



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 60 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

Visuell individbestemmelse av gaupe (*Lynx lynx*) ved hjelp av viltkamerabilder

Visual individual identification of Eurasian lynx
(*Lynx lynx*) using trail camera photos

Karl Ove Tvete

Naturforvaltning

Forord

Denne masteroppgaven representerer slutten for mine fem år i Ås og på NMBU. Det har vært ei artig tid jeg ikke ville vært foruten!

Jeg ønsker å takke mine veiledere Richard Bischof (NMBU) og Neri Horntvedt Thorsen (NINA) som har hjulpet meg med å få i land denne oppgava. Uten støtte fra dere hadde nok statestikkdelen vært mager.

En stor takk til alle dyreparkene som har latt meg komme på besøk for å sette opp kameraer og lagt til rette for at jeg har fått gjennomføre datainnsamlingen. Takk til Bjørneparken i Flå, Dyreparken i Kristiansand, Langedrag, Namsskogan Familiepark, Borås Djurpark, Kolmården Wildlife Park, Lyckselet djurpark, Nordens Ark, Orsa Rovdjurspark, Hansenberg skole, Munkholm Zoo, Randers Regnskov og Ålborg Zoo. Uten samarbeidet med dere ville det ikke vært mulig å gjennomføre denne studien. Jeg setter stor pris på at dere tok dere tid til dette!

Videre vil jeg takke Örjan Johansson (SLU) for at jeg fikk bruke bilder han hadde samlet inn av gauper i fra andre dyreparker. Disse bildene har vært et viktig tilskudd til spørreundersøkelsen.

Jeg vil også gi en stor takk til NINA Oslo ved John Odden, Neri Horntvedt Thorsen, Ole Gunnar Støen og Sunniva Bahlk. Å arbeide for og med dere de siste tre årene har gitt meg mange lange dager i felt, og mange opplevelser og lærdommer jeg aldri hadde opplevd om det ikke var i «forskningens navn».

Takk til venner og familie som har støttet meg og hjulpet til med gjennomlesninger.

Jeg vil også gi en liten oppmerksomhet til det sære, men likefult rause jakt- og rovdymiljøet i Sør-Gudbrandsdalen. Jeg har lært utrolig mye av dere og med dere, denne lærdommen er grunnsteinene for både mine fritidsinteresser og mitt valg av utdanning.

Abstract

To estimate the population of large carnivores is difficult. Large carnivores are elusive animals with large home-ranges. Several different methods are used to estimate the populations of large carnivores, including collection of DNA samples, tracking in snow, and trail camera monitoring. Photos from trail cameras are used for individual identification of some species. This method works if the species has permanent markers that are individually unique and do not change throughout the animal's lifetime and that the markers are visible on trail camera photos. This method is used to estimate the population of patterned felids, like lynx (*Lynx lynx*). Researchers identify photographed lynx individuals based on their fur pattern, and estimate population and density based on the number of identified animals.

This study examines the accuracy of individual identification of lynx photographed with trail cameras. The study used trail camera photos of 40 lynx from 13 zoos in Norway, Sweden, Denmark, Finland, Germany, and England. Photos of the different individuals were then compared in an online survey where participants were asked whether there were two observations of the same lynx, two different lynxes, or if the observations were unidentifiable.

The results of the survey showed that comparisons with at least one uniform lynx had the highest likelihood of being considered unidentifiable. Participants thought that almost half of all comparisons with two uniform lynxes were unidentifiable. Comparisons with at least one IR-night observation had a significantly higher likelihood of being unidentifiable than comparisons with two daytime observations. However, participants experience did not seem to affect the likelihood of answering a comparison. However, participants with experience in visual lynx identification, had a high likelihood of answering correctly (>95%). Comparisons with two uniform lynxes showed a significantly higher likelihood of being misidentified than comparisons with at least one patterned lynx. Two IR-night observations also showed a tendency to give a higher likelihood of incorrect answers compared to two daytime observations. Although the proportion of errors was low, errors that result in the participant answering that two observations of the same individual are two different individuals create non-existent "ghost individuals." This can therefore lead to overestimation of a population. The methodology should work to distinguish family groups or estimate populations with a low proportion of uniform lynx. This assumes that individual identification is performed by two or more experienced persons.

Sammendrag

Bestandsestimering av store rovdyr er vanskelig, ettersom store rovdyr er skye dyr med store leveområder. Det brukes flere ulike metoder for å estimere bestandene av store rovdyr, som DNA-innsamling, sporing på snø og viltkamera-overvåkning. Bilder fra viltkamera benyttes også til individbestemmelse for enkelte arter. Dette forutsetter at arten har permanente markører som er unike for hvert individ, ikke endrer seg igjennom dyrets levetid og er synlige på viltkamerabilder. Denne metodikken benyttes ofte til å estimere bestander av mønstrete kattedyr, for eksempel gaupe (*Lynx lynx*). Forskere individbestemmer fotograferte gauper ut ifra pelsmønster og estimerer bestand og tetthet ut ifra antall individbestemte dyr.

Denne studien undersøker nøyaktigheten av individbestemmelse av gauper fotografert med viltkamera. Dette ble testet med viltkamerabilder av 40 kjente gauper fra 13 dyreparker i Norge, Sverige, Danmark, Finland, Tyskland og England. Bilder av de ulike individene ble sammenliknet i en nettbasert undersøkelse hvor deltakerne skulle avgjøre om to gaupe-observasjoner var av samme individ, av ulike individer eller uidentifiserbare.

Resultatene fra undersøkelsen viste at sammenlikninger med minst en uniform gaupe hadde høyest sannsynlighet for å bli regnet som uidentifiserbare. Deltakerne mente at nesten halvparten av alle sammenlikninger med to uniforme gauper var uidentifiserbare. Sammenlikninger med minst en IR-natt-observasjon hadde signifikant høyere sannsynlighet for å være uidentifiserbare enn sammenlikninger med to dag-observasjoner. Deltakers erfaring så derimot ikke ut til å påvirke sannsynligheten for å besvare en sammenlikning. Deltakere med erfaring fra visuell individgjenkjenning av gaupe har derimot høy sannsynlighet for å svare rett >95%.

Sammenlikninger med to uniforme gauper viste signifikant høyere sannsynlighet for å bli feilidentifisert enn sammenlikninger med minst en mønstret gaupe. To IR-natt-observasjoner viste også en tendens til å gi høyere sannsynlighet for feil svar sammenliknet med to dag-observasjoner. Selv om andelen feil var lav, kan feilene gi store utslag ved en reell bestandsestimering. Feil som innebærer at deltakeren svarer at to observasjoner av samme individ er to ulike individer skaper ikke-eksisterende «spøkelses-individer». Dette kan derfor føre til store overestimat av en bestand. Metodikken bør fungere til å skille familiegrupper, eller til å estimere bestander med lav andel uniforme gauper. Dette forutsetter at individbestemmelsen blir utført av to eller flere erfarne personer.

Innhold

1. Innledning.....	1
1.1 Bestandsestimering av store rovdyr	1
1.2 Visuell individbestemmelse av gaupe og bestandsestimering i Europa.....	2
1.3 Kritikk av metodikk	4
1.4 Målet med denne studien	5
2. Metode	6
2.1 Datainnsamling i dyreparker.....	6
2.2 Bildebehandling og utforming av sammenlikningene	9
2.3 Undersøkelsen, utforming og alternativer.....	12
2.4 Databehandling og statistiske analyser	15
Logistiske analyser av sannsynligheten for å avgi svar	15
Logistiske analyser av sannsynligheten for rett svar.....	16
Multinomiske analyser.....	16
3. Resultater.....	17
3.1 Om deltakere og rådata	17
3.2 Variabler som påvirker sannsynligheten for at deltakeren svarer på en sammenlikning.....	18
3.3 Variabler som påvirker sannsynligheten for rett svar	20
3.4 Variabler som påvirker de ulike svarutfallene	23
4. Diskusjon	25
4.1 Deltakernes erfaring.....	26
4.2 Pelsmønstertyper.....	27
4.3 Dag/IR.....	28
4.4 Kroppsdelene.....	29
4.5 Hvordan vil dette påvirke en reel bestandsestimering	30
5. Konklusjon.....	32
Litteraturliste	34

1. Innledning

1.1 Bestandsestimering av store rovdyr

Store rovdyr har lenge vært, og er fremdeles årsak til konflikt. De utgjør en trussel for beitedyr og konkurrerer med jegere om jaktbart vilt (Dickman et al., 2014; Gervasi et al., 2012; Odden et al., 2014; Ogada et al., 2003; Rigg et al., 2011; Treves & Karanth, 2003; Wikenros et al., 2015). Samtidig er store rovdyr ofte truede arter, med lav bestand eller begrenset utbredelse. Det er derfor viktig at det gjøres nøyaktige bestandsestimater av populasjonene, spesielt innenfor land hvor det åpnes for jakt eller lisensfelling som en forvaltningsstrategi.

Bestandsestimering av store rovdyr er utfordrende, ettersom det er skye dyr med store leveområder som opptrer i lave tettheter. Det benyttes ulike metoder for bestandsestimering. Metodene kan være spørreundersøkelser som sendes ut til jaktlag og skogbestyrere, estimater basert på validerte observasjoner eller individbaserte data basert på GPS-merking, DNA fra avføring, hår og urin eller individer identifisert ved viltkamerabilder (Barea-Azcón et al., 2007; Kaczensky et al., 2013; Kleven et al., 2022; Krange, 2016; Podgórski et al., 2020).

En utbredt metode for å estimere bestand og tetthet av store kattedyr er visuell identifisering ut ifra viltkamerabilder. Metoden går ut på at det settes «kamerastasjoner» med viltkamera på plasser hvor dyret forventes å gå. Kameraene settes på hver side av forventet ferdselsretning, slik at begge sider av dyret fotograferes (Karanth, 1995; Karanth & Nichols, 1998; Weingarth et al., 2012). Forskere bruker deretter bildene fra viltkameraene og ser etter kjennetegn som kan benyttes til å identifisere det avbildede dyret til individ. Kjennetegnene bør være medfødte permanente «markører» som er unike for hvert individ, som ikke endrer seg igjennom dyrets levetid og som er synlige på bilder fra viltkamera. Vanligvis blir pelsmønster benyttet (Foster & Harmsen, 2012).

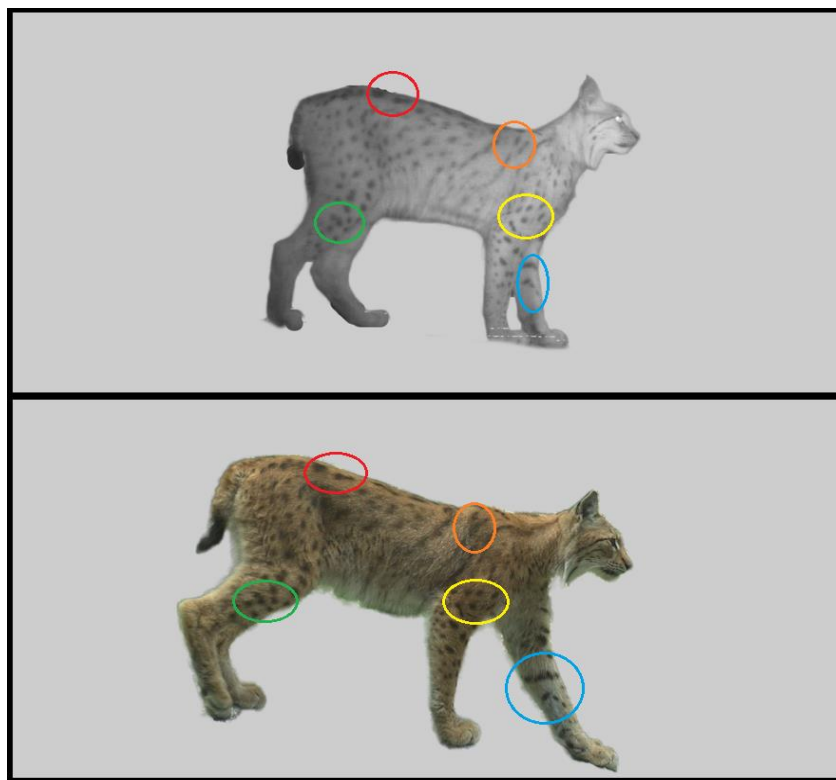
Bilder av studiearten sammenliknes med tidligere bilder og hver observasjon kan bestemmes som et allerede kjent individ, nytt individ eller en uidentifiserbar observasjon. De individbestemte dataene kan deretter brukes i fangst-gjenfangstmodeller til å beregne bestandsstørrelse, tetthet og til en viss grad arealbruk. Metodikken ble utviklet for å overvåke og

estimere bestanden av tiger (*Panthera tigris*) i India på slutten av 90-tallet (Karanth, 1995; Karanth & Nichols, 1998), og har senere blitt tilpasset til å kunne benyttes på andre store kattedyr som snøleopard (*Panthera uncia*) (Alexander et al., 2016; Jackson et al., 2006), leopard (*Panthera pardus*) (Balme et al., 2009) og jaguar (*Panthera onca*) (Soisalo & Cavalcanti, 2006; Tobler & Powell, 2013) .

1.2 Visuell individbestemmelse av gaupe og bestandsestimering i Europa

Forskere i Kontinental-Europa har de siste ti årene benyttet seg av viltkamerabilder til visuell individbestemmelse av gauper og har dette som grunnlag for sine bestand og tetthetsestimater (Weingarth et al., 2012). Metodikken som benyttes i Kontinental-Europa er lik metoden som ble utviklet av Karanth og Nichols (1998) for å beregne bestander av tigere i India, men har blitt tilpasset gaupas leveområder og arealbruk. I Europa brukes metodikken på eurasisk gaupe og på pantergaupe (*Lynx pardinus*) (Avgan et al., 2014; Duřa et al., 2021; Gil-Sánchez et al., 2011; Gimenez et al., 2019; Palmero et al., 2021; Pesenti & Zimmermann, 2013; Slijepčević et al., 2021).

Fordelene med viltkamera og visuell identifikasjon er mange. Det er en «ikke-invasiv» metode hvor man kan overvåke studiearten uten å måtte fange og håndtere dyr som ved GPS-merking. Forutsatt at alle individene som er fotografert blir korrekt individbestemt og at kameraene oppdager en tilstrekkelig andel av individene innenfor studieområdet, kan man i teorien få gode estimater for tetthet og til en viss grad arealbruken til gaupene (Foster & Harmsen, 2012). I likhet med studier på andre mønstrete kattedyr har studier på gaupe antatt at pelsmønster hos gaupe er unikt for hvert individ. Studiene har videre antatt at mennesker er i stand til å kjenne igjen pelsmønsteret og identifisere individer (Duřa, 2021; Pesenti, 2013; Weingarth et al., 2012). Figur 1 illustrerer et eksempel på hvordan kjennetegn i pelsmønster kan benyttes til identifikasjon.



Figur 1: Illustrasjon av hvordan kjennetegn kan benyttes til å gjenkjenne individer

Til tross for å være en utbredt metode for bestandsestimering ellers i Europa er metodikken i liten grad benyttet i Skandinavia. Det har blitt testet gjennom en pilotstudie i Sør-Norge, og en intensiv overvåkning på Nordmøre (Odden, 2015; Odden et al., 2022).

I Skandinavia estimeres gaupebestanden nasjonalt ved årlige tellinger av familiegrupper (hunn med unger) i vinterhalvåret, først og fremst gjennom sporing på snø, men også med bilder fra viltkamera og registrering av døde gaupeunger. Observasjoner av familiegrupper meldes inn til Statens Naturoppsyn (SNO), som validerer spor eller bilder i felt. Observasjonene sendes så til Rovdata som beregner antall familiegrupper ut ifra avstandskriterier (Andrén et al., 2002; Mattisson et al., 2020). Avstanden som kreves for at to nærliggende observasjoner skal telles som ulike familiegrupper øker med tiden mellom observasjonene. Avstandskriteriene varierer med byttedyrtetthet som korrelerer negativt med forventet størrelsen på leveområde. Det vil si at høyere byttedyrtetthet gir mindre forventet leveområde, og derfor kortere avstandskriterier (Gervasi et al., 2013).

Årsakene til at denne metodikken ikke er like utbredt i Skandinavia er at leveområdene og utbredelsen til gaupe er større enn sørover i Europa (Herfindal et al., 2005; Linnell et al., 2021). Gaupebestanden er dessuten ikke like fragmentert som i Fastlands-Europa og det kan potensielt være gaupe over hele den skandinaviske halvøy (Linnell et al., 2009; Schadt et al., 2002). Det vil derfor kreve en betydelig høyere innsats for å få tilstrekkelige dekning av kamera. Metoden har heller aldri blitt testet med kjente gaupeindivider og det kan derfor være visse usikkerheter knyttet til visuell individbestemmelse ut ifra viltkamerabilder.

1.3 Kritikk av metodikk

Den viktigste forutsetningen for å kunne benytte seg av visuell individbestemmelse fra viltkamerabilder er at studiearten faktisk har unikt pelsmønster eller andre kjennetegn og deretter at individer kan bestemmes ut ifra viltkamerabilder (Foster & Harmsen, 2012; Harmsen, 2006). Metodikken har tiltros for å være utbredt, i liten grad blitt etterprøvd. De fleste studier gjort med visuell gjenkjenning benytter seg kun av ville dyr i naturen, og oppgir lite informasjon om antallet uidentifiserbare individer eller sikkerheten rundt egne individbestemmelser. Metodikken har derfor mottatt noe kritikk (Foster & Harmsen, 2012; Johansson et al, 2020; Tobler & Powell, 2013).

Veldig få studier har testet metodikken med kjente individer (Bohnett et al., 2023; Johansson et al., 2020). For å teste om visuell individbestemmelse er mulig gjennomførte Johansson et al. (2020) en studie med kjente individer av snøleopard i fangenskap. I studien skulle personer med forskjellig erfaring med individbestemmelse forsøke å gruppere bilder til ulike individ. Forsøket viste at om lag 11% av bildeseriene ble feilidentifisert, og at den vanligste feilen var å «splitte» individer. Det vil si at bildeserier av samme individ ble bestemt til ulike individer. Utfallet av feilene var at bestanden ble overestimert med 33% i gjennomsnitt. Dersom denne feilen gjenspeiler seg i individbestemmelsen av ville snøleoparder vil det føre til en grov overestimering av bestand.

Det kan gjøres to typer feil når observasjoner blir individbestemt. Feil grupperinger som er at to observasjoner av ulike individer blir bestemt til å være samme individ, og feil splitt, som er at to

observasjoner av samme individ blir bestemt til å være to ulike individer. Effekten av en feil gruppering er i verste fall underestimering av en bestand ettersom en eller flere observasjoner av et individ grupperes til et annet. Feil gruppering vil ikke føre store underestimeringer ved lav andel feil, ettersom det er maksimalt 1:1 forhold mellom andelen feil grupperinger og andelen underestimering. Feil splitt kan derimot føre til at det «skapes» nye individer som ikke eksisterer hver gang det blir gjort en feil splitt. De ikke-eksisterende individene som «skapes» ved slike feil omtales som «spøkelse-individer». (Gunnlaugsson & Sigurjonsson, 1990; Johansson et al., 2020; Yoshizaki et al., 2009).

1.4 Målet med denne studien

Målet med denne studien er å undersøke hvorvidt individbestemmelse av gaupe ut ifra viltkamerabilder fungerer i praksis. Dette ble testet gjennom en spørreundersøkelse med viltkamerabilder av kjente gauper fra fangenskap som ble sendt til deltakere med ulik erfaring med visuell individbestemmelse. Dette har ikke blitt testet tidligere med kjente gaupeindivider. Denne studien kan være relevant for forvaltningen, ettersom den undersøker alternativer til dagens metodikk.

Jeg skal undersøke:

- 1) Hvilke variabler som gjør at observasjoner regnes som uidentifiserbare.
- 2) Hvilke variabler som påvirker sannsynligheten for rett svar.
- 3) Vurdere hvordan resultatene fra denne studien ville ha påvirket et reelt bestandsestimat.
- 4) Vurdere om dette kan være en egnet metode for intensivstudier, eller som ett tilskudd til dagens avstandskriterier ved beregning av antallet familiegrupper.

2. Metode

2.1 Datainnsamling i dyreparker

Vi plasserte viltkameraer i 13 dyreparker i Norge, Sverige, Danmark, Finland, Tyskland og England og det ble fotografert totalt 40 gauper. Jeg fotograferte selv 29 gauper, Neri Horntvedt Thorsen fotograferte tre gauper og to gauper ble fotografert av dyrepassere som fikk tilsendt kamera. I tillegg ble fem gauper fotografert som del av et prosjekt som Örjan Johansson fra SLU drev parallelt i dyreparker i Finland, Tyskland og England (tabell 1).

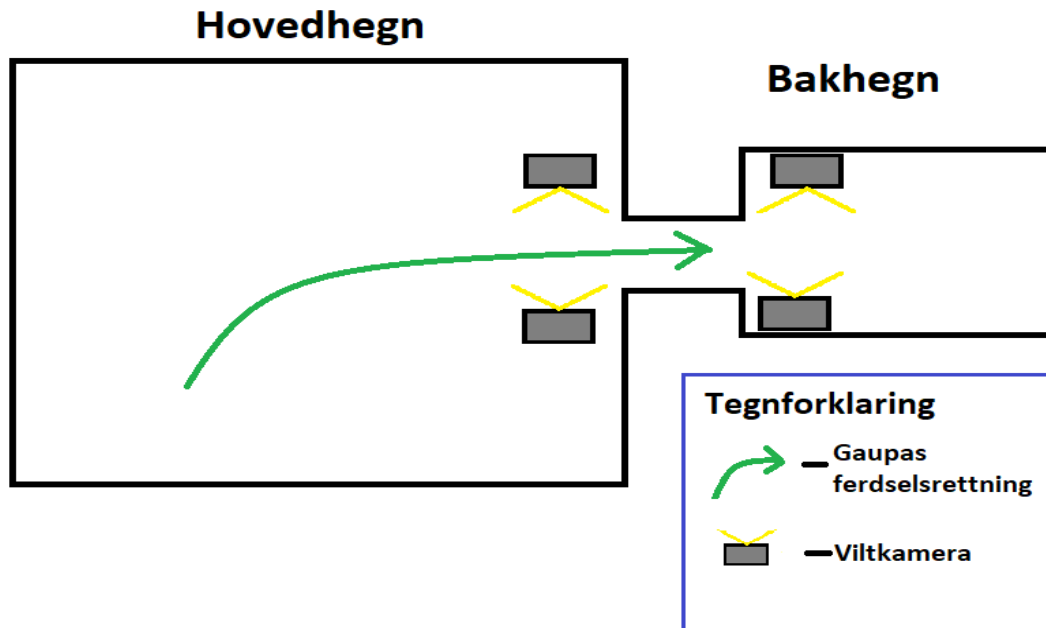
Ettersom målet med studien var å undersøke om det var mulig å gjenkjenne individer ut ifra pelsmønsteret måtte individene skilles på en slik måte at en er sikker på identiteten til hvert avbildede individ. Det er kun gjort en tilsvarende studie tidligere, hvor det ble fotografert snøleoparder i fangenskap. I den studien ble det kun benyttet høyresidene av snøleopardene, og ingen nattbilder. Metodikken jeg benyttet for å samle data er til en viss grad basert på metodikken i Johansson et al., 2020, men med noen endringer. Johansson brukte kun bilder av enslige snøleoparder i egne hegn. Det var derimot få dyreparker med kun en gaupe, eller hvor gaupene kunne skilles ut i separate hegn. Jeg tok derfor utgangspunkt i tre forskjellige metoder for å skille gaupene fra hverandre.

Metode 1: I hegn med kun en gaupe ble det satt opp to til tre kamera inne i hegnet over en periode på en uke til 3 måneder. Dette ble gjort med 9 gauper i 8 dyreparker (tabell 1).

Metode 2: Det ble tatt utgangspunkt i at to ulike gauper i samme hegn kunne skilles på pelsmønster om de hadde ulik pelsmønstertype. Dette ble kun gjort i dyreparker hvor det var en uniform og en tydelig mønstret gaupe i samme hegn. I disse dyreparkene var det ikke mulig, eller ønskelig å fysisk skille gaupene i ulike hegn over lengre tid. Dette ble gjort med til sammen seks gauper i tre dyreparker (tabell 1).

Metode 3: I hegn med flere gauper og et bakhegn ble gaupene samlet i hovedhegnet. Kameraene ble satt i eller ved porten til bakhegnet og gaupene ble lokket inn med mat (figur 2). Det ble satt ut fra fire til åtte kamera for å sikre flere observasjoner fra hver passering. I tilfeller hvor en av gaupene snudde inn igjen i hovedhegnet ble klokkeslettet skrevet ned og bilder etter dette ble

ikke tatt i bruk. Unntaket var ved to tilfeller der dyrepassere fra dyreparken greide å holde kontroll på ett av individene igjennom hele forsøket. Denne metoden ble brukt på 25 gauper i åtte dyreparker (tabell 1).



Figur 2: Oppsett metode 3. I hegn med flere gauper uten mulighet for å skille individene fysisk. Gaupene ble ført fra hovedhegnet til bakhegnet og passerte kamerastasjonene. Grønn pil representerer gaupenes ferdretsretning.

Det ble benyttet viltkamera av typen Reconyx Hyperfire 2, Reconyx PC900, Reconyx PC850 og Reconyx HC500 (Reconyx, Holmen, USA). Disse kameraene har IR-blits (infrarød blits) som gir svart-hvite nattbilder og hvit LED-blits som gir nattbilder med farger. Innstillingene på kameraene ble satt til «Motion Pictures», «Pictures Per Trigger» ble satt til 5 og «Picture interval» ble satt til «RapidFire™». Det ble videre valgt høyeste bildekvalitet, og høy sensitivitet, blits og ingen timelapse. Dato og klokkeslett ble kontrollert for hver gang kameraene ble brukt. Kameraene ble festet i gjerder, trær eller staur som ble satt opp inne i hegnene. Kameraene ble satt rundt 50 cm over bakken og i 90° vinkel 2-8 m fra forventet ferdretsretning. I hegn hvor kameraene skulle stå over lengre tid ble kameraene satt slik at de ikke pekte direkte mot hverandre. Dette ble gjort for at blitsen ikke skulle forstyrre andre kamera.

Det ble fotografert totalt 40 ulike individer med sikker identitet, hvorav 34 ble benyttet i testen (tabell 1). Av de seks individene som ble utelatt var tre gauper kun fotografert på en side, to ble utelukket på grunn av anormal kroppsfasong (kastrater) og en hvor bildene av ene siden ikke viste hele dyret. Av gaupene som ble benyttet i testen var det dagbilder av samtlige og IR-nattbilder av 12 gauper og 12 gauper ble fotografert i vinterpels. Totalt 18 av gaupene hadde mønstret pelsmønstertype og 16 gauper hadde uniform pelsmønstertype. Grunnet få bilder ble ikke nattbilder med hvit LED-blits inkludert i testen.

Tabell 1: Oversikt over dyreparker hvor det har blitt fotografert gaupe, antall gauper som ble inkludert i spørreundersøkelsen og metode som ble benyttet for å skille individene. Rader merket i blått er dyreparker hvor gaupene ble fotografert som del av et prosjekt til Örjan Johansson.

Dyrepark	Land	Antall gauper som ble benyttet i undersøkelsen	Antall gauper	Metode for å skille individene	Antall bildeserier med hver side av hver gaupe	Antall gauper fotografert med IR-natt bilder
Borås Djurpark	Sverige	2	2	Metode 1	5+	1
Bjørneparken i Flå	Norge	1	1	Metode 1	5+	1
Hansenberg skole	Danmark	3	4	Metode 3	1-2	0
Kolmården Djurpark	Sverige	2	2	Metode 3	3-4	0
Dyreparken Kristiansand	Norge	2	3	Metode 3	2-3	0
Langedrag	Norge	5	9	Metode 3	1-4	0
Lyckselet Djurpark	Sverige	2	2	Metode 2	5+	2
Munkholm Zoo	Danmark	0	4	Metode 3	2	0
Namsskogan Familiepark	Norge	3	3	Metode 3	1-4	0
Nordens Ark	Sverige	2	2	Metode 2	3-5+	2
Orsa Rovdjurspark	Sverige	3	3	Metode 1 & 2	5+	3
Randers Regnskov	Danmark	2	2	Metode 2	3-4	0
Ålborg	Danmark	1	2	Metode 2	3	0

Dartmoor Zoo	England	2	Ukjent	Metode 1	1-4	1
Korkeasaari Zoo	Finnland	1	Ukjent	Metode 1	2	1
Munich Zoo	Tyskland	1	Ukjent	Metode 1	3	0
The Big Cat Sanctuary	England	1	Ukjent	Metode 1	2	1

2.2 Bildebehandling og utforming av sammenlikningene

Bildene som ble benyttet i testen ble valgt ut med tanke på at de skulle representere en realistisk passering av ei vill gaupe gjennom en kamerastasjon. Det måtte være sammenhengende bildeserier som viste sidene på gaupa. Bilder av gauper som gikk rett mot, rett ifra kamera, eller hvor vegetasjon skjuler eventuelle kjennetegn ble ikke brukt (bildet til venstre i figur 3). Heller ikke bildeserier hvor kamera hadde dugg på linsen, eller hvor gaupa var i så høy fart at det ikke var mulig å se alle kroppsdelene tydelig i bildene i bildeserien (bildet til høyre i figur 3). For gauper som ble skilt ved metode 2 ble det kun valgt bildeserier hvor en tydelig kunne se at det enten var en mønstret gaupe eller en uniform. Det ble allikevel forsøkt å ikke plukke ut kun beste bildene, men også inkludere bildeserier av gauper i bevegelse og i dårlige lysforhold.



Figur 3: Bildeserier med kun bilder av gaupe i høy hastighet eller vegetasjon som skjuler kjennetegn (bildet til venstre). Bildeserier med kun bilder av gaupe med retning direkte mot (bilde til høyre) eller ifra kamera ble ikke inkludert i undersøkelsen.

Individene fikk navn etter dyreparken de kom ifra og et nummer (eksempel: Orsa 1 og Namskogan 3). Bildene ble så sortert etter nattbilder med IR-blits og dagbilder. Videre ble de sortert etter høyre og venstre side.

Det ble kun tatt utgangspunkt i to ulike pelsmønstertyper: uniform og mønstret. For å være sikre på at gaupene var i rett pelsmønsterkategori ble bilder av alle individene sendt ut til tre rovdyrforskere fra NINA, som hver for seg avgjorde om gaupene var mønstrete eller uniforme. For de fleste individene var alle enige, på enkelte individer var en uenig med de to andre. I de tilfellene fikk gaupa den pelsmønsterkategorien som flertallet mente var riktig.

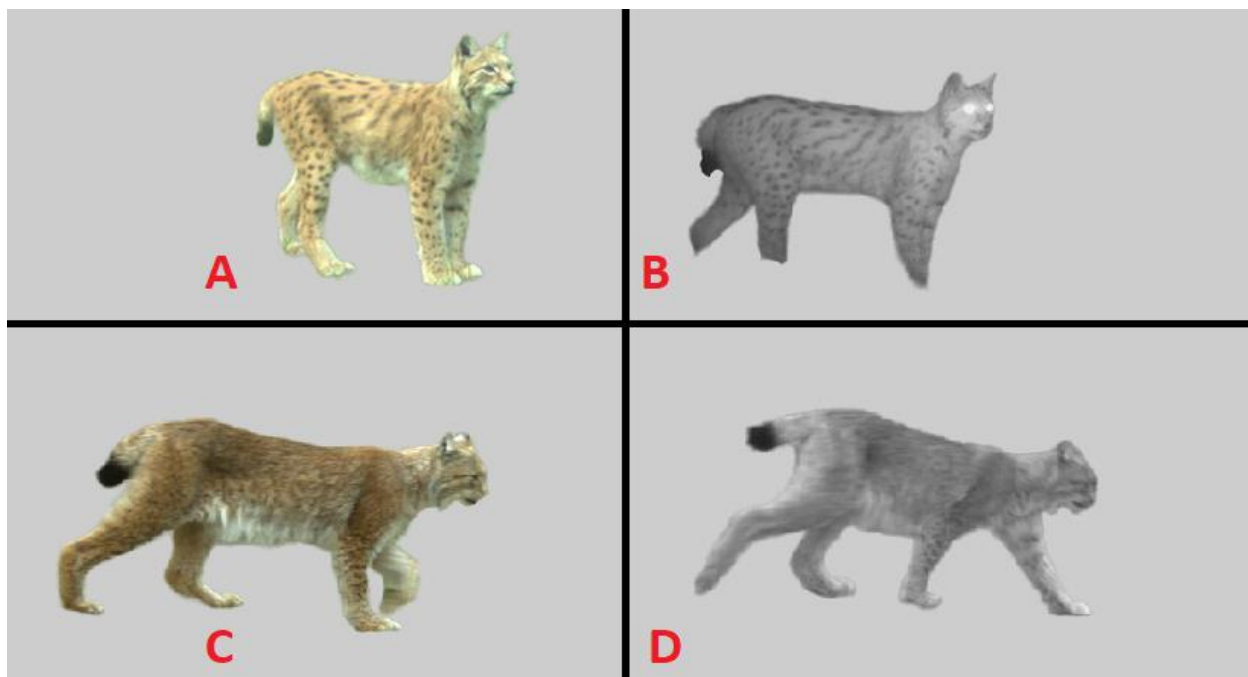
Bakgrunnen på bildene ble slettet slik at det kun var gaupe på hvert bilde. Dette ble gjort slik at bakgrunnen ikke kunne brukes til å gjenkjenne lokasjon, og dermed gi informasjon om individ. Dataprogrammet Adobe Express ble benyttet til å fjerne bakgrunn. Bakgrunnsletting gjøres automatisk i Adobe Express, men på flere av bildene måtte hele eller deler av bakgrunnen fjernes manuelt. Fargen #CDCDCC ble brukt som bakgrunnsfarge.

Bildeserier fra høyre og venstre side av gaupa ble slått sammen til en “observasjon”, hvor hver bildeseriene varierte fra ett til fem bilder. Det ble brukt totalt 148 observasjoner av begge sider av de 34 ulike gaupene. Disse observasjonene ble satt sammen slik at de skulle representere en realistisk passering av ei vill gaupe gjennom en kamerastasjon. Observasjonene ble satt sammen i 180 par for sammenlikning i spørreundersøkelsen. Disse parene besto av høyre og venstre side av «Lynx A» og høyre og venstre side av «Lynx B» (figur 4). 80 av parene besto av to observasjoner av samme gaupe og 100 par var av ulike gauper. Parene ble trukket slik at det ble sammenliknet både innad og på tvers av pelsmønstertype og dag/IR. Forklaring for forkortelser brukt for pelsmønstertyper og dag/IR kan sees i tabell 2. For å være på den sikre siden ble ikke gauper fra samme dyrepark som ble skilt ved metode 2 sammenliknet mot hverandre.

Tabell 2: Forkortelser benyttet for å beskrive variabler i sammenlikningene og antallet kombinasjoner brukt i undersøkelsen.

Variabler pelsmønstertype	Forkortelse	Antall kombinasjoner
Lynx A = Mønstret, Lynx B = Mønstret	MM	80
Lynx A = Mønstret, Lynx B = Uniform	MU	20
Lynx A = Uniform, Lynx B = Uniform	UU	80

Variabler dag/IR	Forkortelse	
Lynx A = Dag-bilde, Lynx B = Dag-bilde	DD	90
Lynx A = Dag-bilde, Lynx B = IR-bilde	DI	36
Lynx A = IR-bilde, Lynx B = IR-bilde	II	54



Figur 4: Eksempler på bilder med slettet bakgrunn som ble benyttet i undersøkelsen. A og B er samme gaupe med mønstret pelsmønstertype, C og D er samme gaupe med uniform pelsmønstertype. Bilde B og D er nattbilder med IR (infrarød blits).

2.3 Undersøkelsen, utforming og alternativer.

Testen ble i første omgang sendt ut til forskere med publikasjoner hvor det hadde blitt benyttet visuell individbestemmelse fra viltkamerabilder av gaupe eller andre kattedyr. Senere ble den sendt til forskere i Eurolynx, ansatte i SNO, gaupejegere, naturfotografer og ansatte i dyreparkene hvor gaupene ble fotografert. Testen ble også sendt ut til personer helt uten erfaring med gaupe. Dette kunne være familiemedlemmer, bekjente eller andre som ikke har noe erfaring med, eller interesse for gaupe.

Deltakerne fikk først tre spørsmål:

- Det første spørsmålet var antall ukers erfaring med visuell identifikasjon av gaupe de siste fem årene.
- Det andre spørsmålet var om deltakeren hadde arbeidsrelatert, fritidsrelatert eller ikke relevant bakgrunn for visuell identifikasjon av gaupe.
- Det tredje spørsmålet var antall ukers erfaring med visuell identifikasjon av andre kattedyr de siste fem årene.

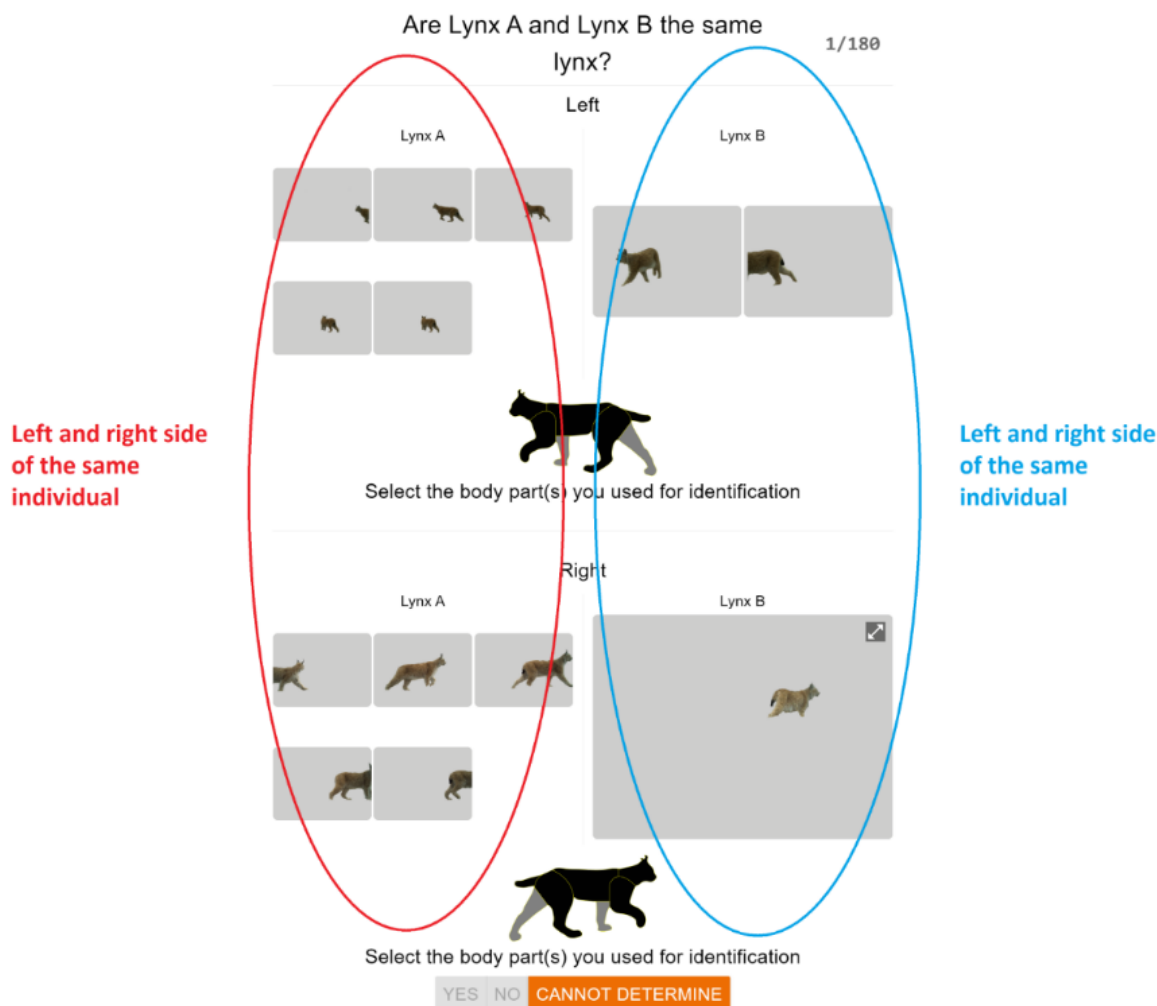
Etter å ha besvart disse spørsmålene startet selve testen med sammenlikninger. Det ble av personvern hensyn ikke lagret informasjon om deltakerne annet enn informasjonen om ukers erfaring og bakgrunn som de selv oppga.

Testen viste ett og ett av de 180 parene av Lynx A og Lynx B ble trukket i tilfeldig rekkefølge. Spørsmålet deltakerne skulle besvare var «Are Lynx A and Lynx B the same lynx?» (Figur 5). Deltakeren kunne svare «YES», «NO» eller «CANNOT DETERMINE». Dette gir hver sammenlikning fem ulike svarutfall:

- Deltakeren kan svare «**YES**» på en sammenlikning bestående av to observasjoner av samme gaupe som vil gi en «**Riktig Gruppering**»
- Deltakeren kan svare «**NO**» på en sammenlikning av to forskjellige gauper. Dette vil gi en «**Riktig Splitt**»

- Deltakeren kan svare «**YES**» på en sammenlikning bestående av to forskjellige gauper. Dette vil gi en «**Feil Gruppering**». Deltakeren mener at de to observasjonene av ulike gauper er samme individ. Dette kan føre til underestimering av en bestand.
- Deltakeren kan svare «**NO**» på en sammenlikning av samme gaupeindivid. Dette vil gi en «**Feil Splitt**». Deltakeren splitter to observasjoner av ett individ til to ulike individer. Dette kan føre til overestimering av en bestand.
- Deltakeren kan svare «**CANNOT DETERMINE**». Altså «**kan ikke**», dette betyr at observasjonene i sammenlikningen er «**uidentifiserbare**». Dette kan føre til usikkerheter i et bestandsestimat.

Om deltakeren svarte «YES» eller «NO», kunne det videre velges hvilke kroppsdelene som ble benyttet til å komme frem til svaret. Kroppsdelene som ble benyttet ble valgt ved å klikke på gaupesilhuetter under bildene. Det var en silhuett for både høyre og venstre side. Deltakeren kunne velge sju forskjellige kroppsdelene for hver side av gaupesilhuetten: Hode, ytre frambein, indre frambein, torso, ytre bakbein, indre bakbein og hale (figur 5). Nettsiden var utformet slik at deltakerne kunne forstørre et bilde av «Lynx A» og et bilde av «Lynx B» samtidig for å lettere se kjennetegn. Ønsket deltakeren å ha ett og ett bilde i fullskjerm var det mulig å åpne bildet i en ny fane. Dette og annen informasjon om utførelse av testen ble sendt ut i en instruksjon for hvordan den skulle utføres sammen med lenke til testen.



Figur 5: Skjermdump av spørreundersøkelsen, med forklaring av hva deltakeren ser på skjermen. Dette bildet ble sendt ut sammen med instruksjonen. Øverst ser deltakeren bilder av venstresiden på Lynx A og Lynx B, samt en silhuett til å velge kroppsdeler som ble benyttet. «indre» fram og bakbein er skyggelagt i grått. Nederst på siden er det høyresidene av Lynx A og Lynx B, en gaupesilhuett av høyre side og svaralternativene.

Spørreundersøkelsen ble utformet av IT-avdelingen ved NMBU. Dette var en nettsidebasert spørreundersøkelse som lagret deltakernes svar automatisk. De første tre ukene var det ikke mulig for deltakerne å lagre sin fremgang i undersøkelsen. Under denne perioden ble hele testen startet på nytt om de var inaktive over en lengre periode, eller forsøkte å oppdatere nettsiden. Om deltakerne startet testen på nytt fikk de ny deltaker-ID (et unikt nummer for hver «deltaker»). Dette ble etter hvert endret, men for de første 467 sammenlikningene er det derfor ikke mulig å si deltakerantall. Jeg tar likevel utgangspunkt i at hver deltaker ID er unik i analysene i denne oppgaven ettersom det ikke var mulig å hente informasjon om IP-adresse av personvern hensyn.

2.4 Databehandling og statistiske analyser

Resultatene fra spørreundersøkelsen ble hentet som Excel-fil. Filen inneholdt deltakernes svar på de ulike sammenlikningene, deltaker ID og hvilke kroppsdelene som ble benyttet. Databehandling, analyser av resultatene og plotting av figurer ble gjort i R studio, versjon 4.1.2 (R Core Team, 2021). For utforming av figurene i resultatdelen ble funksjonen *ggplot* benyttet, fra R pakken *ggplot2* (H.Wickham, 2016). Datasettet fra spørreundersøkelsen ble slått sammen med et datasett med oversikt over de ulike pelsmønstrene og dag/IR variablene for hver av sammenlikningene.

Deltakere med 0 og ett svar ble fjernet fra datasettet. Dette fordi jeg selv var innom spørreundersøkelsen for å undersøke problemer som ble meldt ifra deltakere, og for å ta skjermbilder til instruksjonen. For analyser hvor det ble undersøkt deltakernes erfaring ble deltakerne delt inn i tre ulike erfaringskategorier. Null erfaring, null til fire ukers erfaring og over fire ukers erfaring.

Logistiske analyser av sannsynligheten for å avgi svar

Det ble utført en analyse for å undersøke hvilke faktorer som påvirket sannsynligheten for at deltaker avga svar på sammenlikningen eller at den var uidentifiserbar. Dette ble gjort med GLMM (generalized linear mixed-effects regression) analyser med funksjonen *glmer* fra R pakken *lme4* (Bates et al., 2015). Responsen var binomisk, «avgitt svar» = 1, «uidentifiserbar» = 0. Med deltaker ID var tilfeldig faktor. Deltaker ID ble inkludert i alle analysene for å ta høyde for individuelle forskjeller hos deltagerne. Ved plotting av figurene ble funksjonen *emmeans* fra R-pakken *emmeans* (Lenth, 2023) brukt for å beregne konfidensintervall.

I analysen var pelsmønstertype, dag/IR og erfaringskategoriene uavhengige variabler. Her var målet å undersøke hvilke variabler som påvirket sannsynligheten for at deltakeren avgir svar.

Logistiske analyser av sannsynligheten for rett svar

Videre ble det utført tre GLMM-analyser for å se hvilke variabler som påvirker at deltakeren svarer riktig eller feil. Disse ble også utført med *glmer* funksjonen, og deltaker ID som tilfeldig faktor, men med rett eller galt svar som responsvariabel. Her ble rekker med svarutfall «uidentifiserbar» fjernet fra datasettet ettersom dette allerede ble undersøkt i de tidligere analysene.

- I den første ble det som for sannsynlighet for svar gjort en analyse med pelsmønstertyper, dag/IR og erfaringskategoriene uavhengige variabler.
- I den andre ble det gjort en analyse med de syv forskjellige kroppsdelene som uavhengige variabler for å undersøke om å benytte enkelte kroppsdelers endret sannsynlighet for rett svar.
- Den tredje analysen undersøkte om antallet kroppsdelers hadde betydning for sannsynligheten for rett svar. Her ble deltakere uten erfaring fjernet fra datasettet. De erfarne deltakerne hadde den høyeste sannsynligheten for svar og det var derfor mer interessant å se hvilke faktorer som påvirker sannsynligheten for at erfarne deltakere svarer rett. Rett eller galt svar var responsvariabel og log (antall kroppsdelers) og pelsmønstertype ble brukt som avhengige variabler og deltaker ID som tilfeldig variabel. Det ble brukt log (antall kroppsdelers) fordi effekten av antallet kroppsdelers på sannsynligheten for rett svar ble mindre ved flere kroppsdelers.

Multinomiske analyser

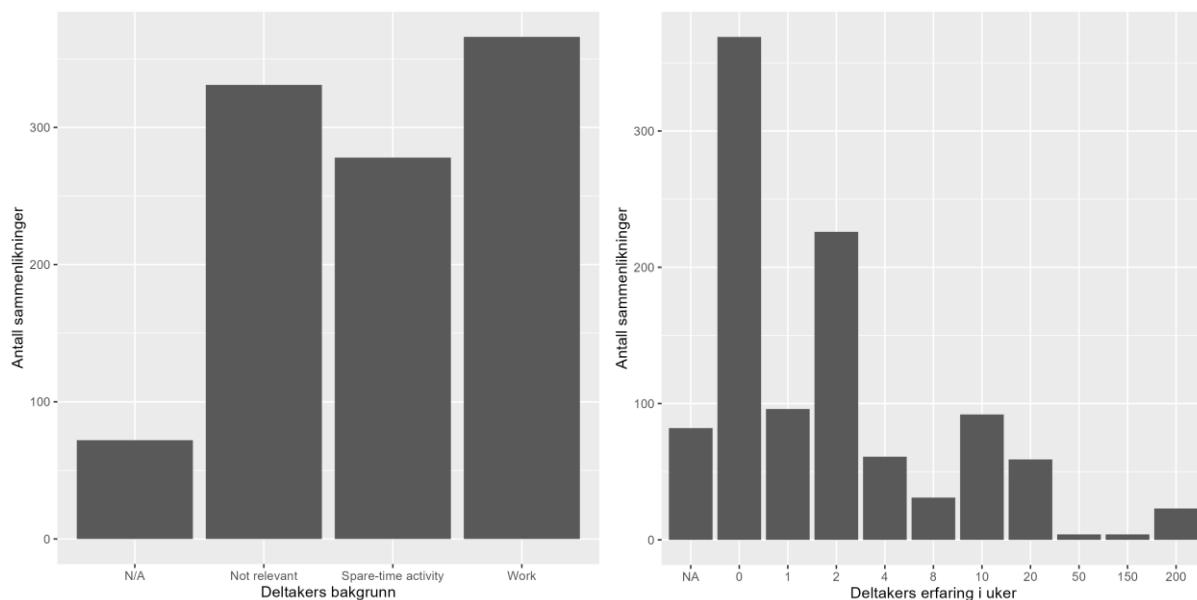
Videre ble det utført en multinomisk logistisk regresjon for å undersøke om de ulike variablene påvirket sannsynligheten for de ulike svarutfallene. Det ble undersøkt om sannsynligheten for svarutfallene «riktig gruppering», «riktig splitt», «feil gruppering» og «feil splitt» var forskjellige og hvordan variablene påvirket sannsynligheten for utfallene med deltaker ID som tilfeldig faktor. Dette ble gjort gjennom *mblogit* funksjonen fra R pakken *mclogit* (Elff, 2022). Svarutfallene ble satt som responsvariabel, antall kroppsdelers, erfaring, pelsmønstertype og dag/IR som uavhengige variabler og deltaker ID som tilfeldig faktor. Sammenlikninger med pelsmønster MU ga modellen problemer for funksjonen. Årsaken til dette var at et lavt antall

sammenlikninger og at to av svarutfallene ikke er mulige. Det er umulig å gjøre en riktig gruppering eller en feil splitt når det alltid vil være to ulike individer for MU. Funksjonen ble derfor kjørt uten MU sammenlikninger.

3. Resultater

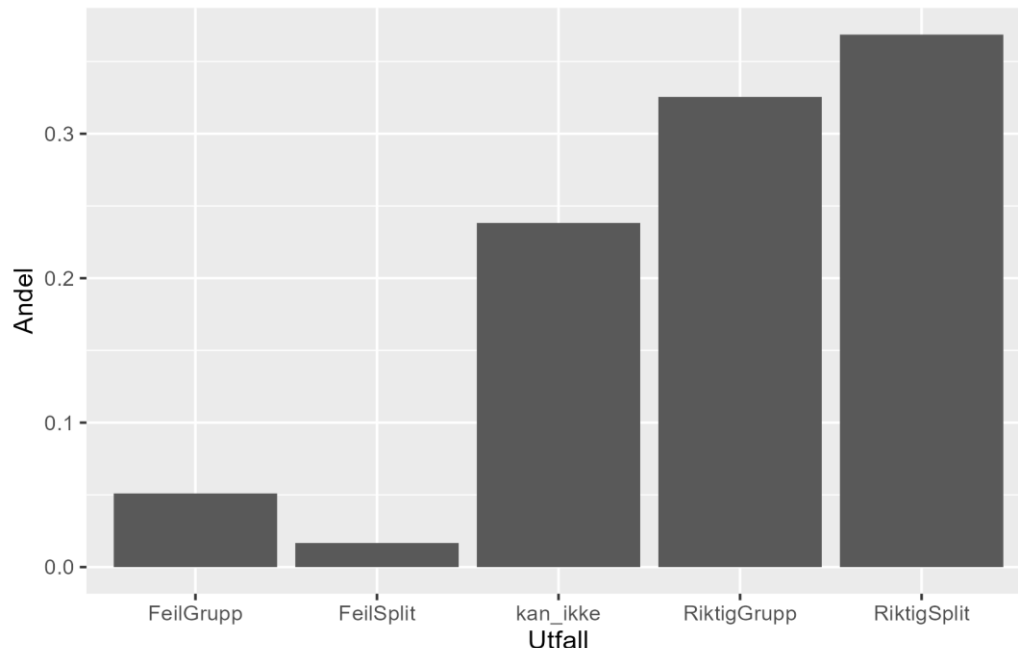
3.1 Om deltakere og rådata

Totalt 96 «deltagere» utførte til sammen 1047 sammenlikninger. Av disse ble 48 deltakere og 1020 sammenlikninger benyttet i analysene. Av de 180 sammenlikningene ble alle besvart fra to til 12 ganger, gjennomsnittet for antall besvarelser var 5,8. Hver deltaker utførte fra to til 180 sammenlikninger, kun én deltaker fullførte alle de 180 sammenlikningene. Gjennomsnittet var 22 sammenlikninger, mens medianen for antall sammenlikninger var 12. Deltakernes erfaring med individbestemmelse av gaupe varierte fra 0 –200 uker. Gjennomsnittserfaringen var 2,5 uker og medianen var en uke. De fleste sammenlikningene (596stk) ble gjort av personer som oppga at de hadde en form for erfaring med visuell individbestemmelse (figur 6).



Figur 6: Oversikt over antallet sammenlikninger gjort etter deltakers erfaring og antallet sammenlikninger etter deltakerens bakgrunn

De fleste svarene var riktige (69%). Riktig splitt utgjorde 37% av svarene, riktige grupperinger 32%, feil gruppering utgjorde 5% og feil splitt utgjorde 2%. Andelen «kan ikke», altså at sammenlikningen var uidentifiserbar utgjorde 24% av alle svarene (figur 7).



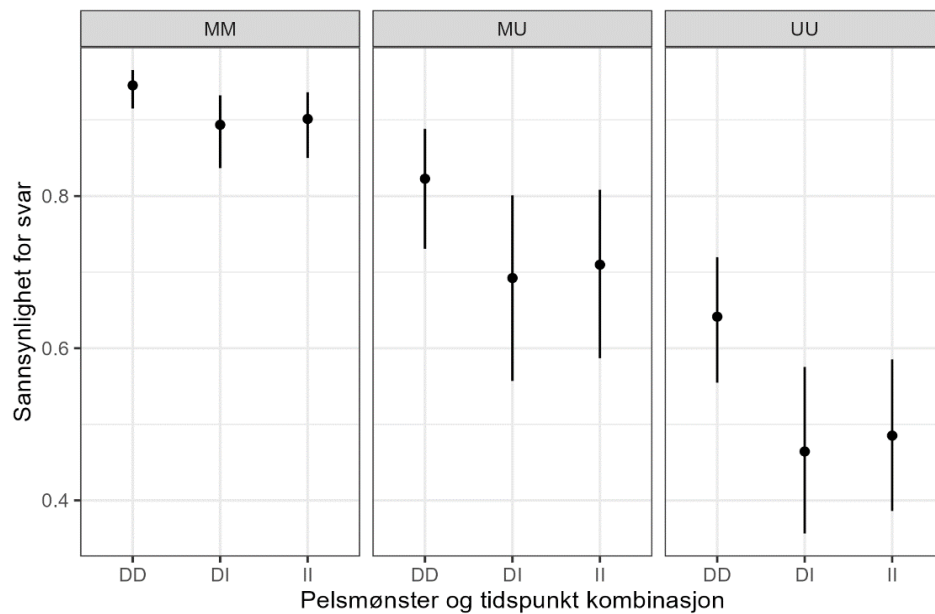
Figur 7: Andel av de ulike svarutfallene, «kan ikke» betyr at observasjonene i sammenlikningen var uidentifiserbare.

3.2 Variabler som påvirker sannsynligheten for at deltakeren svarer på en sammenlikning

Den logistiske analysen viste at deltakernes erfaring hadde lite å si for sannsynligheten for å avgi svar. Variablene pelsmønstertype og dag/IR viste seg å signifikant påvirke sannsynligheten for at deltakeren svarte (tabell 3). Variabelen pelsmønstertype påvirket sannsynligheten for avgitt svar i større grad enn dag/IR, dette sees på de lavere verdiene i «estimat»-kolonnen og lavere p-verdier (tabell 3). Høyest sannsynlighet for å avgi svar ser vi for sammenlikninger av to observasjoner av mønstrete gauper (MM) med dag/IR kombinasjonen DD (95%). Det var lavest sannsynlighet for svar ved sammenlikninger av to uniforme (UU) med dag/IR-kombinasjon DI (46%). Innad for hver pelsmønsterkategori hadde DI-kombinasjoner lavest sannsynlighet for å bli besvart (figur 8).

Tabell 3: Sammendrag fra GLMM for sannsynligheten for at deltaker avgir svar. Variablene er ukers erfaring, deltakers bakgrunn, pelsmønsterkombinasjon og dag/IR. Referansenivået (skjæringspunktet) er 0 ukers erfaring, ikke relevant bakgrunn og sammenlikning av dagbilder av to mønstrete gauper. Signifikante verdier er merket med «**» og tendenser med «*»

Variabel	Estimat	Standardavvik	z-verdi	p-verdi
Skjæringspunkt	2.77	0.30	9.35	<2e-16**
Deltakers bakgrunn				
1-4 ukers erfaring	-0.15	0.34	-0.44	0.66
>4 ukers erfaring	0.27	0.38	0.72	0.47
Pelsmønsterkombinasjoner				
MU	-1.38	0.29	-4,76	1.88e-06**
UU	-2.36	0.22	-10.84	<2e-16**
Dag/IR kombinasjoner				
DI	-0.69	0.22	-3.14	0.002**
II	-0.57	0.20	-2.88	0.004**



Figur 8: Sannsynlighet for at en deltaker avgir svar for de ulike kombinasjonene av pelsmønster og tidspunkt. Punktene viser forventet sannsynlighet for å avgi svar og de vertikale linjene viser 95% konfidensintervall.

3.3 Variabler som påvirker sannsynligheten for rett svar

Deltakers erfaring var faktoren som i størst grad påvirket sannsynligheten for å avgi rett svar (tabell 4). Deltakere med en til fire ukers erfaring viste en tendens til å ha høyere sannsynlighet for rett svar. Deltakere med over fire ukers erfaring viste signifikant høyere sannsynlighet for å svare rett. Deltakere med over fire ukers erfaring hadde forventet sannsynlighet for rett svar mellom 97% og 99% avhengig av pelsmønster og dag/IR-kombinasjon (tabell 4).

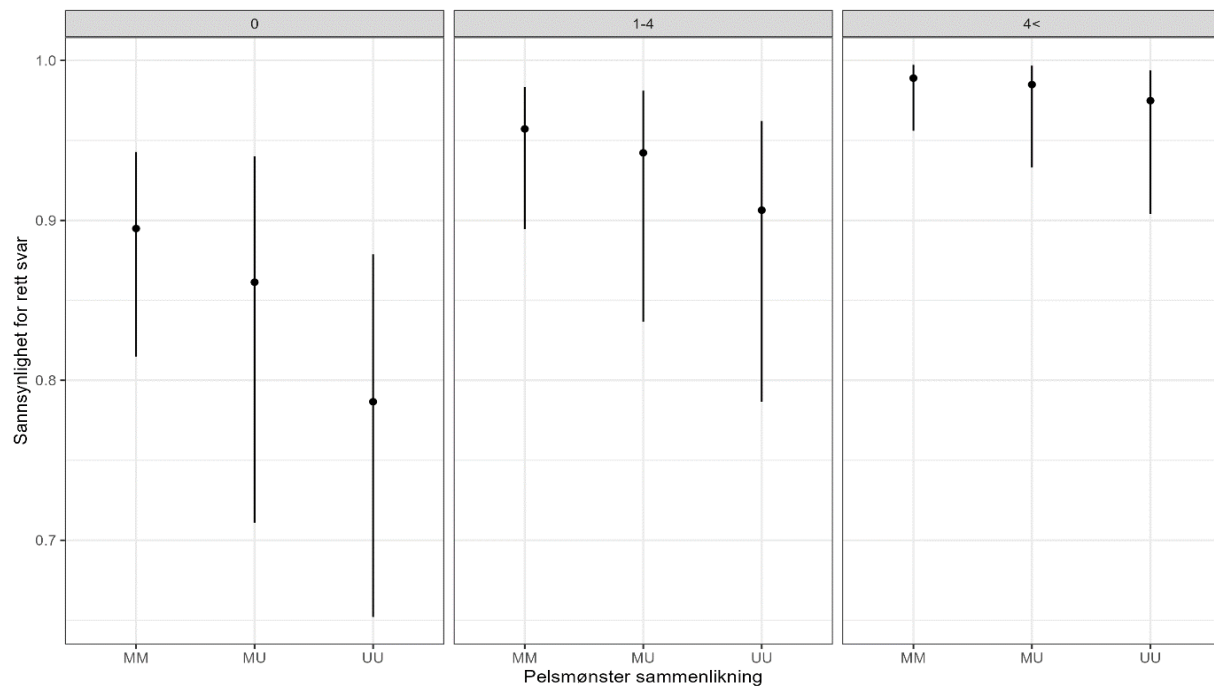
Sannsynligheten for rett svar ble også påvirket av variabelen pelsmønstertype. Sammenlikninger med pelsmønster-kombinasjon UU ga signifikant lavere sannsynlighet for rett svar sammenliknet med pelsmønster-kombinasjon MM (tabell 4). Sammenlikninger med dag/IR-kombinasjon II viste en tendens til å påvirke sannsynligheten for rett svar negativt og ga de laveste sannsynlighetene for rett svar innenfor hver pelsmønsterkategori (tabell 4).

Ettersom det kun er mulig å utføre riktig splitt eller feil gruppering av MU sammenlikninger, vil den forventede sannsynligheten gjelde for disse to svarutfallene.

Tabell 4: Sammendrag fra GLMM for sannsynligheten for at deltaker avgir rett svar. Variablene er ukers erfaring, deltakers bakgrunn, pelsmønsterkombinasjon og dag/IR. Referansenivået (skjæringspunktet) er 0 ukers erfaring, ikke relevant bakgrunn og sammenlikning av dagbilder av to mønstrete gauper. Signifikante verdier er merket med «**» og tendenser med «*»

Variabel	Estimat	Standardavvik	z-verdi	p-verdi
Skjæringspunkt	2.40	0.37	6.42	1.33e-10**
Deltakers bakgrunn				
1-4 ukers erfaring	0.97	0.54	1.78	0.075*
>4 ukers erfaring	2.35	0.76	3.11	0.002**
Pelsmønsterkombinasjoner				
MU	-0.32	0.45	-0.71	0.48
UU	-0.84	0.30	-2.82	0.005**
Dag/ IR kombinasjoner				
DI	-0.23	0.37	-0.62	0.54
II	-0.53	0.31	-1.73	0.08*

Sannsynligheten for rett svar øker med deltakers erfaring og med antallet mønstrete gauper i sammenlikningen. For erfarne deltakere (over 4 uker) var sannsynligheten for rett svar størst. For alle erfaringskategoriene hadde MM sammenlikninger høyest sannsynlighet for rett svar, og UU lavest sannsynlighet for rett svar. Variansen innenfor 95% konfidensintervallet var også minst hos MM sammenlikninger utført av. Vi ser at 95% konfidensintervallet øker med antallet uniforme gauper, og ved lavere erfaring (figur 9).



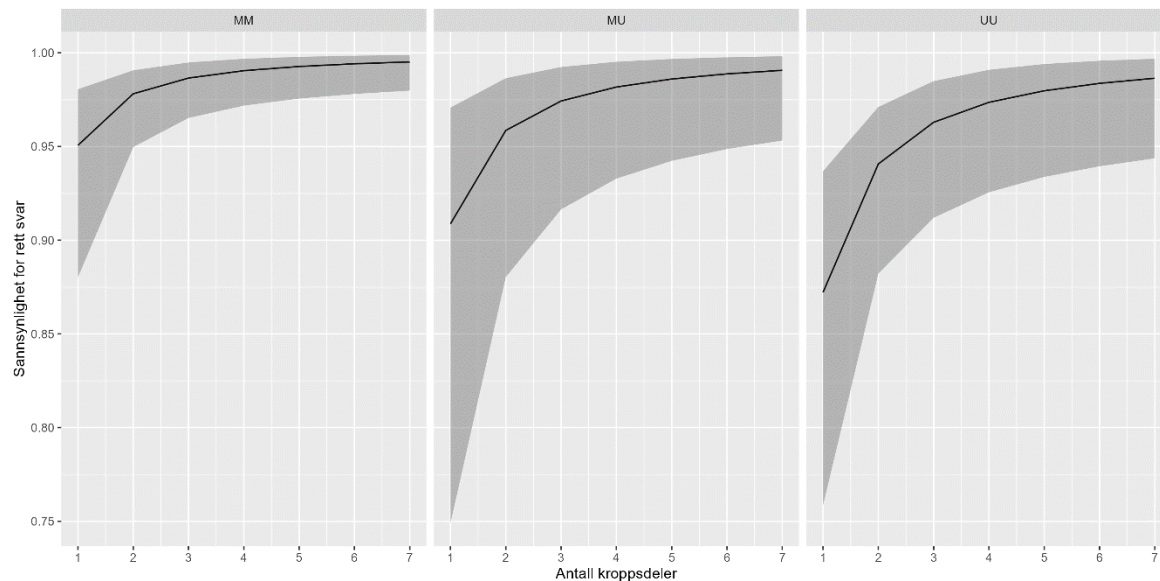
Figur 9: Sannsynlighet for rett svar vist med variablene «erfaring» og «pelsmønster». Figurene er delt inn etter erfaringskategoriene 0 uker, 1-4 uker og over 4 uker. Punktene viser forventet sannsynlighet for rett svar og linjene viser 95% konfidensintervall.

Sammenlikninger hvor hode var benyttet ga signifikant lavere sannsynlighet for rett svar, hale og indre frambein viste svake tendenser til å gi høyere sannsynlighet for feil svar. Indre og ytre bakbein viste tendenser til å påvirke sannsynligheten for rett svar positivt (tabell 5).

Tabell 5: Sammendrag av GLMM modellen som undersøker i hvilken grad de ulike kroppsdelene påvirker sannsynligheten for rett svar, negative fortegn i «Estimat» betyr lavere sannsynlighet for rett svar. Signifikante verdier er merket med «**» og tendenser med «*»

Variabel	Estimat	Standardavvik	Z-verdi	P-verdi
Krysningspunkt	2.22	0.43	5.17	2.37e-07**
Hode	-0.86	0.42	-2.04	0.04**
Torso	0.25	0.31	0.8	0.40
Indre frambein	-0.19	0.31	-0.63	0.53
Ytre frambein	0.53	0.30	1.78	0.08*
Indre bakbein	0.95	0.53	1.80	0.07*
Ytre bakbein	0.30	0.29	1.04	0.30
Hale	-0.65	0.65	-1	0.32

Det var en sammenheng mellom rette svar og antallet kroppsdelar benyttet etter de ulike pelsmønstertypene. Stigningstallet for grafene minsker med antallet kroppsdelar benyttet. For MM sammenlikninger har 95% sannsynlighet for rett svar ved kun én kroppsdel og grafen flater ut allerede etter to kroppsdelar. MU sammenlikninger har 91% sannsynlighet for rett svar ved én kroppsdel. For UU sammenlikninger er sannsynligheten for rett svar 88% ved én kroppsdel og kommer ikke over 95% før ved tre kroppsdelar. Det kommer frem at sammenlikninger med minst én uniform gaupe har lavere sannsynlighet for rett svar ved få kroppsdelar enn MM. Sammenlikninger med minst én uniform gaupe har antallet kroppsdelar benyttet mer å si for sannsynligheten for å svare rett (figur 10).



Figur 10: Sannsynlighet for rett svar etter antallet kroppsdelar benyttet og pelsmønster. Grafene viser de ulike pelsmønster-kombinasjonene. Svart linje er forventet sannsynlighet og grått område er 95% konfidensintervall.

3.4 Variabler som påvirker de ulike svarutfallene

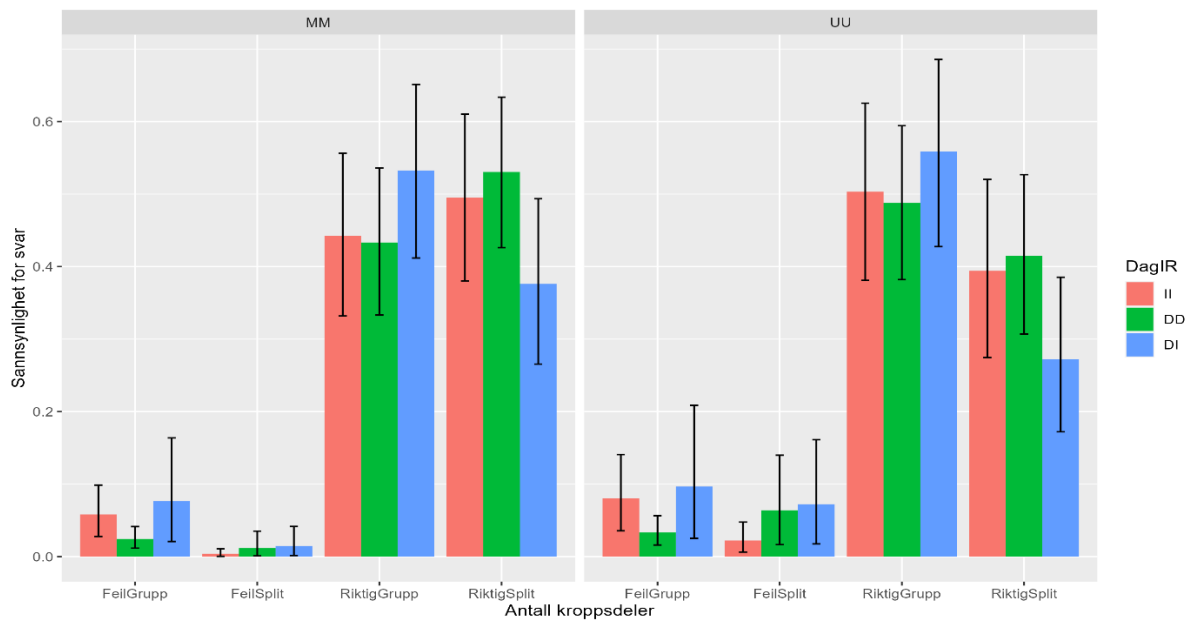
Den multinomiske analysen viser hvordan de ulike variablene påvirker sannsynligheten for de ulike utfallene. For sammenlikninger mellom riktig gruppering mot feil gruppering og riktig splitt mot feil gruppering er erfaring den eneste variabelen som påvirker sannsynligheten signifikant. Det er signifikant høyere sannsynlighet for at en deltaker med 1-4 og >4 ukers erfaring får ett riktig svarutfall mot feil gruppering sammenliknet med deltakere uten erfaring.

For sammenlikningen mellom feil splitt og feil gruppering viser DI en signifikant større sannsynlighet til å bli feil gruppert fremfor feil splittet sammenliknet med DD. Sannsynligheten for en feil splitt mot en feil gruppering synker signifikant med antallet kroppsdelar benyttet (tabell 6). Sammenlikninger med UU viser en sterk tendens til å ha høyere sannsynlighet for å bli feil splittet enn feil gruppert sammenliknet med MM (tabell 6).

Tabell 6: Sammendrag av den multinomiske analysen. Svarutfallene er responsvariabler og hvert svarutfall sammenliknes med «feil gruppering». Referanse variablene er 0 ukers erfaring, DD og MM. MU er ikke inkludert. Signifikante verdier er merket med «**» og tendenser med «*»

Feil splitt mot feil gruppering				
Variabel	Estimat	Standard avvik	Z-verdi	P-verdi
Krysningspunkt	-1.96	1.23	-1.60	0.11
Antall kroppsdelar	-0.71	0.36	-1.99	0.04**
Erfaring 1-4 uker	1.27	0.84	1.51	0.13
Erfaring 4< uker	1.03	1.41	0.73	0.47
DI	2.01	0.91	2.20	0.03**
II	0.98	0.73	1.34	0.17
UU	1.36	0.74	1.85	0.06*
Riktig gruppering mot feil gruppering				
Variabel	Estimat	Standard avvik	Z-verdi	P-verdi
Krysningspunkt	0.67	0.59	1.13	0.26
Antall kroppsdelar	0.17	0.13	1.32	0.19
Erfaring 1-4 uker	1.23	0.60	2.04	0.04**
Erfaring 4< uker	2.37	0.86	2.73	0.006**
DI	0.88	0.58	1.53	0.13
II	-0.11	0.37	-0.29	0.77
UU	-0.22	0.35	-0.62	0.53
Riktig splitt mot feil gruppering				
Variabel	Estimat	Standard avvik	Z-verdi	P-verdi
Krysningspunkt	1.59	0.60	2.66	0.008**
Antall kroppsdelar	-0.14	0.14	-1.03	0.30
Erfaring 1-4 uker	1.42	0.61	2.32	0.02**
Erfaring 4< uker	2.43	0.88	2.77	0.006**
DI	0.99	0.58	1.70	0.08*
II	-0.59	0.38	-1.54	0.12
UU	-0.59	0.36	-1.64	0.1

I plottet for den multinomiske analysen ser vi sannsynlighetene for de ulike svarutfallene etter variablene pelsmønstertype og dag/IR. UU sammenlikninger har høyere sannsynlighet for både feil splitt og feil gruppering (figur 11).



Figur11: Figuren viser fordelingen av svarutfall med kun dag/IR og pelsmønster som variabler. Fargene på søylene representerer ulike dag/IR kombinasjoner: rød=DD, grønn=DI og blå=II. Vertikale linjer viser 95% konfidensintervall.

4. Diskusjon

Resultatene viser at individbestemmelse av gaupe kan gjøres med høy nøyaktighet og relativt høy presisjon for enkelt-sammenlikninger. Sammenlikninger med minst en uniform gaupe, og minst ett IR-nattbilder ga lavere forventet sannsynlighet for å ikke bli besvart. For to IR-natt-observasjoner med to uniforme gauper var det nesten 50% sannsynlighet for at deltakeren svarte at sammenlikningen var uidentifiserbar. For sannsynligheten for rett svar var deltakers erfaring og pelsmønstertype de viktigste variablene. Deltakere med over fire ukers erfaring svarte rett på mellom 97% og 99% av sammenlikningene avhengig av pelsmønstertype. Sannsynligheten for rett svar økte med antallet kroppsdelar benyttet, dette var mest tydelig for uniforme gauper. Selv om andelen feil var lav, kan utfallet av disse feilene få store konsekvenser ved et

bestandsestimat. Feil splittings skaper «spøkelses-individer» og det er vanskelig å beregne i hvor stor grad disse ville påvirket en reell bestandsestimering.

4.1 Deltakernes erfaring

Deltakers erfaring var en av variablene som i størst grad påvirket sannsynligheten for rett svar. Det var signifikant forskjell for forventet andel rett svar for deltakere med over fire ukers erfaring sammenliknet med deltakere med null ukers erfaring. For deltakere med over fire ukers erfaring med individuell individbestemmelse var sannsynligheten på mellom 97% og 99% for rett svar for de ulike kombinasjonene av pelsmønster og dag/IR. Dette viser at deltakere med erfaring gjør visuell individbestemmelse med høy presisjon. Disse resultatene stemmer bra overens med tidligere studier som har testet individbestemmelse av kjente individer (Bohnett et al., 2023; Johansson et al., 2020).

Det var derimot ingen forskjell i deltakernes erfaring og sannsynlighet for å besvare en sammenlikning. Årsaken kan være at enkelte uniforme gauper og IR-nattbilder i praksis er så godt som uidentifiserbare. En annen årsak kan være at erfarne deltakere heller svarer at en sammenlikning er uidentifiserbar enn å ta en sjanse som kan føre til en feil splitt. Disse resultatene stemmer ikke overens med resultatene fra Johansson et al. (2020), hvor «eksperter» svarte at 5% av observasjonene var uidentifiserbare, mot 11% hos «amatører». Det bør nevnes at i Johansson et al. (2020) hadde deltakerne mulighet til å sammenlikne alle observasjonene opp mot hverandre.

For praktisk bruk i en bestandsestimering kan man ytterligere minske sannsynligheten for feilidentifisering og å minske andelen uidentifiserte observasjoner ved at to eller flere erfarne personer individbestemmer gaupene. Dette bør gjøres ved at minst to personer grupperer individene hver for seg, for så å møtes og diskutere grupperingene. I tilfeller hvor det er uenighet kommer de enten til enighet eller forkaste observasjonen som et ukjent individ. Samarbeid ble ikke testet i denne studien, men det er grunn til å tro at både usikkerheten og feil andelen hadde sunket betraktelig om to erfarne testtakere kunne samarbeidet. Det hadde også vært interessant å teste kunstig intelligens (KI), eller mønstergjenkjenningsprogrammer. Det finnes flere dataprogrammer som er designet for å brukes til både artsgjenkjenning og individbestemmelse

(Nipko et al., 2020; Norouzzadeh et al., 2018; Van Belleghem et al., 2018). Studier som har benyttet seg av slike dataprogrammer i samarbeid med forskere med erfaring med visuell individbestemmelse fikk høyere andel korrekt identifiserte individer (Bohnett et al., 2023).

4.2 Pelsmønstertyper

Gaupenes pelsmønstertype var i tillegg til erfaring den variabelen som i størst grad påvirket sannsynligheten for rett svar. Sammenlikninger med pelsmønster-kombinasjon UU ga signifikant lavere forventet sannsynlighet for rett svar enn MM sammenlikninger. MM kombinasjoner hadde høyest sannsynlighet for rett svar, og UU hadde lavest sannsynlighet for rett svar.

Pelsmønsterkombinasjon UU var den pelsmønster-variabelen som i størst grad påvirket sannsynligheten for avgitt svar. Sannsynligheten for at sammenlikninger med UU ble identifisert var mellom 47% for II og 64% for DD. Til sammenlikning var sannsynligheten for at MM kombinasjoner ble besvart mellom 89% for II og 95% for DD. Dette vil føre til stor usikkerhet for et bestandsestimat av uniforme gauper.

For sammenlikninger med MM viser denne studien at visuell individbestemmelse kan gjøres med høy nøyaktighet og presisjon. Det var høy sannsynlighet for at sammenlikninger av MM ble besvart og høy sannsynlighet for rett svar. For sammenlikninger med en eller to uniforme gauper var sannsynligheten for både å besvare og svare rett lavere. Dette stemmer overens med studier som ikke anbefaler å benytte metodikken på arter uten mønster (Foster & Harmsen, 2012; Harmsen, 2006). Dette kan stemme bra med resultatene fra uniforme gauper i min studie. Uniforme gauper har derimot noe mønstring, spesielt på beina (Kubala et al., 2020; Thüler, 2002). Det er tenkelig at sammenlikninger med uniforme gauper hvor mønsteret på beina er utydelige ikke blir identifisert.

De ulike pelsmønstertypene hos gaupe varierer med bestandene rundt om i Europa. Studier har tidligere kartlagt andelen av de ulike pelsmønstertypene for ulike bestander av gaupe.

Beregningene er gjort ut ifra døde gauper og viltkamerabilder. Den skandinaviske gaupebestanden har en relativt høy andel uniforme gauper (over 25%), men de høyeste andelene finnes hos bestander øst i Europa og i Asia (opp mot 100%) (Darul et al., 2022). Ut ifra egne

resultatene ser det ut til at disse bestandene ikke er egnet for visuell individbestemmelse, grunnet høy andel uniforme gauper.

For sammenlikninger med gauper med ulike pelsmønstertyper (MU) var forventet sannsynlighet for å svare rett var 95%, altså litt lavere enn ved MM-sammenlikninger. Forventet sannsynlighet for å avgi svar var derimot signifikant lavere enn for MM, og varierte mellom 69% og 72% etter de ulike dag/IR-variablene. Dette var overraskende ettersom det er naturlig å anta at det skulle være enkelt å skille en mønstret og en uniform gaupe. Antallet MU sammenlikninger var lavt (20), og om enkelte sammenlikninger hadde dårlige bilder kan dette ha påvirket resultatene.

I metoden ble det tatt utgangspunkt i at det var mulig å skille to gauper med ulike pelsmønstertyper visuelt. Dette var en av forutsetningene som ble lagt til grunn for å skille gauper etter metode 2. Ettersom gauper skilt etter metode 2 ikke ble sammenliknet opp mot hverandre har ikke dette nødvendigvis mye å si for resultatet fra denne studien. Utfallet av feil identifisering under bildesorteringen vil da være at en faktisk mønstret gaupe hadde blitt regnet som uniform eller omvendt. Av gaupene som ble skilt med metode 2 ble det dessuten kun valgt bildeserier hvor mønsteret var tydelig, jeg anser det derfor som usannsynlig at en slik feil kan ha hendt.

4.3 Dag/IR

Det kommer også frem av resultatene at sammenlikninger med minst ett IR-nattbilde øker sannsynligheten for at deltakeren svarer «uidentifiserbar» signifikant, uavhengig av pelsmønstertype. Sammenlikninger med to observasjoner med IR-nattbilder (II) viste også en tendens til å gi større sannsynlighet for feil svar. Dette stemmer bra overens med eksisterende litteratur som ikke anbefaler IR-blits til visuell identifikasjon (Rovero et al., 2013). At sannsynligheten for å svare på en observasjon med dag/IR-kombinasjon DI var lavere enn for II kan forklares med at IR-blitsen kan fremheve eller maskere andre kjennetegn en hva som kommer frem ved dag-bilder. IR bildene har ingen fargenyanser annet enn nyanser av grått, og kan derfor være utfordrende å sammenlikne med dagbilder i farger. Allikevel var sannsynligheten for å avgi svar på MM kombinasjoner med minst ett IR-nattbilde over 89%. Sannsynligheten for rett svar for MM og MU og minst ett IR-nattbilde var over 92%. Dag/IR

kombinasjonen DI ga signifikant høyere sannsynlighet for feil splitt enn for feil gruppering sammenliknet med DD. Dette viser at observasjoner med IR-nattbilder er vanskeligere å identifisere enn dagbilder, og har økt sannsynlighet for å bli feil splittet.

Jeg fikk dessverre ikke tilstrekkelig antall nattbilder av gaupe med synlig hvit-blits. Det hadde vært interessant å undersøke om dette ville gitt en høyere sannsynlighet for svar sammenliknet med IR-blits. Hvit-blits gir fargebilder om natten og kan være bedre egnet for individbestemmelse enn IR-blits. Slike kameraer blir i størst grad benyttet under visuell gjenkjenning av gaupe i Europa, og er anbefalt for undersøkelser som benytter seg av visuell individbestemmelse (Rovero et al., 2013; Weingarth et al., 2012).

4.4 Kroppsdeler

Hvilke kroppsdeler som ble benyttet hadde også betydning for sannsynligheten for rett svar. Sammenlikninger hvor det ble benyttet hode til å besvare hadde signifikant lavere sannsynlighet for rett svar. Videre viste ytre og indre frambein tendenser til å gi høyere sannsynlighet for rett svar. Indre og ytre frambein er kroppsdeler som ofte har mønstring selv hos uniforme gauper (Thüler, 2002), og dette kan være en del av grunnen til at disse benyttes oftere. Min studie viser at ved visuell individbestemmelse av gaupe bør man unngå å benytte seg av hode, og legge litt ekstra vekt på mønsteret på frambein og indre bakbein.

Antallet kroppsdeler hadde også betydning for sannsynligheten for rett svar. Det kommer frem av resultatene at en bør bruke kjennetegn på minst tre kroppsdeler på sammenlikninger med uniforme gauper, for sammenlikninger med mønstrede gauper er sannsynligheten for rett svar tilnærmet lik ved bruk av flere enn to kroppsdeler. Mønstrede gauper har mønster over hele kroppen. Det er derfor tenkelig at det like mye er et helhetsinntrykk av mønsteret på gaupa som er avgjørende for identifikasjon. Uniforme gauper har ofte noe eller svakt mønster på bein og i lyskene (Kubala et al., 2020; Thüler, 2002). En bør derfor benytte seg av så mange ulike kroppsdeler som mulig for å sikkert identifisere uniforme gauper.

4.5 Hvordan vil dette påvirke en reel bestandsestimering

Ved en reell bestandsestimering basert på viltkamerabilder vil alle observasjonene fra en studie sammenliknes opp mot hverandre, og de identifiserbare observasjonene grupperes så til ulike individer basert på pelsmønster. Det er derfor ikke direkte sammenliknbart med undersøkelsen som er gjort i denne studien ettersom det kun er undersøkt om deltakerne greier å skille eller kjenne igjen en og en observasjon sammenliknet med hverandre. Resultatene kan likevel si litt om hvilke feil som forekommer oftest, men ikke gi nøyaktige svar på hvordan disse ville ha påvirket et reelt bestandsestimat.

For å demonstrere hvordan feil grupperinger og feil splitt kan påvirke et bestandsestimat tar jeg utgangspunkt i at denne studiens 143 observasjoner av 34 individer er observasjoner av et ukjent antall ville gauper. Ved en reell bestandsestimering ville forskerne forsøkt å sammenlikne alle observasjonene opp mot hverandre. Dette gir maksimalt 143^2 sammenlikninger. En andel på 5% feil gruppering vil utgjøre maksimalt 1022 enkelthendelser av feil gruppering. Dette fører til en underestimering, men estimatet vil fortsatt være minst 95% av den reelle bestanden, eller 32 av 34 individer. (Gunnlaugsson & Sigurjonsson, 1990; Stevick et al., 2001). Tar man utgangspunkt i at feil splitt utgjør en andel på 2% av 143^2 sammenlikninger, fører dette til 409 tilfeller av feil splitt. Det betyr ikke at bestanden nødvendigvis overestimeres med 409 «spøkelses-individer», men det viser at selv en lav andel feil splitt kan føre til større feil enn en tilsvarende andel feil grupperinger. Dette er et veldig forenklet regnestykke, men demonstrerer et poeng som støttes av andre studier. For feil splitt vil flere observasjoner føre til større bias i bestandsestimering, uavhengig av faktisk antallet individer. Selv en lav andel feil splitt kan påvirke det endelige bestandsestimatet i stor grad (Creel et al., 2003; Gunnlaugsson & Sigurjonsson, 1990; Stevick et al., 2001; Yoshizaki et al., 2009).

I reelle studier hvor alle observasjonene sammenliknes med hverandre vil ikke feil splitt eller feil gruppering nødvendigvis føre til like store over- eller underestimeringer som andelen feil tilsier. Ved en reell bestandsestimering har man mulighet til å sammenlikne alle observasjoner av gaupe opp mot hverandre. Å utføre flere sammenlikninger vil gi flere muligheter for feil, men også flere muligheter til å vurdere observasjonene. En feil gruppering vil ikke føre til endringer i bestandsestimatet dersom begge individene som blir feil gruppert allerede er individbestemt

tidligere. I et slikt tilfelle vil en observasjon av gaupe A regnes som gaupe B ved en observasjon, men de regnes som ulike individer i andre observasjoner. På samme måte kan «spøkelse-individet» fra en feil splitt grupperes til et annet eksisterende individ (feil gruppering), eller at flere «spøkelses-individer» blir feil gruppert sammen. Denne typen feil er omtalt som «shifting errors» i Johansson et al. (2020).

Creel et al. (2003) undersøkte hvilken effekt feilidentifisering av ulv ved DNA analyse har for bestandsestimatene. Studien viser til at feil splitting kan føre til grov overestimering av en bestand. Ved DNA analyser vil antakelig ikke «shifting errors» ettersom feilidentifiserte DNA sekvenser fra ulike individer ikke vil forveksles med hverandre. Studien konkluderer med at dersom en andel feilidentifiseringer uansett vil skje, bør også prøver med delvis «match» grupperes for å unngå feil splitt. Dette er viktige poeng som også kan benyttes for å øke nøyaktigheten ved visuell individbestemmelse av gaupe. For å gruppere observasjoner er det tilstrekkelig med likt pelsmønster på noen kroppsdelene. For å splitte observasjoner kreves det derimot flere kroppsdelene med helt ulikt pelsmønster og ingen kroppsdelene med tilsvarende mønster. Dette kan føre til «bevisst» feil gruppering, som igjen vil føre til underestimering av en bestand. Selv om estimatet er en underestimering, vil det være mer nøyaktig. En 10% feilgruppering vil fortsatt gi estimat på minst 90% av reell bestand.

Noe annet som kan påvirke en reell bestandsestimering er antakelsen at gauper har pelsmønster som ikke endrer seg gjennom dyrets levetid. Det finnes lite litteratur som tar for seg hvorvidt pelsmønsteret hos gauper endrer seg, eller kan endre seg i løpet av livstiden. Om pelsmønsteret kan endre seg vil man få et «merketap» i en eventuell bestandsestimering. Merketap er et begrep som brukes i fangst-gjenfangststudier og betyr at ett eller flere av de «merkede» eller identifiserte individene ikke lengre lar seg identifisere. Om det opprinnelige individet med «merket» ikke lengre kan kjennes igjen, vil det regnes som dødt, og individet uten «merket» vil regnes som et nytt individ. Om endringene i pelsmønsteret kun er synlig ved noen observasjoner som for eksempel kun i vinterpels eller kun på IR-nattbilder, kan det samme individet regnes som to individer som lever samtidig (Yoshizaki et al., 2009). Dette kan føre til systematiske feil i en bestandsestimering. Om kjennetegn derimot er usynlige på enkelte bildeserier grunnet bildekvalitet, IR-blits eller liknende er dette ikke et «merketap», men kun et uidentifiserbart individ. Dette vil ikke gi systematisk feil, bare høyere usikkerhet. Det kan derimot diskuteres om

enkeltindivider som oftere ikke lar seg identifisere eksempelvis uniforme gauper, kan regnes som systematiske feil. Tar man utgangspunkt i at et mønstret individ lar seg identifisere 90% av gangene det passerer en kamerastasjon, men et uniformt individ kun lar seg identifisere 60% av gangene kan dette føre til systematiske feil i en studie. Ved en reell studie vil enkelte uniforme individer kanskje ikke bli identifisert i det hele tatt, ettersom rundt 40% av sammenlikningene i denne studien ble vurdert til å være uidentifiserbare.

5. Konklusjon

Visuell individbestemmelse av gaupe kan gjøres med høy nøyaktighet og relativt god presisjon med noen forbehold. Individbestemmelsen bør utføres av erfarne personer, og det bør ikke benyttes kamera med IR-blits. Metoden er ikke egnet for gaupebestander med høy andel uniforme gauper ettersom disse vil gi høyere usikkerhet og høyere sannsynlighet for feil. Andelen feil følger antallet observasjoner, uavhengig av antallet individer. Metodikken er derfor mindre egnet for å beregne hele bestander hvor en vil få mange observasjoner.

Om metodikken skal benyttes for hele bestander bør de som utfører individbestemmelsen, i den grad det er mulig, ikke gjøre feil som kan føre til feil splitt. Dette fordi selv en lav andel feil splitt kan overestimere bestanden kraftig. Dette kan unngås ved å ha lavere krav til gruppering og høyere krav til splitting av observasjoner. Selv om dette kan føre til en nærmest «bevisst» feil gruppering av observasjoner, vil en allikevel få rimelig realistiske bestandsestimater.

Metodikken er antakelig ikke relevant for nasjonal bestandsestimering av gaupe i Norge, eller i andre Skandinaviske land. Ettersom vi har en høy andel uniforme gauper som vil føre til systematiske feil, og gi høyere usikkerhet. Samtidig er bestanden i Skandinavia spredt over hele den Skandinaviske halvøy, og det vil kreve en enorm innsats for å få observasjoner av et tilstrekkelig antall individer. Metoden kan derimot benyttes med høy sikkerhet i enkelt-tilfeller, som for å skille eller slå sammen to fotograferte observasjoner av familiegrupper. Dette kan være et tilskudd i tillegg til tradisjonell sporing og avstandskriterier, spesielt i områder med lite snø og derfor dårlig sporingsforhold. Fotograferte familiegrupper bør kunne bestemmes med høy sikkerhet ettersom pelsmønster fra både hundyet og ungene kan benyttes.

Det bør gjøres videre studier med tilsvarende oppsett som Johansson et al. (2020) og Bohnett et al. (2023) med gaupe, for å undersøke hvordan utfallene av de ulike feilene faktisk vil påvirke et reelt bestandsestimat. En slik studie bør inkludere nattbilder med hvit-LED blits i tillegg til IR, og kan inkludere kunstig intelligens eller andre mønstergjenkjenningsprogrammer i samarbeid med en eller flere erfarne deltakere.

6. Litteraturliste

- Alexander, J. S., Zhang, C., Shi, K. & Riordan, P. (2016). A granular view of a snow leopard population using camera traps in Central China. *Biological Conservation*, 197: 27-31.
- Andrén, H., Linnell, J. D., Liberg, O., Ahlqvist, P., Andersen, R., Danell, A., Franzén, R., Kvam, T., Odden, J. & Segerström, P. (2002). Estimating total lynx *Lynx lynx* population size from censuses of family groups. *Wildlife biology*, 8 (4): 299-306.
- Avgan, B., Zimmermann, F., Güntert, M., Arıkan, F. & Breitenmoser, U. (2014). The first density estimation of an isolated Eurasian lynx population in southwest Asia. *Wildlife Biology*, 20 (4): 217-221.
- Balme, G. A., Hunter, L. T. B. & Slotow, R. (2009). Evaluating Methods for Counting Cryptic Carnivores. *The Journal of Wildlife Management*, 73 (3): 433-441.
- Barea-Azcón, J. M., Virgós, E., Ballesteros-Duperón, E., Moleón, M. & Chiroso, M. (2007). Surveying carnivores at large spatial scales: a comparison of four broad-applied methods. *Biodiversity and Conservation*, 16 (4): 1213-1230. doi: 10.1007/s10531-006-9114-x.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67 (1): 1 - 48. doi: 10.18637/jss.v067.i01.
- Bohnett, E., Faryabi, S. P., Lewison, R., An, L., Bian, X., Rajabi, A. M., Jahed, N., Rooyesh, H., Mills, E. & Ramos, S. (2023). Human expertise combined with artificial intelligence improves performance of snow leopard camera trap studies. *Global Ecology and Conservation*, 41: e02350.
- Cheema, G. S. & Anand, S. (2017). *Automatic detection and recognition of individuals in patterned species*. Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases: European Conference, ECML PKDD 2017, Skopje, Macedonia, September 18–22, 2017, Proceedings, Part III 10: Springer.
- Creel, S., Spong, G., Sands, J. L., Rotella, J., Zeigle, J., Joe, L., Murphy, K. M. & Smith, D. (2003). Population size estimation in Yellowstone wolves with error-prone noninvasive microsatellite genotypes. *Molecular ecology*, 12 (7): 2003-2009.
- Darul, R., Gavashelishvili, A., Saveljev, A. P., Seryodkin, I. V., Linnell, J. D., Okarma, H., Bagrade, G., Ornicans, A., Ozolins, J. & Männil, P. (2022). Coat Polymorphism in

- Eurasian Lynx: Adaptation to Environment or Phylogeographic Legacy? *Journal of Mammalian Evolution*, 29 (1): 51-62.
- Dickman, A. J., Hazzah, L., Carbone, C. & Durant, S. M. (2014). Carnivores, culture and ‘contagious conflict’: Multiple factors influence perceived problems with carnivores in Tanzania’s Ruaha landscape. *Biological Conservation*, 178: 19-27.
- Dul’a, M., Bojda, M., Chabanne, D. B., Drengubiak, P., Hrdý, L., Krojerová-Prokešová, J., Kubala, J., Labuda, J., Marčáková, L. & Oliveira, T. (2021). Multi-seasonal systematic camera-trapping reveals fluctuating densities and high turnover rates of Carpathian lynx on the western edge of its native range. *Scientific reports*, 11 (1): 1-12.
- Elff, M. (2022). *mclogit: Multinomial Logit Models, with or without Random Effects or Overdispersion*. Tilgjengelig fra: <https://CRAN.R-project.org/package=mclogit>.
- Foster, R. J. & Harmsen, B. J. (2012). A critique of density estimation from camera-trap data. *The Journal of Wildlife Management*, 76 (2): 224-236.
- Gervasi, V., Nilsen, E. B., Sand, H., Panzacchi, M., Rauset, G. R., Pedersen, H. C., Kindberg, J., Wabakken, P., Zimmermann, B. & Odden, J. (2012). Predicting the potential demographic impact of predators on their prey: a comparative analysis of two carnivore–ungulate systems in Scandinavia. *Journal of Animal Ecology*, 81 (2): 443-454.
- Gervasi, V., Odden, J., Linnell, J. D., Persson, J., Andrén, H. & Brøseth, H. (2013). Re-evaluation of distance criteria for classification of lynx family groups in Scandinavia.
- Gil-Sánchez, J. M., Moral, M., Bueno, J., Rodríguez-Siles, J., Lillo, S., Pérez, J., Martín, J. M., Valenzuela, G., Garrote, G. & Torralba, B. (2011). The use of camera trapping for estimating Iberian lynx (*Lynx pardinus*) home ranges. *European Journal of Wildlife Research*, 57 (6): 1203-1211.
- Gimenez, O., Gatti, S., Duchamp, C., Pichenot-Germain, E., Laurent, A., Zimmermann, F. & Marboutin, E. (2019). *Spatial density estimates of Eurasian lynx (Lynx lynx) in the French Jura and Vosges Mountains*.
- Gunnlaugsson, T. & Sigurjonsson, J. (1990). A note on the problem of false positives in the use of natural marking data for abundance estimation. *Report of the International Whaling Commission*, 12: 143-145.
- Harmsen, B. J. (2006). *The use of camera traps for estimating abundance and studying the ecology of jaguars (Panthera onca)*: University of Southampton.

- Herfindal, I., Linnell, J. D., Odden, J., Nilsen, E. B. & Andersen, R. (2005). Prey density, environmental productivity and home-range size in the Eurasian lynx (*Lynx lynx*). *Journal of Zoology*, 265 (1): 63-71.
- Jackson, R. M., Roe, J. D., Wangchuk, R. & Hunter, D. O. (2006). Estimating snow leopard population abundance using photography and capture-recapture techniques. *Wildlife Society Bulletin*, 34 (3): 772-781.
- Johansson, Ö., Samelius, G., Wikberg, E., Chapron, G., Mishra, C. & Low, M. (2020). Identification errors in camera-trap studies result in systematic population overestimation. *Scientific reports*, 10 (1): 1-10.
- Kaczensky, P., Chapron, G., von Arx, M., Huber, D., Andrén, H. & Linnell, J. (2013). Status, Management and Distribution of Large Carnivores – Bear, Lynx, Wolf and Wolverine in Europe. Part 1. *IUCN/SSC Large Carnivore Initiative for Europe*. doi: 10.13140/RG.2.2.11382.88645.
- Karanth, K. U. (1995). Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture—recapture models. *Biological conservation*, 71 (3): 333-338.
- Karanth, K. U. & Nichols, J. D. (1998). Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, 79 (8): 2852-2862.
- Kleven, O., Andersskog, I. P. Ø., Brandsegg, H., Eriksen, L., Spets, M. H., Königsson, H., Spong, G., Milleret, C., Dupont, P. & Bischof, R. (2022). DNA-basert overvåking av den skandinaviske jervebestanden 2021.
- Krange, O., Odden, J., Skogen, K., Linnell, J. D., Stokland, H. B., Vang, S., & Mattisson, J. (2016). *Evaluering av regional rovviltforvaltning*.: NINA.
- Kubala, J., Gregorová, E., Smolko, P., Klinga, P., Il'ko, T. & Kaňuch, P. (2020). The coat pattern in the Carpathian population of Eurasian lynx has changed: a sign of demographic bottleneck and limited connectivity. *European journal of wildlife research*, 66 (1): 1-11.
- Linnell, J. D., Breitenmoser, U., Breitenmoser-Würsten, C., Odden, J. & von Arx, M. (2009). Recovery of Eurasian lynx in Europe: what part has reintroduction played. *Reintroduction of top-order predators*: 72-91.
- Linnell, J. D., Mattisson, J. & Odden, J. (2021). Extreme home range sizes among Eurasian lynx at the northern edge of their biogeographic range. *Ecology and Evolution*, 11 (10): 5001-5009.

- Lenth, R. V. (2023). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means.
<https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>
- Mattisson, J., Brøseth, H. & Nilsen, E. B. (2020). Antall familiegrupper, bestandsestimat og bestandsutvikling for gaupe i Norge i 2020.
- Nipko, R. B., Holcombe, B. E. & Kelly, M. J. (2020). Identifying individual jaguars and ocelots via pattern-recognition software: comparing HotSpotter and Wild-ID. *Wildlife Society Bulletin*, 44 (2): 424-433.
- Norouzzadeh, M. S., Nguyen, A., Kosmala, M., Swanson, A., Palmer, M. S., Packer, C. & Clune, J. (2018). Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115 (25): E5716-E5725.
- Odden, J., Mattisson, J., Gervasi, V. & Linnell, J. D. (2014). *Gaupas predasjon på sau-en kunnskapsoversikt*: Norsk institutt for naturforskning.
- Odden, J. (2015). Bruk av viltkamera i overvåking av gaupe. Et pilotstudie i tre områder på Østlandet.
- Odden, J., Thorsen, N. H., Tvete, K. O., Rørågen, S., Bahlk, S. & Linnell, J. D. (2022). Intensiv overvåking av gaupe med kamerafeller på Nordmøre 2021.
- Ogada, M. O., Woodroffe, R., Ouge, N. O. & Frank, L. G. (2003). Limiting depredation by African carnivores: the role of livestock husbandry. *Conservation biology*, 17 (6): 1521-1530.
- Palmero, S., Belotti, E., Bufka, L., Gahbauer, M., Heibl, C., Premier, J., Weingarth, K. & Heurich, M. (2021). A decade of systematic camera trapping in two strictly protected areas reveals the demography of a Eurasian lynx (*Lynx lynx*) population in Central Europe.
- Pesenti, E. & Zimmermann, F. (2013). Density estimations of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the Swiss Alps. *Journal of Mammalogy*, 94 (1): 73-81.
- Podgórski, T., Acevedo, P., Apollonio, M., Berezowska-Cnota, T., Bevilacqua, C., Blanco, J., Borowik, T., Garrote, G., Huber, D. & Keuling, O. (2020). Guidance on estimation of abundance and density of wild carnivore population: methods, challenges, possibilities. *EFSA Supporting Publications*, 17 (11).

- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. Tilgjengelig fra: <https://www.R-project.org/>.
- Rigg, R., Find'o, S., Wechselberger, M., Gorman, M. L., Sillero-Zubiri, C. & Macdonald, D. W. (2011). Mitigating carnivore–livestock conflict in Europe: lessons from Slovakia. *Oryx*, 45 (2): 272-280.
- Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D. & Meek, P. (2013). “ Which camera trap type and how many do I need?” A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix*, 24. doi: 10.4404/hystrix-24.2-8789.
- Schadt, S., Revilla, E., Wiegand, T., Knauer, F., Kaczensky, P., Breitenmoser, U., Bufka, L., Červený, J., Koubek, P. & Huber, T. (2002). Assessing the suitability of central European landscapes for the reintroduction of Eurasian lynx. *Journal of Applied Ecology*, 39 (2): 189-203.
- Slijepčević, V., Sindičić, M., Ivanov, G., Kusak, J., Tomaić, J., Budinski, I., Selanec, I., Blašković, S., Toplicanec, I. & Gomerčić, T. (2021). Rasprostranjenost i najmanja veličina populacije euroazijskog risa (*Lynx lynx*) u Hrvatskoj u razdoblju 2018.–2020. Distribution and minimum population size of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Croatia in the period 2018–2020. *Šumarski list*, 145: 525-533. doi: 10.31298/sl.145.11-12.2.
- Soisalo, M. K. & Cavalcanti, S. M. (2006). Estimating the density of a jaguar population in the Brazilian Pantanal using camera-traps and capture–recapture sampling in combination with GPS radio-telemetry. *Biological conservation*, 129 (4): 487-496.
- Stevick, P. T., Palsbøll, P. J., Smith, T. D., Bravington, M. V. & Hammond, P. S. (2001). Errors in identification using natural markings: rates, sources, and effects on capture recapture estimates of abundance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58 (9): 1861-1870.
- Thüler, K. (2002). *Spatial and temporal distribution of coat patterns of Eurasian Lynx (Lynx lynx) in two re-introduced populations in Switzerland: KORA, Koordinierte Forschungsprojekte zur Erhaltung und zum Management der*
- Tobler, M. W. & Powell, G. V. N. (2013). Estimating jaguar densities with camera traps: Problems with current designs and recommendations for future studies. *Biological Conservation*, 159: 109-118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.12.009>.

- Treves, A. & Karanth, K. U. (2003). Human-carnivore conflict and perspectives on carnivore management worldwide. *Conservation biology*, 17 (6): 1491-1499.
- Van Belleghem, S. M., Papa, R., Ortiz-Zuazaga, H., Hendrickx, F., Jiggins, C. D., Owen McMillan, W. & Counterman, B. A. (2018). patternize: An R package for quantifying colour pattern variation. *Methods in Ecology and Evolution*, 9 (2): 390-398.
- Weingarth, K., Heibl, C., Knauer, F., Zimmermann, F., Bufka, L. & Heurich, M. (2012). First estimation of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) abundance and density using digital cameras and capture–recapture techniques in a German national park. *Animal biodiversity and conservation*, 35 (2): 197-207.
- H. Wickham. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag. Tilgjengelig fra: <https://ggplot2.tidyverse.org>.
- Wikenros, C., Sand, H., Bergström, R., Liberg, O. & Chapron, G. (2015). Response of moose hunters to predation following wolf return in Sweden. *PloS one*, 10 (4): e0119957.
- Yoshizaki, J., Pollock, K. H., Brownie, C. & Webster, R. A. (2009). Modeling misidentification errors in capture–recapture studies using photographic identification of evolving marks. *Ecology*, 90 (1): 3-9.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway