

Linköpings universitet
Institutionen för Fysik, Kemi och Biologi

Uppskattning av vildsvinspopulationens storlek på nationell och regional nivå: ett gömt tillstånd med flera imperfekta observationer

Tom Lindström, Román Aguirre Perez, György Barabás

2025 November 30

LiU-DNR IFM-2024-00382

Sammanfattning

Som en del i regeringsuppdraget LI2024/00452 har Linköpings Universitet ett deluppdrag med målet att utveckla en metod för att uppskatta populationens storlek. I uppdraget utvecklades en Bayesiansk state-space-modell för att uppskatta den svenska vildsvinspopulationens storlek på nationell och regional nivå. Modellen integrerar tre huvudsakliga datakällor: jaktstatistik från Svenska Jägareförbundet, viltolyckor rapporterade till polisen samt observationer av vildsvin från Svensk fågeltaxerings standardrutter. Genom att kombinera dessa delvis imperfekta och heterogena datakällor kan modellen samtidigt beskriva den underliggande populationsdynamiken och de processer som genererar observationerna.

Analysen bygger på en förenklad biologisk modell med två åldersklasser (juveniler och adulter) och inkluderar åldersspecifik reproduktion, naturlig mortalitet, jaktmortalitet och mortalitet i trafik. Resultaten visar att vildsvinspopulationen för jaktåret 2024/2025 uppskattas till cirka 448 000 individer i genomsnitt (med ett 95% trovärdighetsintervall mellan 371 000 och 537 000). Resultaten av analysen indikerar att jaktintensiteten ökade kraftigt runt 2019–2020, vilket temporärt bromsade populationstillväxten. Därefter har jakttrycket minskat, och populationen fortsätter öka.

I rapporten belyser vi även begränsningar och möjliga vidareutvecklingar, exempelvis förbättrade biologiska modeller, inkorporering av ytterligare datakällor såsom viltkameror samt högre rumslig upplösning. Den föreslagna metoden bedöms ha stor potential som ett informationsverktyg för att skatta vildsvinsstammens storlek och prediktera framtida vildsvinspopulationen under olika förvaltningsscenarier.

English summary

As part of the government assignment LI2024/00452, Linköping University has been given a sub-assignment with the objective of developing a method to estimate population size. Within this assignment, a Bayesian state-space model was developed to estimate the size of the Swedish wild boar population at both national and regional levels. The model integrates three main data sources: hunting statistics from the Swedish Hunters' Association, wildlife-vehicle collisions reported to the police, and observations of wild boar from the Swedish Bird Survey's standard routes. By combining these partially imperfect and heterogeneous data sources, the model can simultaneously describe the underlying population dynamics and the processes that generate the observations.

The analysis is based on a simplified biological model with two age classes (juveniles and adults) and includes age-specific reproduction, natural mortality, hunting mortality, and traffic-related mortality. The results show that the wild boar population for the 2024/2025 hunting year is estimated at approximately 448,000 individuals on average (with a 95% credible interval from 371,000 to 537,000). The analysis further indicates that hunting intensity increased sharply around 2019–2020, which temporarily slowed population growth. Since then, hunting pressure has decreased, and the population continues to increase.

The report also highlights limitations and possible future developments, such as improved biological models, the incorporation of additional data sources such as camera traps, and higher spatial resolution. The proposed method is considered to have strong potential as an information tool for estimating the size of the wild boar population and for predicting future population development under different management scenarios.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
1 Bakgrund	4
2 Data	4
2.1 Jakt	4
2.2 Viltolyckor och trafik	5
2.3 Standardrutter	7
3 Bayesiansk state-space-modellering	7
3.1 Biologisk modell	9
3.2 Observationsmodeller för jakt, viltolyckor och ruttobservationer	9
3.3 Beräkningar	10
4 Resultat av analysen	10
5 Begränsningar och vidareutvecklingar	13
5.1 Den biologiska modellen	13
5.2 Modell för jakt	13
5.3 Modell för trafikolyckor	14
5.4 Rumslig upplösning och autokorrelation	14
5.5 Fler datakällor	14
6 Ytterligare användningsområden	15
7 Slutsatser och rekommendationer	16

1 Bakgrund

Den svenska vildsvinsstammen har ökat kraftigt de senaste decennierna, och idag fälls fler vildsvin än något annat klövvilt. Vildsvinens biologisk re-invasion har haft stora konsekvenser för samhället. Vildsvin orsakar stora skador på grödor och är det vilt som näst oftast (efter rådjur) förekommer i rapporterade viltolyckor. Vildsvinsstammen är även potentiellt en viktig reservoar för patogener som kan smitta människor och djur. Trots detta saknas tillförlitliga uppskattningar om stammens storlek.

Regeringen har gett Naturvårdsverket uppdraget (diarienummer: LI2024/00452) att ta fram en åtgärdsplan för effektiv vildsvinsförvaltning. Inom uppdraget finns flera deluppdrag, varav ett är att ta fram en metod för populationsuppskattning av vildsvinspopulationen i Sverige. Linköpings Universitet (LiU) tilldelades ett uppdrag (ärendenummer NV-05201-24) med målet att utveckla en statistisk modell med specifikationskravet att populationsstorleken ska uppskattas på nationell och regional nivå. Datakällor som ska inkluderas är jaktdata från Svenska Jägareförbundet (SJF), viltolyckor, samt observationsdata från Svensk fågeltaxerings inventeringsprogram med standardrutter, som (trots namnet) även registrerar observationer av stora däggdjur. Den statistiska modellen ska även förberedas för att kunna inkorporera ytterligare datakällor, varav viltkameror är prioriterat. För ändamålet ingick i uppdraget att samarbeta med Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU Vilt, fisk och miljö) och projektet Viltbild. I uppdraget har även ingått att samarbeta med SLU Grimsö forskningsstation för att inkorporera *a-priori* kunskap om vildsvinens demografiska parametrar i det statistiska ramverket, resultat av vilket kommer levereras i början av 2026.

Denna tekniska rapport beskriver metodutveckling och presenterar preliminära resultat. Modellen är anpassad för att analysera data och uppskatta viltpopulationens storlek och tillväxt över tid på länsnivå, men vi fokuserar i den här rapporten på nationella resultat. Rapporten redovisar även områden som bör vidareutvecklas och föreslår möjliga användningsområden bortom syftet att uppskatta vildsvinspopulationens storlek.

2 Data

I uppdraget har en metodik utvecklats som uppskattar den svenska vildsvinsstammen från flera datakällor. Vissa jaktvårdskretsar (eller kommuner) har bytt länstillhörighet under perioden, och alla data har kopplats geografiskt till de län de tillhör idag, oavsett tidigare administrativ tillhörighet.

2.1 Jakt

Bortsett från vilt som omfattas av licensjakt, till exempel älg och stora rovdjur, föreligger i Sverige ingen skyldighet att rapportera fällt vilt. För viltarter med allmän jakt i

jaktförordningens bilaga 1 har Svenska Jägareförbundet i uppdrag att skatta antalet individer som fällts, vilket i huvudsak grundas på rapporter som lämnas på frivillig basis i plattformen Viltdata.¹ Uppgifterna rapporteras på jaktlagsnivå (inte av individuella jägare) och inkluderar antalet individer som skjutits av respektive art tillsammans med jaktområdets areal och i vilken jaktvårdskrets det ligger. Eftersom rapportering är frivillig behöver antalet fällda individer för den icke rapporterade arealen skattas. I dag görs detta med en metod kallad Bayesian Hierarchical and Autoregressive Estimation of Hunting Harvest (BaHAREHH, Lindström och Bergqvist 2022). Nationella Markttäckedata (NMD) används för att estimerar den totala jaktbara arealen. Andelen av arealen som rapporteras varierar mellan år från omkring 30% till 40% och med stor variation över landet, från inga rapporter till komplett täckning av arealen.

Rapporteringen följer jaktårets tidsperiod, 1 juli–30 juni. Jaktår är därför den begränsande faktorn vad gäller temporal upplösning av data. Vi refererar till respektive jaktår med året för jaktårets början, och den senaste uppskattningen av vildsvinspopulationen gäller alltså för perioden 1 juli 2024–30 juni 2025.

Med BaHAREHH uppskattas antalet fällda individer på nivåerna jaktvårdskrets, län och nationellt från och med jaktåret 2003. Den statistiska modellen "lånar styrka" i tid (modellparametrarna delas hierarkiskt mellan närliggande år) och rum (modellparametrarna delas hierarkiskt mellan kretsar och län). Modellens temporala struktur innebär att nya observationer kan påverka skattningar för tidigare år. I uppdraget användes modellskattat jaktuttag baserat på rapporter i Viltdata från jaktåret 2003–2024.

2.2 Viltolyckor och trafik

Sedan lagstiftningen trädde i kraft 2010 föreligger rapporteringsskyldighet vid sammanstötning med bland annat vildsvin. Data i både rå och aggregerad form tillhandahålls via den nationella databasen för viltolyckor² från och med 2015. Data för perioden 2010–2014 har tillhandahållits av Polismyndigheten. Dessa data är inte validerade i samma utsträckning, men i avvägningen mellan att exkludera dem helt eller inkludera dem med en brasklapp valdes det senare eftersom de inte avsevärt avvek från senare data på den nivå vi använder dem här.

En viltolycka förutsätter förekomst av både fordonstrafik och vilt. Allt annat lika förväntas olycksförekomst vara proportionell mot både trafikmängd och populationsstorlek. Det vill säga, en ökning av viltolyckor skulle kunna reflektera en ökning av trafiken, viltpopulationen eller båda.

För att urskilja effekten av ökat vilt från ökad trafikmängd behövs därför en trafikmängdsrelaterad variabel som offset. Information om Sveriges vägnät finns tillgängligt via Nationella Vägdata-basen på Trafikverkets plattform.³ Data inkluderar väghållare som enskild, kommunal eller statlig, men det är endast i det senare fallet som trafikmängden uppskattas i standardiserad form. Det är ett potentiellt problem eftersom vägnätet i form av sträckning domineras av enskilda vägar. Analyser som genomfördes inom uppdraget har dock visat att rapporterade viltolyckor nästan uteslutande sker i anslutning till statliga vägar. Figur 2.1 visar rapporterade viltolyckor tillsammans med vägnätet för Östergötland för jaktåret 2024. Även om vissa avvikelser med olyckor i anslutning till kommunala (gröna) eller enskilda (grå) vägar förekommer så är det tydligt att nästan alla olyckor sker i nära anslutning till det statliga vägnätet (gula–röda). Vidare kan observeras att få olyckor sker

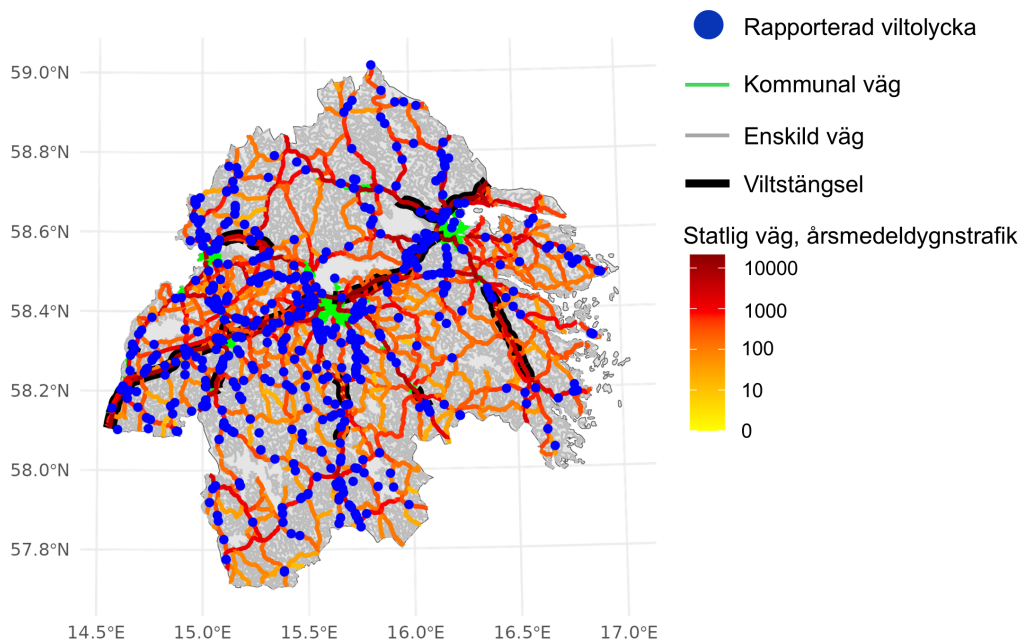
¹<https://www.viltdata.se/>

²<https://statistik.viltolycka.se/>

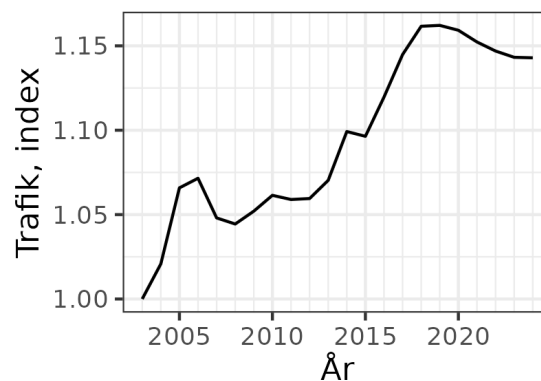
³<https://lastkajen.trafikverket.se>

i anslutning till de vägar som är utrustade med viltstängsel (svarta), trots att dessa vägar har hög årsmedeldygnstrafik. Därför användes årsmedeldygnstrafik på statliga vägar utan viltstängsel som proxy för trafikmängden. Figur 2.2 visar att trafikmängden ökat över tid, en trend som behöver justeras för när trafikolyckor används för populationsuppskattningar.

Viltolyckor rapporteras i regel utan ytterligare information om det individuella vildsvinet, men ibland finns information om huruvida det påkörda djuret är en årsunge eller ej. I brist på annan information antogs att de viltolyckor där informationen fanns tillgänglig var representativ för samtliga rapporterade viltolyckor och att 21% av alla viltolyckor skedde med juveniler.



Figur 2.1: Vägnätet och viltolyckor i Östergötland under jaktåret 2024/2025



Figur 2.2: Indexerad årsmedeldygnstrafik på statliga vägar utan viltstängsel i Sverige från jaktåret 2003/2004 till och med 2024/2025

2.3 Standardrutter

Svensk fågeltaxering har flera inventeringsprogram, varav inventeringen av standardrutterna är ett. Programmet omfattar 716 rutter, systematiskt utlagda med ett inbördes avstånd om 25 km (Figur 2.3). Varje standardrutt är 8 km lång och följer en kvadratisk slinga. Inventeringen utförs genom medborgarvetenskap av frivilliga observatörer, främst under sensvåren. Samtliga rutter besöks inte alla år, men de som exkluderas ett år prioriteras efterföljande inventering. Vid inventering dokumenteras observationer av fåglar och, sedan 2011, även större däggdjur i inventeringen.



Figur 2.3: Standardrutternas position.

Data till och med inventeringsår 2024 från Lindström och Green (2025) inkluderades i uppdraget. Observationer aggregerades till jaktår och standardrutt, och, baserat på ruttens koordinater, kopplades varje rutt till län.

3 Bayesiansk state-space-modellering

Under 1990-talet och början av 2000-talet debatterades för- och nackdelar med Bayesiansk statistik inom ekologisk forskning. Debatten ledde inte till någon entydig slutsats, och idag är Bayesiansk statistik ett etablerat verktyg bland andra för ekologiska studier där paradigmatets för- och nackdelar vägs mot varandra. Bland nackdelarna (jämfört med frekventistisk statistik) kan följande nämnas:

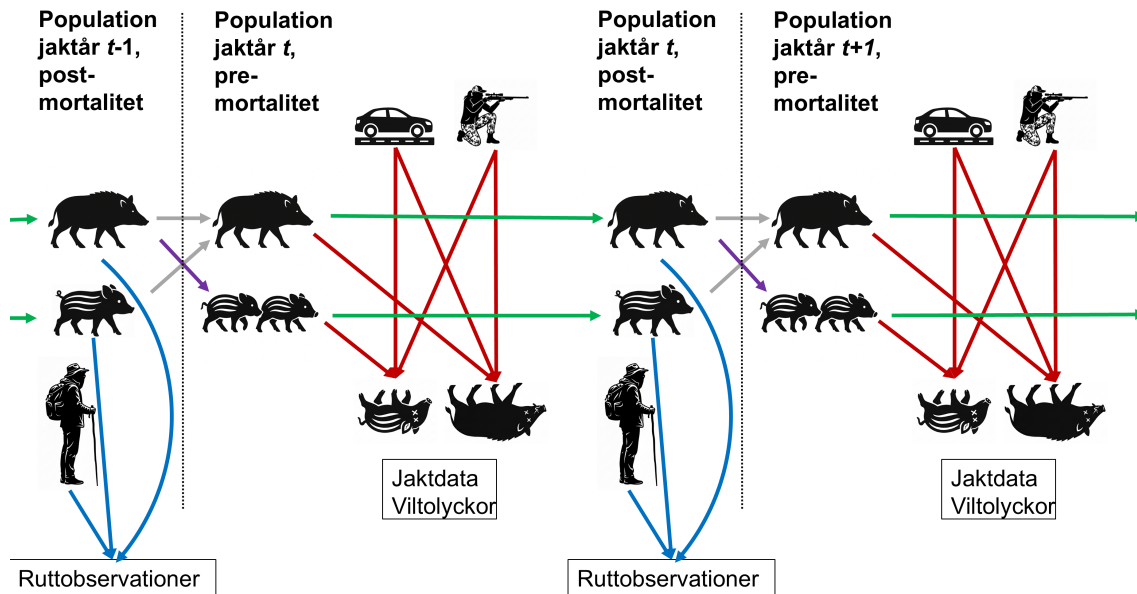
- nödvändighet att inkludera *a priori*-kunskap i analysen.
- behov av metoder som i vissa fall är beräkningsintensiva.

Fördelarna, vilka samtliga gör Bayesiansk statistik lämplig för detta uppdrag, inkluderar

- möjlighet att inkludera *a priori*-kunskap i analysen. Vildsvin är en välstuderad art, och vi vet en del om dess biologi.
- en hög grad av flexibilitet i modellstrukturen. Det statistiska ramverket måste vara flexibelt för att kunna inkorporera nu tillgängliga data och utvecklas ytterligare när nya data blir tillgängliga, samtidigt som det behövs en process-modell som avspeglar vildsvinens biologi.
- kvantifiering av osäkerhet, vilken kan inkluderas när modellerna används för prediktion.
- resultat som möjliggör tydlig och transparent kommunikation. Även om de tekniska detaljerna ibland är intrikata och svåra att sätta sig in i utan expertkunskap inom statistisk modellering så är resultaten lätta att tolka; med ett trovärdighetsintervall kan resultaten kommuniceras i stil med att “givet modell, data, och tidigare kunskap är vi 95% säkra på att populationens storlek är mellan X och Y”.

En klass av modeller som utnyttjar flexibiliteten är state-space-modeller. Det finns svenska översättningar av begreppet, till exempel “tillståndsrumsmodell”, men vi använder här den svengelska termen eller dess förkortning, SSM, eftersom den är mer etablerad och intuitiv. Det centrala med SSM-metoder är att parametrar som beskriver en process (här den ekologiska processen för vildsvinens reproduktion och överlevnad) och ett icke-observerbart tillstånd (här populationens storlek och åldersklassfördelning) estimeras från data tillsammans med parametrar som beskriver en eller flera observationsprocesser (King 2012). Metodiken används idag vanligt förekommande inom populationsekologi (Auger-méthé et al. 2021). I Finland används SSM-metoder som ett verktyg i förvaltningen och övervakning av vildsvinspopulationen (Ruha och Kunnasranta 2023).

Figur 3.1 illustrerar den biologiska modellen som utvecklades i uppdraget och hur den biologiska processen relaterar till de datakällor som ingår i analysen.



Figur 3.1: Schematisk beskrivning av den statistiska state-space-modellen. I början av säsongen föder adulterna som överlevt förra säsongen juveniler (lila pilar) och juveniler som överlevde förra säsongen antas växa in i klassen adulterna medan adulterna förblir adulterna (grå pilar). Under säsongen dör både juveniler och adulterna (men med olika sannolikheter) av tre processer: viltolyckor, jakt och naturlig mortalitet (röda pilar). Jakt och viltolyckor är både en observationsprocess som genererar data och en process som reglerar populationsdynamiken. Inventeringsdata från fågeltaxeringens standardrutter är endast en observationsprocess och har ingen feedback på dynamiken.

3.1 Biologisk modell

Processmodellen specificerades som en diskret, åldersstrukturerad modell med två åldersklasser: juveniler och adulterna. Juveniler tillkommer från reproduktion från de adulterna som överlevde föregående jaktår, och de juveniler som överlevde antas växa in i klassen adulterna. Sannolikheten att överleva i avsaknad av jakt och viltolyckor specificerades med åldersklass-specifika parametrar som beskriver takten med vilken de dör naturligt, vilket inkluderar all mortalitet som inte härrör från viltolyckor eller jakt. Angreppssättet möjliggör en integrerad hantering av flera mortalitetsfaktorer utan att antalet individer som dör under ett jaktår överstiger populationens storlek; varje vildsvin kan bara dö en gång.

För att ta hänsyn till variation i reproduktion och naturlig mortalitet definierades en hierarkisk slumpmodell. Genom "partiell poolning" uppskattas en sannolikhetsfördelning som explicit inkluderar temporal variation i varje demografisk parameter. Parametrarna är kopplade till en gemensam fördelning på högre nivå, vilken också uppskattas i modellen. Därigenom definieras parametrarna på ett kontinuum mellan varande samma för alla år eller av varandra helt oberoende.

3.2 Observationsmodeller för jakt, viltolyckor och ruttobservationer

Tre datakällor inkluderades i analysen: jakt, viltolyckor och observationer från fågeltaxeringens standardrutter. Jakt och viltolyckor avviker från observationsprocessen i en typisk SSM eftersom de både producerar data som avspeglar populationens storlek och driver populationsdynamiken. Jakt och viltolyckor modellerades därför som additiv mortalitet

med åldersklassspecifika hastigheter. Den andel av populationen som överlever ett jaktår utgörs av de individer som överlever alla mortalitetskällor (naturlig, jakt och viltolyckor).

För både jakt och viltolyckor inkluderade vi partiell pooling för att tillåta processerna att variera över tid utan att överparameterisera modellen. För viltolyckor inkluderade vi även trafikintensitet som en multiplikativ offset; i avsaknad av trafik uppstår ingen viltolycka, oavsett populationens storlek.

Viltolyckor finns tillgängliga från och med 2010. I stället för att exkludera tidigare år ur analysen modellerade vi viltolyckor som latent variabler för de år där data saknas. Det innebär att antalet viltolyckor som inträffade för år utan data uppskattas i modellen, och frekvensen med vilken de uppkommer varierar enligt samma fördelning som under de år där viltolycksdata finns tillgängliga.

Ruttoobservationerna från fågeltaxeringen har ingen effekt på populationsdynamiken och inkluderades som en renodlad observationsprocess. Det finns begränsat underlag för att dra slutsatser om relationen mellan vildsvinstätheten och det antal individer som observeras i absoluta tal. Därför modellerades väntevärdet för antalet observationer vid en inventering som proportionerlig mot populationsdensiteten. För att ta hänsyn till gruppbildning hos vildsvin modellerades överdispersion på observationsnivå. Om inventeraren ser ett vildsvin är sannolikheten hög att hen ser flera. Slumpvariation applicerades även på ruttbasis för att avspejla att lokalerna varierar med avseende på hur de reflekterar vildsvinsdensiteten i länet. Observationsdata från en rutt användes endast i den statistiska modellen de år rutten inventerades från och med 2011.

3.3 Beräkningar

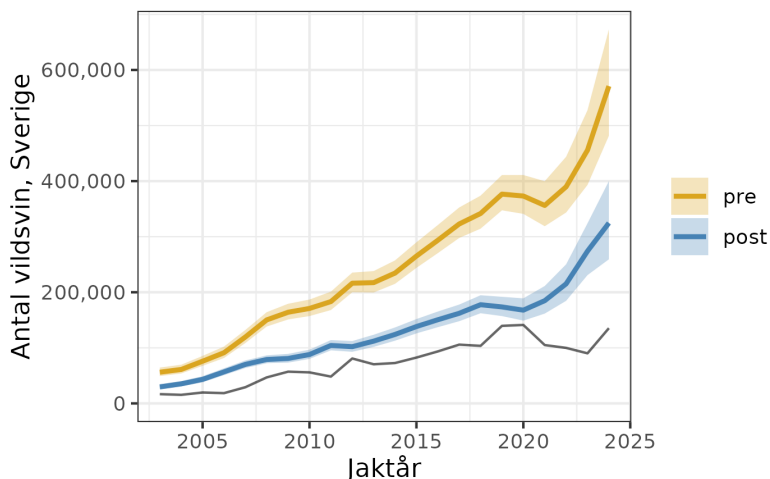
Den SSM som specificerades har hög dimensionalitet, och det krävs effektiva beräkningsmetoder för att utforska parameterutrymmet. I uppdraget utvecklades programmering i Stan, en mjukvara och deklarativt programspråk för Bayesianska beräkningar. Stan använder Hamiltonisk Monte-Carlo-sampling för att beskriva sannolikhetsfördelningen och är ofta betydligt effektivare än andra beräkningsmetoder för modeller med hög dimensionalitet (Monnahan et al. 2017).

Vi formulerade den biologiska modellen grundat på antaganden om en diskret population, det vill säga antalet individer beskrivs som heltal, inte fraktioner av individer. För att möjliggöra beräkningar med Stan, vilket kräver en kontinuerlig gradient att följa vid sampling, approximerade vi diskreta sannolikhetsfördelningar med kontinuerliga motsvarigheter baserat på matchade medel och varians. Analyser med simulerat data visade att approximationen inte nämnvärt påverkar resultaten. Med omparametrisering av parameterutrymmet har vi effektiviserat beräkningarna så att analysen på länsnivå ger resultat på några minuter. Det indikerar att framtida vidareutvecklingar, till exempel för att öka modellens rumsliga upplösning eller integrera ytterligare data, kan genomföras med realiserbar beräkningstid.

Beräkningarna i uppdraget utfördes med beräkningsresurser tillhandahållna av Nationella akademiska infrastrukturen för superdatorkapacitet (NAISS), delvis finansierad av Vetenskapsrådet genom bidragsavtal nr 2022-06725.

4 Resultat av analysen

Modellen applicerades på data från varje län där den BaHAREHH-skattade jakten inte var noll för alla år. Ett undantag var Västernorrlands län, där antalet skjutna individer var så lågt att resultaten inte bedömdes tillförlitliga. Populationen bedöms vara låg, men det går inte att kvantifiera hur låg.



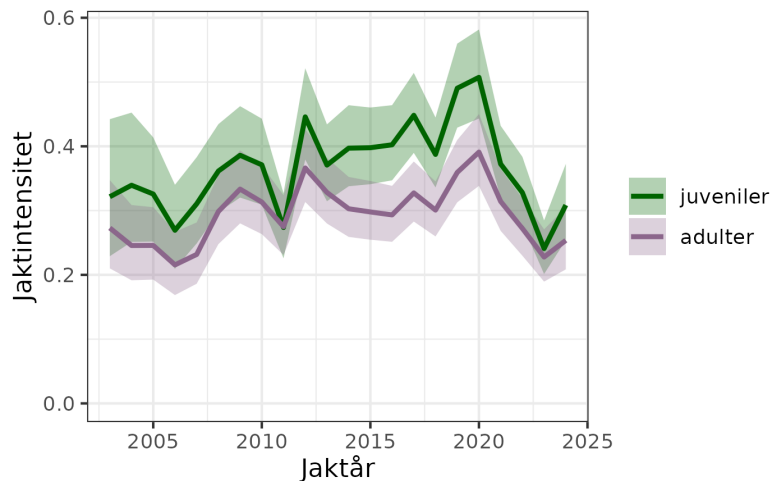
Figur 4.1: Vildsvinspopulationens uppskattade utveckling över tid, representerad med medel (färgade linjer) och 95% trovärdighetsintervall (band), pre- och post-mortalitet. Den svarta linjen indikerar BaHAREHH-skattad jakt.

Modellen omfattar många tusen parametrar. Vi fokuserar här på några av de variabler som är mest relevanta för tolkning av resultaten, främst på nationell nivå, vilka beräknats som areaviktade medelvärden. Det betyder att varje län viktas efter sin geografiska yta. Den totala population som redovisas utgör summan av populationsstorlekarna i alla län och de två åldersklasserna.

Som en del av en åtgärdsplan för effektiv vildsvinsförvaltning var uppdragets syfte att ta fram en metod för att uppskatta den svenska vildsvinsstammens storlek. Med den metod som utvecklats uppskattas den totala vildsvinspopulationen för jaktåret 2024/2025 efter mortalitet (inklusive jakt, viltolyckor och naturlig mortalitet) till 325 000 [260 000, 400 000], där värdena inom hakparenteserna representera det intervall inom vilket analysen är 95% säker att det sanna värdet ligger. Motsvarande värde före mortalitet är 571 000 [482 000, 673 000].

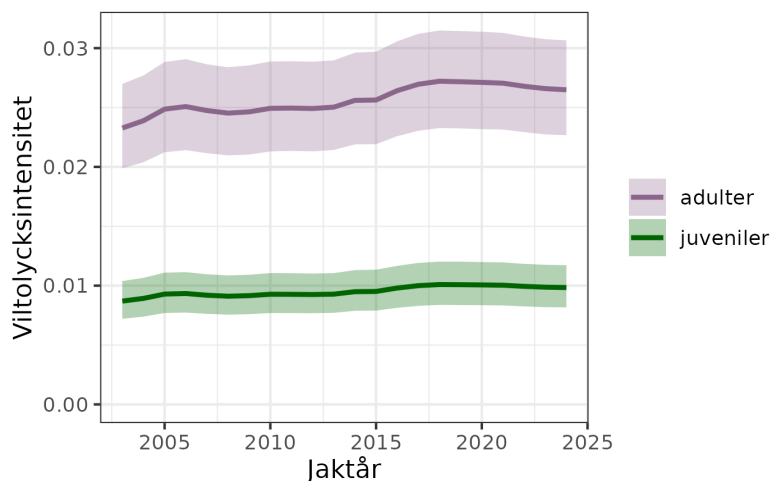
Den biologiska modellen kan ses som en grovkornig men informativ karikatyr av verkligheten. Vildsvin kan föda nya kullingar under hela året, även om grisning främst sker under våren. Mortalitet sker också kontinuerligt under året. Något förenklat kan man anta att den genomsnittliga populationen under året är ett medel av analysens extremer, det vill säga 448 000 [371 000, 537 000]. Men populationens storlek bedöms som närmare uppskattningen före mortalitet i början av sommaren, efter den primära grisningsperioden, och närmare uppskattningen efter mortalitet i slutet av vintern. Utvecklingen av populationen över tid visas i Figur 4.1.

Förutom populationsuppskattningar ger analysen en del ytterligare information av betydelse ur ett förvaltningsperspektiv. Det finns ingen proxy för ansträngning som ligger bakom rapporterad jakt, såsom uppgifter om jaktinsats (exempelvis antal mantimmar). Modellen som utvecklades i uppdraget skattar variation i jaktintensitet, vilket kan tolkas



Figur 4.2: Åldersklass-specifik jaktintensitet, definierat som hastigheten med vilken ett vildsvin dör på grund av jakt, representerad med medel (färgade linjer) och 95% trovärdighetsintervall (band).

som det jakttryck som ett vildsvin utsätts för. Figur 4.2 visar att jaktintensiteten var som högst 2019 och 2020, sannolikt som en effekt av nya regler kring mörkersikten m.m. som infördes 2019. Detta sammanfaller med ett trendbrott med en utplaning eller en temporär nedgång av populationens storlek (Figur 4.1). Från och med 2021 har jaktintensiteten sjunkit igen, och stammens storlek har fortsatt att öka. Även om det BaHAREHH-skattade antalet skjutna vildsvin under jaktåret 2024 är i paritet med de tidigare rekordåren 2019 och 2020 så är jaktintensiteten fortsatt för låg för att reducera den nu större populationen.



Figur 4.3: Åldersklass-specifik intensitet med vilket ett vildsvin är inblandat i en viltolycka, representerad med medel (färgade linjer) och 95% trovärdighetsintervall (band).

Figur 4.3 visar hur takten med vilken ett vildsvin i populationen är inblandat i en viltolycka förändras över tid. Olycksrisken (för ett enskilt vildsvin) samvarierar med förändringen i trafikmängd (Figur 2.2). Risken uppskattas vara högre för adulta vildsvin än för juveniler, vilket avspeglar antagandet att 21% av olyckorna sker med juveniler. Vi har undersökt andra antaganden om fördelningen mellan juveniler och adulter i viltolyckor,

och dessa påverkar den relativa skillnaden mellan åldersklassernas risk för viltolyckor men har minimal effekt på populationsuppskattningarna.

5 Begränsningar och vidareutvecklingar

Det bör understrykas att de resultat som presenteras här är preliminära. Vi inväntar mer informativ *a priori*-kunskap om reproduktion och överlevnad, vilket kan komma att ha större eller mindre påverkan på resultaten. Modellen gör också flera förenklande antaganden som successivt kan testas och modifieras över tid. Nedan redovisas prioriterade områden för vidare modellutveckling.

5.1 Den biologiska modellen

Den biologiska process som specificerats här fångar de grundläggande dragen i vildsvinens biologi, men vi ser flera möjliga utvecklingar som kan öka analysens tillförlitlighet. Här lyfter vi fram två som bedöms särskilt prioriterade.

I modellen antas i nuläget att hälften av populationen är honor, men i verkligheten skiljer sig könen åt med avseende på mortalitet (Keuling et al. 2013). Jakttrycket varierar också mellan könen eftersom sugor som åtföljs av kulingar inte får skjutas. Att explicit modellera kön som separata klasser skulle därför kunna höja precisionen i populationskattningen.

I det statistiska ramverket inkluderas årlig slumpvariation i de demografiska parametrarna, vilket tillåter reproduktion och överlevnad att fluktuera över tid men utan explicita antaganden om vad som driver eventuell variation. En vidareutveckling av modellen kan inkludera förklarande faktorer som påverkar demografiska parametrar. Specifikt bör inomartskonkurrens inkluderas. Det är oklart i vilken utsträckning tillgång på föda påverkar vildsvinens utveckling. Vi identifierade ingen tydlig signal för förändringar i demografiska parametrar över tid, trots att populationen växt väsentligt, men om populationen tillåts fortsätta växa kommer tillgång på föda förr eller senare att bli en begränsande faktor. Att inkludera inomartskonkurrens som en funktion av miljövariabler kan bidra till bättre prediktioner. År med hög tillgång på föda, till exempel under ollonår, förväntas ge högre överlevnad och snabb ökning av populationen (Touzot et al. 2023).

5.2 Modell för jakt

Modellen inkluderar även slumpvariation i jaktintensiteten, och resultaten indikerar betydande år-till-år-variation (Figur 4.2). Även här kan modellen utvecklas för att inkludera effekten av specifika faktorer såsom förändrad lagstiftning eller tekniska hjälpmedel. Tidigare i rapporten anges att den höga jaktintensiteten 2019 och 2020 sannolikt är en effekt av ny jaktlagstiftning. För att testa en sådan hypotes bör effekten av ny lagstiftning inkluderas explicit som en förklarande variabel.

Det finns också anledning att inkludera icke-linjära interaktioner mellan jaktintensitet och viltpopulationens densitet, vilket påvisats i andra system (Kahlert et al. 2015). Riktningen på interaktionen svår att förutsäga i förväg. Å ena sidan kan antalet jakttimmar öka i takt med att populationen tillväxer i ett medvetet försök att kontrollera populationen. Å andra sidan är det möjligt att jaktuttaget planar av även om populationen växer om det saknas

incitament att fortsätta jaga när, till exempel, frysen är full. Både sub- och superlinjär respons är alltså plausibel. Att explicit inkludera interaktionen mellan populationsdensitet och jaktintensitet i analysen kan ge både bättre uppskattning av populationstätheten och insikt om jaktens potential att begränsa populationen.

Skattningar av jakt med BaHAREHH inkluderar ett osäkerhetsintervall, och för att bedöma populationsskattningarnas känslighet för osäkerhet i antalet fällda djur analyserade vi även data baserat på det lägre spannet. Det resulterade i en minskning av den skattade populationen på ca 10%. Osäkerheten i skattad jakt är alltså en faktor som ytterligare ökar osäkerheten i den skattade populationen, en osäkerhetsfaktor som skulle reduceras med ökad rapporteringsgrad. Vidareutvecklingar av SSM-ramverket bör inkludera osäkerhet i jaktuttag. Det statistiskt mest robusta tillvägagångssättet vore att integrera BaHAREHH i SSM-ramverket. Det kommer dock att avsevärt öka beräkningstiden.

5.3 Modell för trafikolyckor

Även trafikmängd kan förväntas uppvisa icke-linjära interaktioner med vildsvinspopulationen. Studier har visat att vilt undviker områden med hög trafikintensitet (Mayer et al. 2021). Viltolyckor är inte den faktor som främst driver populationsdynamiken, men de utgör en viktig observationsprocess. Explicit modellering av icke-linjära samband mellan trafikmängd och populationstäthet kan förbättra precisionen i populationsskattningarna.

Ytterligare information om trafik och vägnät kan också tas in i modellen. I uppdraget har trafikmängd på statliga vägar utan viltstängsel använts som proxy för trafikmängdens påverkan på olycksrisken. Övriga faktorer har fått fångas av variation mellan län samt av modellens slumpvariabler. En vidareutveckling kan med fördel inkludera till exempel hastighetsbegränsningar och infrastruktur såsom viltstängsel, vägtyp eller korsningspunkter.

5.4 Rumslig upplösning och autokorrelation

I uppdraget har vi utvecklat en modell som uppskattar vildsvinspopulationen på länsnivå genom att analysera varje län separat. Ramverket kan förbättras genom partiell poolning mellan geografiska enheter, där alla tillgängliga data analyseras gemensamt. En sådan vidareutveckling skulle minska osäkerheten i populationsuppskattningarna, framför allt på länsnivå.

En hierarkisk modell kan även möjliggöra att populationstätheten kan uppskattas med högre rumslig upplösning, exempelvis till jaktvårdskretsar, vilket är den lägsta nivå på vilken jaktuttaget kan skattas. Ett problem är att jaktvårdskretsar ändras över tid, vilket innebär en försvårande, men inte omöjlig, omständighet att ta hänsyn till i ramverket.

5.5 Fler datakällor

I uppdraget ingick att samarbeta med SLU för att utreda möjligheterna att förena metodiken med datamaterialet och metoderna som tillhandahålls inom projektet Viltbild. Ett sådant projekt skulle ge stora möjligheter att förbättra populationsuppskattningarna. På kort sikt identifieras två prioriterade utvecklingsspår.

En första möjlighet är att använda viltkameror som ytterligare datakälla i en SSM. På samma sätt som observationer från standardrutterna är data från viltkameror en ren observationsprocess som inte påverkar den underliggande populationsprocessen. Men till skillnad från ruttobservationer, som främst tillför information om den relativa densiteten i

olika områden, har data från viltkameror potentialen att ge information om den faktiska densiteten, i alla fall när kameror placerats systematiskt för att undvika bias. Genom att jämföra densitetsuppskattningar från kontrollerade experiment med de data som frivilligt laddas upp från jägares viltkameror, ofta vid åtel, går det att indirekt informera populationsdensiteten i större områden. Ytterligare validering kommer behövas, framför allt för områden som inte ligger i anslutning till studieområden med systematiskt placerade kameror.

En andra möjlighet är att låta resultaten från en SSM ge information till populationsuppskattningarna på en högre rumslig upplösning i kombination med viltkameradata. Den SSM-metod som är tillgänglig idag genererar uppskattningar av populationsstorleken på länsnivå. Dessa kan sedan användas som *a priori*-information för den modell som analyserar data från viltkameror. Populationsskattningar på länsnivå kan därmed nedskalats till skattningar av populationens storlek inom mindre geografiska enheter med hjälp av rumsliga mönster i viltkameradata.

På längre sikt bör modellerna integreras ytterligare för att möjliggöra en biologisk modell med finare rumslig upplösning, där kameradata kan komma att bli en särskilt viktig datakälla. Den finaste upplösningen på vilken jaktdata rapporteras är jaktvårdskrets nivå (oftast en eller flera kommuner), och även om viltolyckor kan kopplas geografiskt till godtycklig rumslig upplösning så kan det låga antalet olyckor i små områden leda till mycket brus och lite signal (även om hierarkisk modellering kan lösa delar av det problemet), framför allt i områden med lite trafik. Här skulle data från viltkameror kunna ge värdefull information. Eftersom projektet Viltbild fortfarande är i sin linda kommer det att dröja innan det finns tillräckligt långa tidsserier med kameradata för att anpassa en biologisk modell till denna datakälla allena. Men som vi visat i uppdraget här, går det att kombinera datakällor med varierande temporal täckning (jaktdata från och med 2003, viltolyckor från och med 2010 och standarddruttr från och med 2011). Genom att kombinera flera datakällor bedöms det möjligt att successivt förbättra den rumsliga upplösningen, även om de beräkningstekniska kraven kommer att vara betydande.

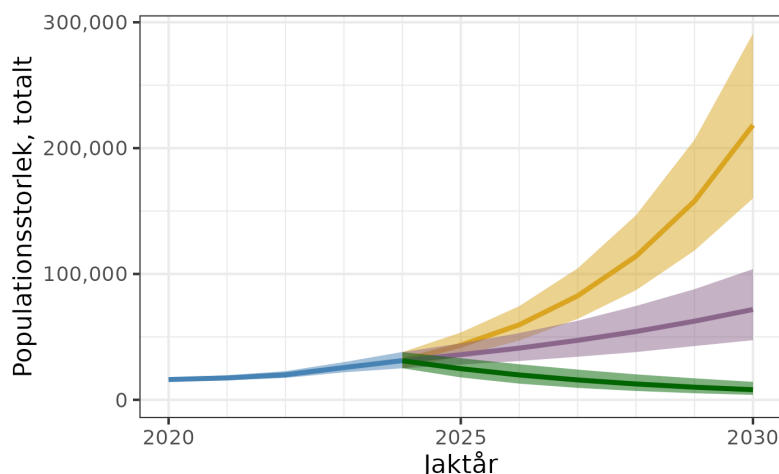
En fördel med Bayesiansk SSM är metodikens flexibilitet, och ytterligare datakällor bedöms kunna minska osäkerheten i modellen. Exempelvis skulle en vidareutveckling av SSM-metodiken även kunna inkludera trikontester, drönarinventeringar, klövobs (enligt samma protokoll som älgobs utförs idag), spillningsinventering, med flera. Individuellt har de flesta datorkällorna brister, men när de integreras i ett gemensamt statistiskt ramverk kan de ställas i relation till varandra och ge en mer heltäckande och robust beskrivning av populationens storlek och utveckling.

6 Ytterligare användningsområden

Syftet med uppdraget var att utveckla en metodik som uppskattar skattar vildsvinspopulationens storlek. Vi vill även lyfta fram några ytterligare användningsområden av ramverket som kan vara av betydelse för viltförvaltning och som framtida beslutsunderlag.

En fördel med att anpassa en biologisk processmodell i det statiska ramverket är att den kan användas för prediktion, till exempel av framtida populationer. Med Bayesiansk state-space-modellering kan osäkerhet kring både den nuvarande populationens storlek och parametrar som styr dynamiken integreras i prognosen. Figur 6.1 visar förväntad populationsutveckling (post-mortalitet) för Östergötland från 2020 tillsammans med olika

scenarios kring jakttryck. Om jaktintensiteten fortgå som den gjort hittills förväntas population mer än dubblas till 2030. En dubbling av jaktintensiteten förväntas leda till en markant minskning av stammen. En halvering av jaktintensiteten bedöms leda till en markant ökning av populationens tillväxttakt. Exemplet visar hur det statistiska ramverket kan användas som stöd för policybeslut och kommunikation kring vildsvin och andra viltstammar.



Figur 6.1: Uppskattad vildsvinspopulation för Östergötland jaktåren 2020–2024, samt förväntad vildsvinspopulation i länet givet olika antaganden om jaktintensitet. Specifik visas prognoser för scenarios där jaktintensiteten följer samma medelvärde och variation som uppvisats de senaste 21 åren (lila) samt halverad (gul) och dubblerad (grön) jaktintensitet. Fördelningarna representeras av medel och 95% trovärdighetsintervall.

Ramverket kan även vidareutvecklas för att utvärdera effekter av olika policybeslut. Om exempelvis nya jaktregler inkluderas som en faktor i analysen är det möjligt att göra *in silico*-prognoser av populationsutvecklingen för ett alternativt scenario där faktorn exkluderas. På motsvarande sätt kan ramverket användas för att utvärdera åtgärder som syftar till att minska viltolyckor.

Ramverket kan även anpassas för andra viltslag, framför allt för arter med motsvarande datatillgång. Rådjur och dovhjort omfattas av allmän jakt enligt jaktförordningens bilaga 1 och samma regelverk för viltolyckor som gäller för vildsvin. Arterna registreras även vid inventering av standardrutterna. Dessutom är dessa arter välstuderade, och det finns god *a priori*-kunskap om deras biologi. Med begränsade justeringar bedöms det därmed möjligt att skatta och prognostisera populationsutvecklingen även för dessa arter.

7 Slutsatser och rekommendationer

I uppdraget har vi utvecklat en state-space-modell, för de typer av data som finns tillgängliga i Sverige. Vi uppskattar vildsvinspopulationens storlek till 448 000 [371 000, 537 000] individer. Resultaten är preliminära och osäkerheten kan minskas genom vidareutvecklingar

av det statistiska ramverket. Vår rekommendation är att metoden successivt förbättras för att reducera osäkerheten i skattningarna av viltstammens storlek.

Metoden bedöms vara ett relevant verktyg för att stödja vildsvinsförvaltningen, både för att uppskatta populationens storlek och för att prognostisera populationsutvecklingen under olika scenarier. Vi gör inga rekommendationer om specifika förvaltningsåtgärder men noterar att populationskurvan pekar uppåt. Prognoser för populationsutvecklingen visar en markant ökning av vildsvinsstammen under oförändrat jakttryck.

Litteraturförteckning

- Auger-méthé, M., Newman, K., Cole, D., Empacher, F., Gryba, R., King, A. A., Leos-barajas, V., Mills Flemming, J., Nielsen, A., Petris, G., Thomas, L., Newman, K., Cole, D., Empacher, F., Gryba, R., King, A. A., Leos-Barajas, V., Mills Flemming, J., Nielsen, A., Petris, G., och Thomas, L. (2021). A guide to state-space modeling of ecological time series. *Ecological Monographs*, 91(4):e01470.
- Kahlert, J., Fox, A. D., Heldbjerg, H., Asferg, T., och Sunde, P. (2015). Functional Responses of Human Hunters to Their Prey — Why Harvest Statistics may not Always Reflect Changes in Prey Population Abundance. *Wildlife Biology*, 21(6):294–302.
- Keuling, O., Baubet, E., Duscher, A., Ebert, C., Fischer, C., Monaco, A., Podgórski, T., Prevot, C., Ronnenberg, K., Sodeikat, G., Stier, N., och Thurfjell, H. (2013). Mortality rates of wild boar *Sus scrofa* L. in central Europe. *European Journal of Wildlife Research*, 59(6):805–814.
- King, R. (2012). A review of Bayesian state-space modelling of capture–recapture–recovery data. *Interface Focus*, 2(2):190 LP – 204.
- Lindström, Å. och Green, M. (2025). Swedish Bird Survey: Fixed routes (Standardrutterna). Technical report.
- Lindström, T. och Bergqvist, G. (2022). Estimating harvest when hunting bag data are reported by area rather than individual hunters: A Bayesian autoregressive approach. *Ecological Indicators*, 141.
- Mayer, M., Coleman Nielsen, J., Elmeros, M., och Sunde, P. (2021). Understanding spatio-temporal patterns of deer-vehicle collisions to improve roadkill mitigation. *Journal of Environmental Management*, 295.
- Monnahan, C. C., Thorson, J. T., och Branch, T. A. (2017). Faster estimation of Bayesian models in ecology using Hamiltonian Monte Carlo. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(3):339–348.
- Ruha, L. och Kunnasranta, M. (2023). Suomen villisikakanta tammikuussa 2023. Technical report, LUKE.
- Touzot, L., Venner, S., Baubet, E., Rousset, C., Gaillard, J. M., och Gamelon, M. (2023). Amplified Cyclicity in Mast Seeding Dynamics Positively Influences the Dynamics of a Seed Consumer Species. *American Naturalist*, 201(1):38–51.