved kysten og en på innlandet (De Pelsmaeker et al., 2021). Når man ser på disse observasjonene av flått i høyden, sammen med funnene fra dette studiet om at skogflåtten kan overleve vinteren helt opp til 1000 moh., gir det liten tvil om at skogflåttens distribusjonsområde i høyden i Norge har økt. Funnene av antall flått i studiet til (De Pelsmaeker et al., 2021) sank noe jo høyere i terrenget de kom, men potensialet for at det i dag eksisterer skogflått på høyder over 1000 moh., er til stede, men ikke bekreftet. Videre etablering enda høyere opp i terrenget, vil kunne stagnere på grunn av lite vegetasjon og jordsmonn. Vegetasjonsdekket er med på å styre flåttens mulige utbredelse og tilstedeværelse i høyden (Materna et al., 2008). Tregrensen i dette studiet lå på ca. 1000 moh., men denne grensen vil variere mye om man befinner seg i innlandet, ved kysten eller langt nord i landet. Ved for lite vegetasjon og jordsmonn, vil det ikke være tilstrekkelig med skjul og beskyttelse mot faktorene som kan påvirke flåtten.

Tilgang på vertsdyr er også en viktig faktor for flåttens tilstedeværelse i høyden (Materna et al., 2008). Skogflåtten er en generalist og har en rekke ulike verter. Den parasitterer alt fra de minste smågnagerne til de største hjortedyrene (Kjelland, 2014). Tettheten av mulige vertsdyr er ikke like stor i høyden som i lavlandet, men man kan finne områder med relativt tette smågnagerbestander høyt i terrenget. Eksempelvis finner man klatremus (*Myodes glareolus*) opp til 1400 moh. i Sør Norge (Stenseth, 1985). Den forflytningen som også er observert av distribusjonsområdet til pattedyr og

fuglearter, som potensielt kan fungere som verter for flåtten, vil kunne styrke flåttens videre overlevelse og ekspansjon i leveområdet.

Klimaendringer har og er forventet å ha stor effekt på nordlige breddegrader (Houghton et al., 1996; Smol, 2012). Klimaendringenes mulige påvirkning på skogflåtten vil derfor kunne ha stor effekt her i Norge ved denne artens nordligste distribusjonsgrense. Spesielt vil man kunne observere hvordan varmere klima og mer nedbør påvirker flåttens utbredelse og overlevelse, ikke bare i høyden eller på vinteren, men gjennom alle stadier av skogflåttens livssyklus. En temperaturøkning i områder som i dag ikke tilfredsstiller flåttens krav, spesielt i flåttens aktive fase, vil være positivt for flåttens mulighet til å gjennomføre alle stadier av livssyklusen. Denne økningen i temperatur vil ikke bare virke positivt inn på overlevelsen i høyden, men også nordover i landet. Når vi nå opplevde at 1 av 4 nymfer i dette studiet overlevde ved 1000 moh. og en voksen flått potensielt kan legge ca. 1500 egg (Kjelland, 2014), vil man på sikt kunne oppleve en stor oppblomstring av flått i områder den tidligere ikke er observert.

Konklusjon

Høyden over havet og lave vintertemperaturer i Norge ser ikke ut til å påvirke overlevelsen til skogflått i den grad man tidligere har trodd. Potensialet for fast etablering i høyden virker derfor å være til stede, spesielt med tanke på varmere klima og mer snø (som begge ser ut til å ha en positiv effekt på overlevelse). Samtidig vil vegetasjon kunne bevege seg oppover i terrenget på grunn av varmere klima, og deretter vil vertsdyr kunne følge etter, og alt dette kan bidra til at flåtten etablerer seg høyere og høyere opp i terrenget for så å ekspandere til nye områder.

Som en følge av denne mulige økningen i utbredelsesområdet, vil de som bruker naturen høyt i terrenget, om det er på hytter eller bare friluftsliv i fjellet samt deres husdyr og beitedyr (i.e. sau på beite), i større grad være utsatt for å kunne bli bitt av flått. Skogflåtten er ansett som den viktigste vektoren for spredningen av infeksjonssykdommene Lyme borreliose og skogflåttencefalitt, som er ansett som to store helsefarer i Europa som følge av klimaendringer (Füssel et al., 2017; Randolph, 2009). Man vil kunne se en økning i smittetilfeller av disse flåttbårne infeksjonssykdommene også høyt opp i terrenget. Større kunnskap om skogflåttenes potensiale for utbredelse kan være med på å forebygge helsefaren skogflåtten representerer, og også bedre en mulig fremtidig forvaltning av denne arten.

Litteraturliste

- Bozick, B. A., & Real, L. A. (2015). Integrating Parasites and Pathogens into the Study of Geographic Range Limits. *The Quarterly Review of Biology*, 90(4), 361–380.
<https://doi.org/10.1086/683698>
- Carlson, C. J., Burgio, K. R., Dougherty, E. R., Phillips, A. J., Bueno, V. M., Clements, C. F., Castaldo, G., Dallas, T. A., Cizauskas, C. A., Cumming, G. S., Doña, J., Harris, N. C., Jovani, R., Mironov, S., Muellerklein, O. C., Proctor, H. C., & Getz, W. M. (2017). Parasite biodiversity faces extinction and redistribution in a changing climate. *Science Advances*, 3(9). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602422>
- Chen, I.-C., Hill, J. K., Ohlemuller, R., Roy, D. B., & Thomas, C. D. (2011). Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. *Science (American Association for the Advancement of Science)*, 333(6045), 1024–1026.
<https://doi.org/10.1126/science.1206432>
- Daniel, M. (1993). Influence of the microclimate on the vertical distribution of the tick *Ixodes ricinus* (L) in Central Europe. *Acarologia*, 34(2), 105–113.
- Daniel, M., Cerny, V., & Dusbábek, F. (1972). Stratification of overwintering engorged larvae and nymphs of *Ixodes ricinus* (L.). *Wiadomosci Parazytologiczne*, 18(4), 727–730.
- Daniel, M., Danielová, V., Kříž, B., Jirsa, A., & Nožička, J. (2003). Shift of the Tick *Ixodes ricinus* and Tick-Borne Encephalitis to Higher Altitudes in Central Europe. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 22(5), 327–328.
<https://doi.org/10.1007/s10096-003-0918-2>
- Daniel, M., Materna, J., Honig, V., Metelka, L., Danielová, V., Harcarik, J., Kliegrová, S., & Grubhoffer, L. (2009). Vertical distribution of the tick *Ixodes ricinus* and tick-borne pathogens in the northern Moravian mountains correlated with climate warming (Jeseníky Mts., Czech Republic). *Central European Journal of Public Health*, 17(3), 139–145.
<https://doi.org/10.21101/cejph.a3550>
- Dautel, H., Dippel, C., Kämmer, D., Werkhausen, A., & Kahl, O. (2008). Winter activity of *Ixodes ricinus* in a Berlin forest. *International Journal of Medical Microbiology*, 298, 50–54.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2008.01.010>
- Dautel, H., & Knülle, W. (1997). Cold hardiness, supercooling ability and causes of low-temperature mortality in the soft tick, *Argas reflexus*, and the hard tick, *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodoidea) from Central Europe. *Journal of Insect Physiology*, 43(9), 843–854.
[https://doi.org/10.1016/S0022-1910\(97\)00025-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1910(97)00025-5)

- De Pelsmaeker, N., Korslund, L., & Steifetten, Ø. (2021). High-elevational occurrence of two tick species, *Ixodes ricinus* and *I. trianguliceps*, at their northern distribution range. *Parasites & Vectors*, *14*(1), 161. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04604-w>
- Dyrddal, A. V., Saloranta, T., Skaugen, T., & Strandén, H. B. (2012). Changes in snow depth in Norway during the period 1961–2010. *Hydrology Research*, *44*(1), 169–179. <https://doi.org/10.2166/nh.2012.064>
- Füssel, H.-M., Kristensen, P., Jol, A., Marx, A., Hildén, M., & European Environment Agency. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report* (EEA Nr. 1; s. 424). European Environment Agency. <http://bookshop.europa.eu/uri?target=EUB:NOTICE:THAL17001:EN:HTML>
- Geonorge. (2021, mars 10). <https://www.geonorge.no/>
- Hanssen-Bauer, I., Tveito, O. E., & Szewczyk-Bartnicka, H. (2006). *Comparison of grid-based and station-based regional temperature and precipitation series* (Met.No Report Nr. 04; Climate). <http://met-xpprod.customer.enonic.io/publikasjoner/met-report/met-report-2006>
- Herrmann, C., & Gern, L. (2013). Survival of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) nymphs under cold conditions is negatively influenced by frequent temperature variations. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, *4*(5), 445–451. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2013.05.002>
- Hickling, R., Roy, D. B., Hill, J. K., Fox, R., & Thomas, C. D. (2006). The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*, *12*(3), 450–455. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01116.x>
- Houghton, J. T., Cooper, R. N., McCarthy, J. J., & Metz, B. (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. *Foreign Affairs*, *81*(1), 208. <https://doi.org/10.2307/20033020>
- Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Callander, B. A., Harris, N., Kattenberg, A., & Maskell, K. (1996). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change: Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jaenson, T. G., Jaenson, D. G., Eisen, L., Petersson, E., & Lindgren, E. (2012). Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years in Sweden. *Parasites & Vectors*, *5*(1), 8. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-8>
- Jore, S., Viljugrein, H., Hofshagen, M., Brun-Hansen, H., Kristoffersen, A. B., Nygård, K., Brun, E., Ottesen, P., Sævik, B. K., & Ytrefhus, B. (2011). Multi-source analysis reveals latitudinal and altitudinal shifts in range of *Ixodes ricinus* at its northern distribution limit. *Parasites & Vectors*, *4*(1), 84–84. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-84>

- Kjelland, V. (2014). *Fakta om flått: Alt du må vite for å unngå bitt, om symptomer, behandling og fjerning av flått*. Kagge.
- Kullman, L. (2002). Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes. *Journal of Ecology*, *90*(1), 68–77. <https://doi.org/10.1046/j.0022-0477.2001.00630.x>
- Lees, A. D. (1946). The water balance in *Ixodes ricinus* L. and certain other species of ticks. *Parasitology*, *37*, 1–20. <https://doi.org/10.1017/s0031182000013093>
- Letcher, T. M. (2015). *Climate Change: Observed Impacts on Planet Earth*. Elsevier.
- Lindgren, E., Tälleklint, L., & Polfeldt, T. (2000). Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*. *Environmental Health Perspectives*, *108*(2), 119–123. <https://doi.org/10.1289/ehp.00108119>
- Mason, S. C., Palmer, G., Fox, R., Gillings, S., Hill, J. K., Thomas, C. D., & Oliver, T. H. (2015). Geographical range margins of many taxonomic groups continue to shift polewards. *Biological Journal of the Linnean Society*, *115*(3), 586–597. <https://doi.org/10.1111/bij.12574>
- Materna, J., Daniel, M., Metelka, L., & Harčarik, J. (2008). The vertical distribution, density and the development of the tick *Ixodes ricinus* in mountain areas influenced by climate changes (The Krkonoše Mts., Czech Republic). *International Journal of Medical Microbiology*, *298*, 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2008.05.004>
- Medlock, J. M., Hansford, K. M., Bormane, A., Derdakova, M., Estrada-Peña, A., George, J.-C., Golovljova, I., Jaenson, T. G. T., Jensen, J.-K., Jensen, P. M., Kazimirova, M., Oteo, J. A., Papa, A., Pfister, K., Plantard, O., Randolph, S. E., Rizzoli, A., Santos-Silva, M. M., Sprong, H., ... Van Bortel, W. (2013). Driving forces for changes in geographical distribution of *Ixodes ricinus* ticks in Europe. *Parasites & Vectors*, *6*(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-1>
- Mehl, R. (1983). The distribution and host relations of Norwegian ticks (Acari Ixodidae). *Fauna Norvegica*, *30*(1), 46–51.
- Meteorologisk institutt. (2021, januar 21). *Klima fra 1900 til i dag*. Meteorologisk institutt. <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar>
- Moreno-Rueda, G., Pleguezuelos, J. M., Pizarro, M., & Montori, A. (2012). Northward Shifts of the Distributions of Spanish Reptiles in Association with Climate Change. *Conservation Biology*, *26*(2), 278–283. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01793.x>

- Navarro, J. C., Bueno-Marí, R., & Almeida, A. P. G. (2015). *Emerging zoonoses: Eco-epidemiology, involved mechanisms and public health implications*. Frontiers Media SA.
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2021, februar 15). *Senorge.no*. senorge.no.
<http://www.senorge.no/index.html?p=klima>
- Parmesan, C. (1996). Climate and species' range. *Nature (London)*, 382(6594), 765–766.
<https://doi.org/10.1038/382765a0>
- Parmesan, C., Ryrholm, N., Stefanescu, C., Hill, J. K., Thomas, C. D., Descimon, H., Huntley, B., Kaila, L., Kullberg, J., Tammaru, T., Tennent, W. J., Thomas, J. A., & Warren, M. (1999). Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 399(6736), 579–583. <https://doi.org/10.1038/21181>
- Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918), 37–42. <https://doi.org/10.1038/nature01286>
- Perret, J.-L., Guigoz, E., Rais, O., & Gern, L. (2000). Influence of saturation deficit and temperature on *Ixodes ricinus* tick questing activity in a Lyme borreliosis-endemic area (Switzerland). *Parasitology Research (1987)*, 86(7), 554–557.
<https://doi.org/10.1007/s004360000209>
- Randolph, S. E. (2009). Tick-borne disease systems emerge from the shadows: The beauty lies in molecular detail, the message in epidemiology. *Parasitology*, 136(12), 1403–1413.
<https://doi.org/10.1017/S0031182009005782>
- Rizzi, J., Nilsen, I. B., Stagge, J. H., Gislås, K., & Tallaksen, L. M. (2017). Five decades of warming: Impacts on snow cover in Norway. *Hydrology Research*, 49(3), 670–688.
<https://doi.org/10.2166/nh.2017.051>
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C., & Pounds, J. A. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421(6918), 57–60.
<https://doi.org/10.1038/nature01333>
- Smol, J. P. (2012). Climate Change: A planet in flux. *Nature*, 483(7387), S12–S15.
<https://doi.org/10.1038/483S12a>
- Sonenshine, D. E., & Mather, T. N. (1994). *Ecological Dynamics of Tick-Borne Zoonoses*. Oxford University Press.
- Steele, G., & Randolph, S. (1985). An experimental evaluation of conventional control measures against the sheep tick, *Ixodes ricinus* (L.) (Acari: Ixodidae). I. A unimodal seasonal activity pattern. *Bulletin of Entomological Research*, 75.
<https://doi.org/10.1017/S0007485300014590>

- Stenseth, N. C. (1985). Geographic distribution of *Clethrionomys* species. *Annales Zoologici Fennici*, 22(3), 215–219.
- Tambs, & Lynche, H. (1943). *Ixodes ricinus* og piroplasmosen i Norge. *Norsk VeterinærTidsskrift*, 55(10), 401–441.
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., Siqueira, M. F. de, Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Jaarsveld, A. S. van, Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L., & Williams, S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970), 145–148. <https://doi.org/10.1038/nature02121>
- Thomas, C. D., & Lennon, J. J. (1999). Birds extend their ranges northwards. *Nature*, 399(6733), 213–213. <https://doi.org/10.1038/20335>
- Urban, M. C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348(6234), 571–573. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4984>
- Vollack, K., Sodoudi, S., Névir, P., Müller, K., & Richter, D. (2017). Influence of meteorological parameters during the preceding fall and winter on the questing activity of nymphal *Ixodes ricinus* ticks. *International Journal of Biometeorology*, 61(10), 1787–1795. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1362-9>
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O., & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416(6879), 389–395. <https://doi.org/10.1038/416389a>
- Wilson, R. J., Gutiérrez, D., Gutiérrez, J., Martínez, D., Agudo, R., & Monserrat, V. J. (2005). Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters*, 8(11), 1138–1146. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00824.x>