



Beskattning av den svenska vargstammen 2012
(Harvest estimates for the Swedish wolf population 2012)

En rapport till Naturvårdsverket från SKANDULV
(A report to the Swedish Environmental Protection Agency
from SKANDULV)

Olof Liberg, , Guillaume Chapron och Håkan Sand
Grimsö Forskningsstation, Institutionen för Ekologi,
Sveriges Lantbruksuniversitet



Uppdraget

Naturvårdsverket (beställaren) ger uppdrag till Sveriges Lantbruksuniversitet, Grimsö Forskningsstation (leverantören) att:

Utifrån erfarenheterna av de två gångna vintrarnas jakt efter varg och senaste säsongens inventeringsdata (2010/2011) beräkna lämpliga beskattningsnivåer för att uppnå riksdagens etappmål om minst 20 årliga förnygringar och en stam som inte överstiger 210 individer.

Beskattningsnivåerna ska beräknas utifrån den beskattningsstrategi som valdes under licensjakten 2011, dvs. slumpmässig beskattning över relativt stora delar av vargens huvudutbredningsområde. Uppdragsredovisningen ska innehålla en värdering av om det ”demografiska utfallet” från de två gångna vintrarnas licensjakt är vad man kan vänta sig vid slumpmässig jakt. Vidare bör redovisningen innehålla resonemang om hur en förändring av beskattningsstrategin mot mer riktad jakt efter etablerade vargpar och hela vargflockar påverkar uttagsnivåer.

Leverantören ska i uppdragsredovisningen redogöra för om forskning eller utfallet av de gångna vintrarnas licensjakt gjort att det tillkommit avgörande ny kunskap i någon av de frågeställningar kring beskattningsnivåer och utformning av licensjakt som redovisades i rapporten *Reglerande beskattning av den svenska vargstammen samt flyttning av varg inom landet för att förstärka vargstammens genetiska situation* i december 2009.

Bästa dokumenterade vetenskapliga kunskap ska användas vid analyser och förslag. Kända revir med invandrade vargar och F1 or ska undantas från jakten.

Beställaren ska delges en preliminär rapport för kännedom senast 30 september 2011. En färdig slutrapport ska levereras senast den 10 oktober 2011.

Fakturering kan ske från och med att Naturvårdsverket erhållit slutrapporten, faktura ska vara Naturvårdsverket tillhanda senast den 15 december 2011.

Tillägg: I telefonsamtal 15 september 2011 ändrade Naturvårdsverket den del av uppdraget som avsåg ”att beräkna lämpligt uttag”. Kravet att stammen inte skulle överstiga 210 djur togs bort. I stället skulle stammen även efter beskattning ha en viss, ospecificerad, tillväxt. Uppgiften blev därmed att beräkna sambandet mellan nivå på beskattning och tillväxt.

Innehållsförteckning

Uppdraget	2
Innehållsförteckning	3
Sammanfattning	4
Abstract (in English)	6
Inledning	8
Det demografiska utfallet av de två tidigare licensjakterna	8
Beräkning av nivåer för avskjutningen av varg år 2012	9
Hur påverkar förändring av beskattningsstrategin mot riktad jakt efter etablerade vargpar och hela vargflockar uttagsnivåerna?	11
Har forskning eller utfallet av tidigare licensjakt gjort att det tillkommit ny kunskap i någon av de frågeställningar kring beskattningsnivåer och utformning av licensjakt som redovisades i rapport till NV i december 2009?	12
Appendix 1. Beräkningar av effekter av olika jaktuttag i vargstammen inför 2012 enligt Modell 1.	13
Appendix 2. How many wolves can be hunted in 2012 in Sweden? Some answers with hierarchical models (Modell 2).....	17

Sammanfattning

Detta är en rapport från SKANDULV, Sveriges Lantbruksuniversitet till Naturvårdsverket rörande ett uppdrag att beräkna beskattningsnivåer för den svenska vargstammen år 2012. I uppdraget ingick att utvärdera om det demografiskt utfallet av de två tidigare licensjakterna varit vad man kan vänta sig vid slumpmässig jakt, att beräkna nivåer för beskattning av varg år 2012, att diskutera av hur förändring av beskattningsstrategin mot mer riktad jakt efter etablerade vargpar och hela vargflockar skulle påverka uttagsnivåerna, samt redogöra för om ny kunskap tillkommit i någon av de frågeställningar kring beskattningsnivåer och utformning av licensjakt som redovisades i rapport till NV 2009.

I de två licensjakterna 2010 och 2011 sköts totalt 47 vargar. Det finns en överrepresentation av parlevande vargar utan avkomma bland de skjutna djuren, men avvikelserna är inte tillräckligt stora för att skilja sig statistiskt signifikant från fördelningen av vargar i populationen.

Uppdragsgivaren önskade veta hur många vargar som behöver skjutas för att uppnå en viss, ej specificerad, tillväxt i stammen. Uppdragstagarna har använt två olika modeller (Modell 1 och Modell 2) för att beräkna sambandet mellan avskjutning och tillväxttakt. Modell 1 är en deterministisk matrismodell i Excel uppdelad på kön och 11 åldersklasser och med fyra olika stadier per år. Den ger inga mått på osäkerhet i beräkningarna, men genom sin köns- och åldersstrukturering kan den beräkna hur olika inriktningar av jakten på olika kategorier av djur påverkar populationens demografi framåt i tiden. Modell 2 är en s.k. hierarkisk "state-space"-modell som bygger på Bayesisk statistik, och som ger mått på osäkerheten (som innefattar såväl demografisk slump som den metodologiska osäkerheten i beståndsuppskattningarna) i resultaten. Modell 1 har använt medeltalet för tillväxten (21,6 %) i den svenska vargstammen enligt inventeringarna 2005 – 2010 i sina beräkningar, medan Modell 2 gör två olika beräkningar, där man simulerat tillväxten utifrån inventeringsresultaten i de respektive perioderna 2000 – 2010 (tillväxt 19 %) och 2005-2010 (tillväxt 21 %). Modell 1 anger att 54 vargar bör skjutas år 2012 för att uppnå nolltillväxt, medan Modell 2 ger 39 resp. 47 vargar för att uppnå detta resultat. För att tillåta 10 % tillväxt bör man enligt Modell 1 skjuta 30 djur, medan motsvarande för Modell 2 är 15 respektive 23 vargar. Modell 2 visar också att osäkerheten i resultaten är relativt stor.

Med hjälp av Modell 1 kan vi visa att en jakt inriktad enbart på flockar och par inte påverkar våra resultat vad gäller effekten på tillväxten i vargstammen mellan vintern 2011 och 2012. Däremot är tillväxten i stammen på längre sikt känslig för olika inriktningar av jakten, vilket visar sig redan i tillväxten nästa år (mellan 2012 och 2013). En jakt inriktad enbart på familjeflockar ger en högre tillväxt i stammen nästa år jämfört med en jakt som har den sammansättning som de två senaste årens licensjakter. En jakt inriktad enbart på nybildade par som ännu ej har fått valpar ger däremot en lägre tillväxt nästa år.

Våra slutsatser rörande effekter av olika inriktningar av jakten, som redovisades i rapporten till NV i december 2009 ligger fast, med undantag för den diskussion om jakt på flockar och par som förs i denna rapport.

Abstract in English

This is a report from SKANDULV and the Swedish University for Agricultural Sciences to the Swedish Environmental Protection Agency (SEPA) concerning a mission to calculate harvest levels for the Swedish wolf population 2012. The mission included an evaluation of the demographic effects of the two quota hunts in 2010 and 2011, calculations of harvest levels for 2012, a discussion of how a selective hunt directed at packs and pairs would influence the harvest, and an account of whether there has appeared new experiences that would change the conclusions regarding effects of various types of selective hunting drawn in a report to SEPA in 2009.

In the two quota hunts 2010 and 2011 there were shot a total of 47 wolves. There was an over-representation of pair living wolves among the shot animals, but the deviation was not large enough to be statistically significant.

SEPA wanted to know how many wolves should be shot to achieve a certain, not specified, growth in the population. To do this, we have used two different models (Model 1 and Model 2) to calculate the relation between harvest and growth rate. Model 1 is a deterministic matrix model in Excel structured on sex and 11 age classes and with four annual stages. It does not provide any measurements of uncertainty, but because it is age-and sex structured it can calculate how various types of selective hunting will affect the future demography of the population. Model 2 as a hierarchical state-space model based on Bayesian statistics which does also calculate uncertainties (including random demographic variation and methodological uncertainties in the annual censuses of the wolf population) in the results. Model 1 used the mean growth rate of the population during the last six years (21.6 %), while we with Model 2 made two different calculations where the population growth was simulated based on the census results from the period 2000 – 2010 (mean growth rate 19 %) and 2005 - 2010 (21 %) respectively. Model 1 yielded a harvest of 54 wolves in 2012 if the population should be kept stable, while Model 2 yielded 39 and 47 respectively for the same goal. To allow 10 % growth, Model 1 recommended a harvest of 30 wolves, while Model 2 recommended 15 and 23 wolves respectively. Model 2 demonstrated that the uncertainties in the results were relatively large.

With Model 1 we could show that a harvest selecting for only packs and pair would not change the effects on the growth rate between 2011 and 2012 compared with a harvest that had a similar composition as the last two years of quota hunts. However, in a longer time perspective, the growth rate is sensitive for various selective harvests. Already in the next year (2012 to 2013) the growth rate would increase if only packs were harvested, instead of going on to hunt with the same composition as in 2010 and 2011. On the other hand, a harvest selecting only newly established pairs that had not yet started to breed, would decrease the growth rate next year.

Our conclusions regarding effects on the harvest from various types of selective hunting, which we reported to SEPA in 2009 remain unchanged with the exception for the discussion on harvesting only packs or pairs, presented in this report.

Inledning

Uppdraget från Naturvårdsverket består av fyra delar: (1) En utvärdering av det demografiska utfallet av de två tidigare licensjakterna, (2) beräkning av nivåer för beskattning av varg år 2012, (3) en diskussion av hur förändring av beskattningsstrategin mot mer riktad jakt efter etablerade vargpar och hela vargflockar skulle påverka uttagsnivåerna, samt (4) en redogörelse för om forskning eller utfallet av tidigare licensjakt gjort att det tillkommit ny kunskap i någon av de frågeställningar kring beskattningsnivåer och utformning av licensjakt som redovisades i vår rapport i december 2009. Vi kommer att behandla dessa fyra delar i nämnd ordning. Beräkningarna av beskattningsnivå i relation till populationstillväxt har utförts med två olika modeller. Dessa redovisas i detalj i Appendix 1 och 2.

Det demografiska utfallet av de två tidigare licensjakterna

Uppdragsgivaren frågar här om det ”demografiska utfallet” från de två gångna vintrarnas licensjakt är vad man kan vänta sig vid slumpmässig jakt. Vi har valt att slå samman de två årens jakt snarare än att behandla vart års jakt för sig, för att på så sätt få ett större, och statistiskt sett robustare material. Vi har delat in vargarna i fyra kategorier, föräldradjur (reproducerande vargar som hade årsvalpar när jakten genomfördes), parlevande vargar (vuxna vargar som etablerat sig i par i ett gemensamt revir men som ännu inte börjat reproducera sig, eller går utan valpar det aktuella året), ensamlevande vargar (i allmänhet ungvargar som lämnat föräldrareviret men som ännu ej hunnit etablera sig i par), samt valpar och ungdjur i flockar (här slår vi samman alla ungdjur som fortfarande lever kvar med föräldrarna i födelsereviret, kan alltså vara såväl årsvalpar som äldre avkommor som ännu ej utvandrat, de flesta djuren i denna kategori är dock årsvalpar).

	The population				
	Parents	Pair	Loners + ?	Pups and young in packs	Tot
2009/10	46	44	48	98	236
Proportions	0,19	0,19	0,20	0,42	1
2010/11	56	50	57	112	275
Proportions	0,20	0,18	0,21	0,41	1
Numbers total	102	94	105	210	511
Proportions total	0,20	0,18	0,21	0,41	1,00

Tabell 1. Fördelningen i den svenska delen av vargpopulationen på olika kategorier av djur, byggt på siffror från inventeringarna 2010 och 2011.

Fördelningen på de kategorier av skjutna vargar under licensjakten 2010 och 2011 mot vilken vi beräknat om avskjutningen varit slumpmässig har jämförts med de senaste två årens inventeringssiffror för populationen (Tabell 1). Dessa fördelningar har därefter testats statistiskt mot varandra (Tabell 2).

	License hunt				
	Parents	Pair	Loners + ?	Pups and young in packs	Tot
2009/10	7	7	3	11	28
Proportions	0,25	0,25	0,11	0,39	1
2010/11	2	9	4	4	19
Proportions	0,11	0,47	0,21	0,21	1
Numbers total	9	16	7	15	47
Proportions total	0,19	0,34	0,15	0,32	1

Tabell 2. Fördelningen på olika kategorier bland vargar skjutna på licens i Sverige 2010 och 2011.

Dessa två fördelningar skiljer sig ej signifikant åt (Tabell 3). Det innebär att vi med detta material inte kan utesluta att den större andelen av parlevande djur som vi ser i det skjutna materialet, jämfört med populationen, är en ren slump-effekt. En verklig skillnad kan fortfarande vara möjligt men då krävs ett större material för att påvisa detta.

	Parents	Pair	Loners + ?	Pups and young in packs	Tot
N shot	9	16	7	15	47
N Expected	9	9	10	19	47

Tabell 3. Test av fördelningen bland de skjutna djuren mot den funna fördelningen i populationen. Fördelningarna skiljer sig ej signifikant från varandra (Pearson's Chi-två test; $\chi^2 = 2,96, p = 0,398$).

Beräkning av nivåer för avskjutningen av varg år 2012

Uppdragsgivaren önskade veta hur många vargar som behöver skjutas för att uppnå en viss tillväxt i stammen. Någon specifik tillväxt angavs inte, varför vi har beräknat hur sambandet mellan avskjutning och tillväxt ser ut. Utifrån dessa beräkningar som kan illustreras med ett diagram kan man sedan se vilken tillväxt en viss vald avskjutning ger, eller om man så vill, se vilken avskjutning som krävs för att uppnå en viss önskad tillväxt i populationen. Eftersom det varit ett önskemål att den beräknade avskjutningen ska innefatta all beskattning, har vi

tagit bort all skydds jakt från den sk bakgrundsödlichkeit (trafik, sjukdom, olyckor etc.) som finns med i våra modellberäkningar. Det innebär att det inte kommer att finnas utrymme för någon ytterligare skydds jakt utöver den beskattning våra modeller föreskriver. I detta avseende skiljer sig alltså årets beräkningar från tidigare år. Den tillväxt som relaterar till en viss avskjutning avser förändringen av populationen från en tidpunkt precis efter den förra licensjakten 2011 till den population man kommer att ha kvar vintern 2012 efter att eventuell kommande jakt har genomförts. Detta är illustrerat i Figur 2 i Appendix 2, där den avsedda tillväxten är benämnd ”growth” längst till höger i figuren. Vi gör då också det förenklande antagandet att all beskattning sker momentant direkt efter nyår 2012. Om skyddsjakten istället kommer att spridas ut över hela 2012 innebär detta att populationen under vintern 2012 kommer att ligga något högre än vad vår modell teoretiskt föreskriver.

Beräkningarna har utförts med hjälp av två olika modeller, här kallade Modell 1 och Modell 2. De är presenterade i detalj i respektive Appendix 1 och 2. Modell 1 är en ålders- och könsstrukturerad matrismodell gjord i Excel. Den är deterministisk, vilket innebär att den saknar slumpvariation, och ger därför heller inga mått på osäkerhet i resultaten. Dess styrka är att den även kan användas för att beräkna effekten om man ändrar inriktningen av jakten mot vissa specifika kategorier av varg.

Modell 2 är en mer komplicerad, s.k. hierarkisk ”state-space”- modell som bygger på Bayesisk statistik. Den är inte ålders- och könsstrukturerad, men dess styrka är att den ger värden på osäkerheter i beräkningarna. Den tar hänsyn både till slumpvariationer i vargpopulationens demografi och till osäkerheter i beståndsuppskattningarna.

Ett problem som vi även tidigare år har haft vid beräkningarna är att vi inte har några data på tillväxten det senaste året, och därmed inte heller på populationens storlek inför årets jakt. De måste i stället beräknas. I Modell 1 har vi utgått från inventeringsdata på populationens storlek vid början av förra vintern, vilken var 277 djur i Sverige (inklusive djur i gränsrevir). Från denna siffra har vi dragit de 19 skjutna i licensjakten samt 10 skjutna på skydds jakt under 2011 (en antagen siffra, t.o.m. 15 oktober har det skjutits 6). Då har vi kvar 248 djur. På denna population har vi sedan lagt en tillväxt på 21,6 %, vilket är medelvärdet för tillväxt de senaste 6 åren (se Figur 1 i Appendix 1). Vi får då en population på 302 djur vid början av vintern 2011/12. Sedan har vi simulerat sambandet mellan beskattning av denna population och den tillväxt som kvarstår efter beskattningen, vilket illustreras i Figur 2 i Appendix 1. Eftersom den totala tillväxten var 54 djur, är det denna avskjutning som skulle krävas om man vill uppnå nolltillväxt. Vill man ha t.ex. 5 % tillväxt bör 42 djur skjutas enligt denna modell, och 10 % tillväxt erhålles vid en avskjutning på 30 djur.

I Modell 1 år har vi använt endast ett tillväxttal, men i Modell 2 har vi gjort beräkningar utgående från två olika tillväxttal, baserade på olika långa tidsserier, i det ena fallet åren 2000 – 2010, i det andra serien 2005- 2010. Den längre tidsserien gav en genomsnittlig årlig tillväxt på 19 % och den kortare på 21 %. I denna modell utgår vi inte direkt från inventeringsdata från förra vintern för att beräkna tillväxten till kommande vinter så som vi gjort i Modell 1, utan här simuleras även denna siffra fram med stöd av hela tidsserien. Vi utgår alltså ifrån att även de enskilda årens inventeringsresultat inte visar det sanna värdet på populationen, utan är

endast en skattning med sin egen osäkerhet. Detta innebär att resultaten från Modell 2 avviker något från resultaten i Modell 1. Med denna modell ger simuleringen byggd på de två tidsserierna en avskjutning på 39 respektive 47 vargar vid nolltillväxt (54 vargar i Modell 1), medan för en tillväxt på 10 % bör 15 respektive 23 vargar skjutas (30 vargar i Modell 1). Den viktigaste anledningen till att resultaten i Modell 1 skiljer sig från den kortare tidsseriens resultat i Modell 2 (där ju tillväxttakterna är nästan desamma) är att i Modell 1 utgår vi från att inventeringssiffran för tidig vinter 2010/11 (277) är korrekt, medan Modell 2 simulerat fram denna siffra vilket gav ett något lägre värde (266)

Några värden på osäkerheten ges som nämnts tidigare inte av Modell 1, men Modell 2 anger även mått på de statistiska osäkerheterna för de olika estimaten (illustreras i figurerna 4 och 6 i Appendix 2). I detta mått ingår såväl demografisk slump (slumpmässiga variationer i reproduktion och dödlighet) som den metodologiska osäkerhet som ligger i de årliga inventeringsresultaten. Även om 47 vargar är det bästa estimatet på en avskjutning som ger nolltillväxt (byggt på data från 2005 – 2010), så finns det en tioprocentig risk att populationen med denna avskjutning i stället minskar med 15 % eller mer, och lika stor risk att den ökar med 22 % eller mer. För att med 90 % säkerhet undgå att få en negativ tillväxt (dvs undvika att stammen sjunker efter avskjutningen) får man skjuta högst 27 vargar. Å andra sidan finns det då 10 % risk att stammens tillväxt blir så hög som 30 % eller högre. Som synes är osäkerheterna relativt stora enligt denna modell. Det finns ingen anledning att tro att de inte är lika stora för de resultat som erhålls med Modell 1, även om de inte beräknats i denna modell.

Hur påverkar förändring av beskattningsstrategin mot riktad jakt efter etablerade vargpar och hela vargflockar uttagsnivåerna?

Med Modell 1 kan vi beräkna hur olika inriktningar av jakten på olika kategorier av djur påverkar populationens demografi framåt i tiden. De aktuella beräkningarna av jaktens effekter på tillväxten sträcker sig emellertid bara fram till populationens storlek direkt efter jakten 2012. Eftersom vi i modellen antar att hela jakten sker vid årets början (se ovan), hinner olika inriktningar av jakten t.ex. enbart mot ungdjur, eller enbart mot reproducerande djur, inte få någon demografisk effekt annat än den rent numerära minskningen med de skjutna djuren. Den effekt som beror på en eventuell ändrad sammansättning av stammen till följd av en riktad jakt kommer först till uttryck efter nästa års reproduktion, dvs. våren 2012. Därmed har det alltså ingen betydelse för populationens tillväxt till 2012 om man skjuter slumpvis, eller har en överrepresentation av parlevande djur som man haft tidigare år, eller enbart jagar hela familjegrupper. Däremot visar vi att en inriktning av jakten mot hela familjegrupper ger en större tillväxt till 2013, jämfört med om uttaget har samma sammansättning som tidigare år. Denna effekt på tillväxten avtar emellertid med ökad andel av enbart parlevande djur i avskjutningen, eftersom man då får en sjunkande andel valpar och icke-reproduktiva unga flockdjur bland de skjutna djuren. Vid jakt enbart mot parlevande djur får man en kraftigt minskad tillväxt i stammen till 2013. Kvantitativa mått på dessa effekter ges i Appendix 1.

Har forskning eller utfallet av tidigare licensjakt gjort att det tillkommit ny kunskap i någon av de frågeställningar kring beskattningsnivåer och utformning av licensjakt som redovisades i rapport till NV i december 2009?

I denna rapport behandlas skillnaden mellan å ena sidan en slumpmässig jakt men med den överrepresentation gentemot alfadjur som de två genomförda licensjakterna utvisat, och å andra sidan en jakt helt riktad mot flockar och par. Utöver dessa resultat kan vi inte redovisa några nya erfarenheter som väsentligt ändrar de synpunkter som vi framförde i rapporten till NV i december 2009. Våra slutsatser rörande olika inriktningar av jakten, som redovisades då ligger alltså fast, med undantag för den diskussion om jakt på flockar och par som förs i denna rapport.

Appendix 1. Beräkningar av effekter av olika jaktuttag i vargstammen inför 2012 enligt Modell 1.

Beräkning av jaktuttag för 2012 utan någon förutbestämd inriktning på jakten.

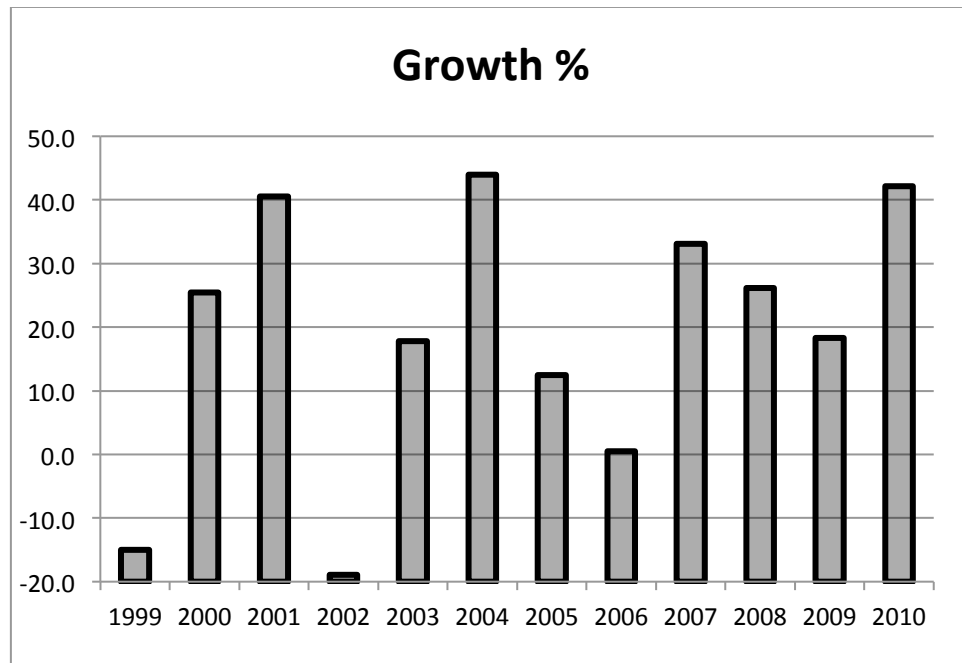
Modellens uppbyggnad

Liksom tidigare år har vi för beräkning av jaktuttaget använt en ålders- och könsstrukturerad matrismodell. Populationen är uppdelad på de två könen och på 11 årsklasser. Modellen ges en startpopulation, samt värden på kullstorlek hos reproducerande djur, en specifikation på vilka djur som reproducerar sig, samt ålders- och könsspecifik årlig överlevnad. Varje år i modellen startar med vår-populationen precis före reproduktionen, sedan läggs årets reproduktion till, varpå beräknas hur många djur i de olika klasserna som överlever till hösten. Därefter läggs beskattningen på, varpå antal djur efter beskattningen beräknas och slutligen beräknas hur många av dessa djur som överlever fram till nästa reproduktionsperiod, och på samma sätt modelleras följande år. Detta innebär att fenomenet med ”competing risks” vävs in i modellen (ett djur som skjuts på licensjakten t.ex. kan inte senare samma år utsättas för risken att dö av trafik eller illegal jakt). Kullstorlek och ålders- och könsspecifik överlevnad, liksom andel reproducerande djur i olika åldersklasser bygger på forskningsdata från den aktuella vargpopulationen. Reproduktion och överlevnad har slutligen anpassats för att ge den tillväxt i populationen som observerats med hjälp av de årliga populationsuppskattningarna. Tillväxttakten beräknas från populationen år 1 precis efter jakten vid början av vintern, till motsvarande population år 2.

Uppdraget denna gång var inte att beräkna hur stort uttag man måste göra för att stoppa tillväxten helt, utan att beräkna olika uttag för ett spektrum av olika tillväxttakter, från noll och upp till maximal tillväxt (då alltså inga vargar skjuts). För att göra detta måste man känna till den tillväxt vargstammen haft det senaste året och vilken nivå vargstammen har inför den kommande jakten. Tyvärr är båda dessa data okända eftersom de blir klara först efter den kommande vinterns inventering. Därför har vi, som vid tidigare beräkningar, sökt skatta tillväxten från förra vintern till denna vinter utifrån tidigare års tillväxttakter. Som synes av figur 1 har dessa varierat kraftigt mellan åren, från -19 till +44 %. För att få en så säker skattning som möjligt har vi använt medeltalet för de senaste 6 åren, vilket är 21,6 %. De tillväxttakter vi utgått från är de vi skulle ha fått om vi inte haft någon jakt alls, vare sig skydds jakt eller licensjakt.

Eftersom de två årens licensjakt visar en tendens till en viss positiv selektion (52 % av alla skjutna) för s.k. alfadjur, dvs. föräldradjur och revirmarkerande par, lade vi in denna selektion i årets beräkningar. Som startpunkt för körningen av modellen använde vi senaste årets inventeringsresultat. Modellen är deterministisk, dvs. den innehåller ingen slumpvariation, utan alla demografiska parametrar är konstanta från år till år. Därför kan modellen inte heller beräkna några konfidensintervall eller andra mått på osäkerheter i resultaten.

Figur 1. Årlig tillväxttakt i den svenska delen av skandinaviska vargpopulationen åren 1999 - 2010. Tillväxten avser förändringen av den s.k. bruttosiffran från vintern år t (med eventuell jakt avdragen) till vintern före jakt år t+1. Årtalen på x-axeln anger år t. Det innebär att t.ex. den tillväxt som anges för år 2010 är den tillväxt som skett från populationsnivån precis efter jakten 2010 till nivån precis före jakten 2011. Siffrorna gäller den tillväxt vi skulle ha haft utan någon jakt alls, dvs med både skyddsjakt och licensjakt borttagna.



Resultat beräkning

För att erhålla populationens storlek inför kommande vinters jakt har vi utgått från inventeringsdata på populationens storlek vid början av förra vintern, vilken var 277 djur i Sverige (inklusive djur i gränsrevir). Från denna siffra har vi dragit de 19 skjutna i licensjakten samt 10 skjutna på skyddsjakt under 2011 (en antagen siffra, t.o.m. 15 oktober har det skjutits 6). Sedan har vi på denna siffra (248) lagt en tillväxt på 21,6 %, dvs medelvärde för tillväxt de senaste 6 åren som nämnts ovan. Vi får då en population på 302 djur vid början av vintern 2011/12. I figur 2 visas sambandet mellan beskattning av denna population och vilken tillväxt som kvarstår efter beskattningen. Om t.ex. ingen tillväxt önskas alls, utan man vill stabilisera populationen vid samma nivå som förra året bör hela 54 vargar skjutas, medan om man önskar exempelvis 5 % tillväxt bör 42 vargar skjutas och för 10 % tillväxt krävs 29 skjutna vargar. Eftersom skyddsjakt ej längre ingår i basmodellen, innefattar det erhållna värdet all avskjutning under året, oavsett typ av jakt eller när den sker. Det finns alltså inte utrymme för någon särskild slags skyddsjakt utöver den nivå man väljer för att

uppnå önskad tillväxt. Om man nu t.ex. önskar 5 % tillväxt, kan man alltså dela upp den totala beskattningen på 42 vargar som krävs för att nå denna tillväxt, så att man t.ex. först skjuter 30 under en begränsad tid, och sedan behåller en kvot på 12 för kommande behov av särskild skydds jakt under resten av året.

Figur 2. Sambandet mellan nivå på avskjutning ("Harvest") under 2012 och tillväxt ("Growth") i den svenska vargpopulationen.



Vilken påverkan på uttagsnivåerna skulle man få vid en beskattningsstrategi riktad enbart mot familjegrupper?

I den modell som ligger som grund för ovanstående finns som nämnts inlagt en selektion på s.k. alfadjur, så att 52 % av alla skjutna utgöres av denna kategori. Om man inriktar jakten på att ta ut enbart hela flockar (eller familjegrupper som är en mer korrekt benämning) får man dock en annan sammansättning bland de skjutna vargarna. Baserat på data från de senaste två årens inventeringar består en genomsnittlig familjegrupp vid början av vintern av 5,66 djur, varav 3,71 är valpar och ungdjur och 1,95 är föräldrar (alfadjur). Att det inte är 2 föräldradjur i snitt per familj beror givetvis på att i några familjer har den ena föräldern försvunnit redan före vintern. Den procentuella sammansättningen av en avskjutning riktad enbart mot hela flockar blir således 34 % alfadjur och 66 % ungdjur, huvudsakligen valpar. Detta innebär alltså en lägre andel alfadjur i avskjutningen jämfört med den "icke-riktade" jakten, förutsatt att den riktade jakten mot flockar tar ut hela flockarna, och inte systematiskt lämnar t.ex. en

viss andel av ungdjuren men alltid tar föräldradyren. Paradoxalt nog har det emellertid ingen som helst betydelse vilken av dessa strategier man väljer när det gäller den kortsiktiga effekten av den nu aktuella avskjutningen vintern 2012. Påverkan på tillväxten blir exakt densamma. Anledningen är givetvis att en skevhet vad gäller sammansättningen av de skjutna vargarna inte ”hinner” få någon demografisk effekt, annat än rent numerärt, eftersom den tillväxt som ska påverkas (från 2011 till 2012) räknas från förra vinterns nivå precis efter licensjakten till den nivå man får direkt efter jakten kommande år (då har vi antagit att hela eller åtminstone största delen av jakten sker i början av vintern). Men däremot får uttagets sammansättning betydelse, redan för nästa års tillväxt, alltså från 2012 till 2013. Om man exempelvis skjuter 42 djur med samma sammansättning som de två tidigare åren, dvs. 52 % alfadjur, får man året därpå en tillväxt av 17 % (före jakt), medan man efter en jakt på enbart flockar får en tillväxt på 21 %. Prognosen för antal föryngringar 2012 blir i första fallet 27 medan prognosen efter en jakt riktad mot familjegrupper är 30 föryngringar 2012. Denna positiva effekt på tillväxten avtar emellertid ju större inslag av enbart parlevande djur man har i avskjutningen, vilket ju innebär en sjunkande andel valpar och icke-reproduktiva unga flockdjur. När parlevande djur och föräldradyr i flockarna tillsammans överstiger de 52 % av dessa kategorier tillsammans vi haft i tidigare avskjutningar, så får vi en lägre tillväxt kommande år jämfört med vad vi skulle få med en sammansättning som tidigare år. Vid jakt enbart mot parlevande djur skulle man med 42 djurs avskjutning få endast 21 föryngringar kommande år och en tillväxt (före jakt) till 2013 på endast 9 %.

Appendix 2.

How many wolves can be hunted in 2012 in Sweden? Some answers with hierarchical models

1 Introduction

In this report, I explain how I rely on a hierarchical state-space model to estimate the likely impact of hunting Swedish wolves on future population growth. I use the same model that I developed to estimate the impact of the 2010 and 2011 wolf hunts. However, while the previous hunt objectives were to keep the population at 210 individuals, the 2012 hunt objective is to allow for some wolf culling (i.e. protective hunt) while letting the population grow, as the Swedish Government has recently removed the 210 individual ceiling. I will therefore focus on population growth rate rather than future population size. A second difference emerges from the fact that the 2012 hunt will be part of the more general protective hunting that has been occurring since 2003 in Sweden. In the previous models, I assumed that protective hunt would still be taking place by embedding it in the growth rate calculations. In other words, I computed the population growth rate accounting for a baseline protective hunt that was assumed to be of a similar intensity than the one of the previous years. This approach is no longer possible and in the present report I compute the population growth rate without embedding a baseline protective hunt. I actually explicitly model it and therefore the values regarding the number of wolves to hunt are a total number for the 2012 protective hunt.

2 Hierarchical model

Compared to traditional demographic models, hierarchical models provide the advantage of formalizing in a coherent probabilistic framework both the ecological process and the observation process from which the data emerge. In the wolf case, the ecological process is the dynamics of the wolf population in Sweden, e.g. the survival and reproduction of packs and wolves that lead to a population growth (or decline). The observation process is the winter census carried out nation-wide by field teams. In this report, I use simulations based on a simple model and fit this model to data. The simulations will explicitly consider that my model is not perfect, i.e. I can't predict with absolute certainty what is going to be the wolf population size next year. The simulations will also explicitly consider that the census data are not the truth but have some error that may vary in size between years. The strength of hierarchical models is that multiple sources of uncertainty are coherently and consistently handled and our conclusions are therefore more robust. For a gentle introduction to hierarchical state-space models, see: McCarthy, 2007, *Bayesian Methods for Ecology*, Cambridge University Press.

The model is quite simple as it tells the population at year $t+1$ is the population at year t minus harvest at year t multiplied by growth rate λ :

$$N_{t+1} = \lambda \cdot (N_t - H_t)$$

When written in a hierarchical way, we need to separate the process model and the observation model. The process equation is:

$$\begin{cases} \mu_t = \log(\lambda \cdot (N_t - H_t)) \\ N_t \sim \text{lognormal}(\mu_t, \sigma_{proc}) \end{cases}$$

where μ_t is the deterministic prediction of the median wolf population size at time t , N_t is the true population size at time t , σ_{proc} is the standard deviation of the true population size

on the log scale, λ is the yearly population growth rate. The process equation is linked to data using the observation equation:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_t = \frac{N_t^2}{\sigma_{Nobs}^2} \\ \beta_t = \frac{N_t}{\sigma_{Nobs}^2} \\ \psi_t \sim \text{gamma}(\alpha_t, \beta_t) \\ Nobs_t = \text{Poisson}(\psi_t) \end{array} \right.$$

where $Nobs_t$ is the observed population size at time t , σ_{Nobs} is the estimate of the error of observation of the population size. This formulation views the count data hierarchically – the mean observed count of wolves at time t is Poisson distributed with mean ψ_t and this mean is drawn from a gamma distribution with mean equal to the prediction of the process model and a standard deviation for observation error. I chose this approach because it allows the uncertainty in the data model to be larger than the variance of the Poisson parameter ψ_t .

3 Accounting for uncertainty

The wolf population dynamics is a complex biological process that can only be partially known. It implies that inferences about the present and future states of the population will always be associated with some uncertainty. Management decisions should be made considering this (ideally quantified) uncertainty and relying on hierarchical models is a strong advantage for this.

First, *running a simulation* means in fact trying to find what is the most likely value of growth rate λ to have the model fitting the data the best. The results that I get are not a single value of λ , but rather a distribution of λ , indicating which value is the most likely, but also which other values are still possible. Thinking in distribution allows us to quantify what we know and how much we know it (Figure 1).

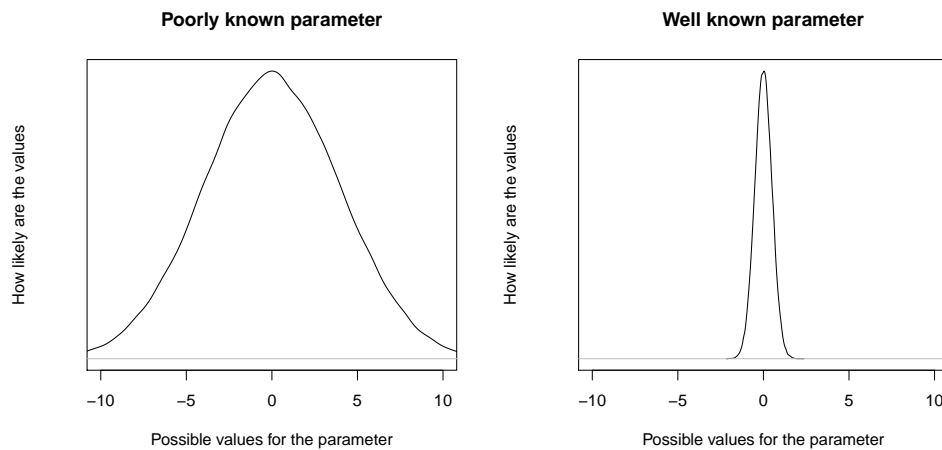


Figure 1: Illustrative example of our knowledge of a parameter. The y axis indicates a likelihood. On the left panel, the parameter is poorly known – values between -3 and 3 are somewhat similarly likely. On the contrary, on the right panel, the parameter is much well known – value 0 is clearly the most likely one and other values such as -3 or 3 can be excluded.

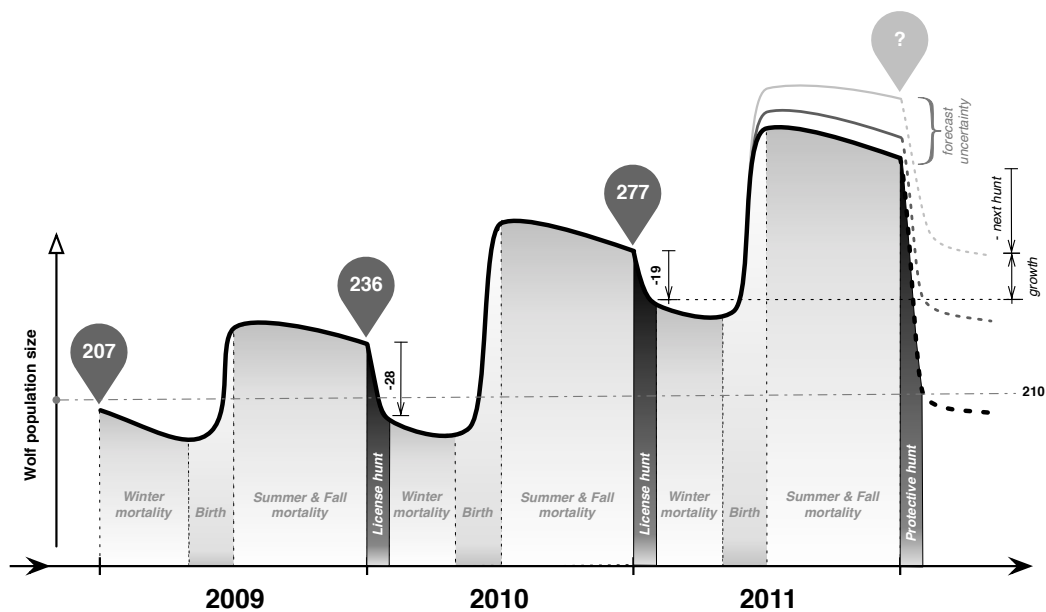


Figure 2: Wolf seasonal population dynamics, census and hunt. Population growth happens only when pups are born. Mortality happens year-round. License hunting has taken place in January-February 2010 and 2011. Population count starts in December of each year but results are not available to plan for hunting the following January.

An advantage of hierarchical models is their ability to consider that there are observation and process errors. In the model, I make the assumption that data on population size are not the true population size, but *something* around the true population. For example the data tells us that population size in December 2010 was 277 wolves, but I consider this is an *estimate* and the true population (which remains unknown) may actually have been 270 or 290 wolves. Accounting for this is called observation error and is important because it is the true population (and not its estimate) that is going to be hunted. If there may be only 270 wolves despite we believe there are 277, then we need to lower the hunting quota. Similarly, if there may be as much as 290 wolves while we believe there are 277, then we need to increase the hunting quota. The model does this and considering both underestimated and overestimated wolf population sizes lead to a more uncertain prediction. While this may sound as artificially injecting noise in the data, this is actually the correct way to proceed and ignoring observation error is a mistake that can lead to spurious conclusions.

A further important assumption regarding uncertainty is made in the model: I assume that I cannot predict for sure what will be the next wolf population size, i.e. there is always a part of the biological process that remains unknown and cannot be predicted. This is termed process error or demographic stochasticity. Both observation and process errors are built-in the model. Mathematical details on how this done are beyond the scope of this report and I refer readers to Clark, J.S., 2007, *Models for Ecological Data*, Princeton University Press.

Finally, the impact of uncertainty is in the wolf case leveraged by the field context as the size of the population that is going to be hunted is not known at the time the hunt starts and can only be predicted from the *previous* population count. It may sound odd to predict from the past something that is in the present time, so I will explain this more – see also Figure 2.

The quota for the hunt that took place in January 2010 was decided in November 2009. At this time, the size of the population to be hunted was not known, as the census had not yet started – it would start only when the snow would come in late December 2009. The most recent population count was therefore from winter 2008-09 (207 animals in December 2008). By

multiplying this value by the estimated growth rate λ , I could obtain a forecast of the population size in December 2009 just before the planned hunt in January 2010. I could then find how many individuals should be hunted so that the population size just after the hunt was 210 individuals. It is only later in 2010, well after the hunt was over, that the data on the estimated population size in December 2009 became available.

The process was similar for the following hunt to take place in January 2011. At the time of deciding the quota (November 2010), the size of the population to be hunted was also not known. The most recent population count was from winter 2009-10 (236 animals in December 2009). I first subtracted the numbers of wolves hunted in January 2010 (28) and then multiplied the result by the estimated growth rate λ to obtain a forecast of the population size just before the planned hunt. We could similarly find how many individuals should be hunted so that the population size just after the hunt was 210 individuals.

For the hunt that is going to take place in January 2012, the process is also similar. At the time of writing the report (early October 2011), the size of the population to be hunted is not known. The most recent population count is from winter 2010-11 (277 animals in December 2010). I first subtract the numbers of wolves hunted in 2011 (19) and then multiply the result by the estimated growth rate to obtain a forecast of the population size just before the forthcoming hunt. I can then investigate how different hunting quotas will affect the growth of the population. The growth rate of interest is defined as post-hunt which means that it indicates how much the population has grown from February 2011 when the hunt stopped (estimated at $277-19 = 258$ individuals) to when the protective hunt is over in 2012. Here I make the assumption that most of the protective hunt will take place before the 2012 reproduction season.

4 Analysis with population trends from 2000 to 2010

First, I run computations to fit this population model to the census data of the Swedish wolf population from 2000 to 2010. Based on Figure 3 - left panel, we can tell that our data supports the most a λ of 1.19, but because there is uncertainty and because the time series is short, there is also some support, but weaker, for other values of λ . Once I have estimated the λ distribution from the time series and assuming λ in 2011 will be drawn from the same distribution, I can compute what will be the most likely population size in winter 2011-2012 (Figure 3 - right panel). The forecasted median wolf population size at the beginning of winter 2011/2012 is 280 ± 43 individuals (95% CI = 219 - 386). It is important to understand that this forecasted population size is computed, not from the actual data (277 wolves), but from the model estimated true population size in winter 2010/2011 which is 261 ± 18 individuals (95% CI = 227 - 299).

I can then include a harvest of a given number of animals and similarly look at the distribution of simulated population sizes to find how harvest influences population growth. Maximizing chances population does not decline but at the same time does not grow more than 5% requires culling 31 wolves (Figure 4). Aiming for a population growth between 5% and 10% (resp. between 10% and 15%) requires culling 20 wolves (resp. 9 wolves). Maximizing chances population grows more than 15% is not compatible with any hunting.

The impact of the hunt is associated with an uncertainty that is important to consider (Figure 5). Suppose that the hunt objective would be to have a stable population (i.e. growth rate = 1.00), this would require culling 39 wolves. However doing so would also mean taking a 10% risk of having population growth below 0.88 and a 30% risk of having population growth below 0.96 or a 30% risk of having population growth above 1.06 and a 10% risk of having population growth above 1.17. The spread of this uncertainty is independent of the chosen quota. For example, an objective of having a 10% growth would require culling 15 wolves. However doing so would also mean taking a 10% risk of having population growth below 0.98 and a 30% risk of having population growth below 1.06 or a 30% risk of having population growth above 1.15 and a 10% risk of having population growth above 1.27.

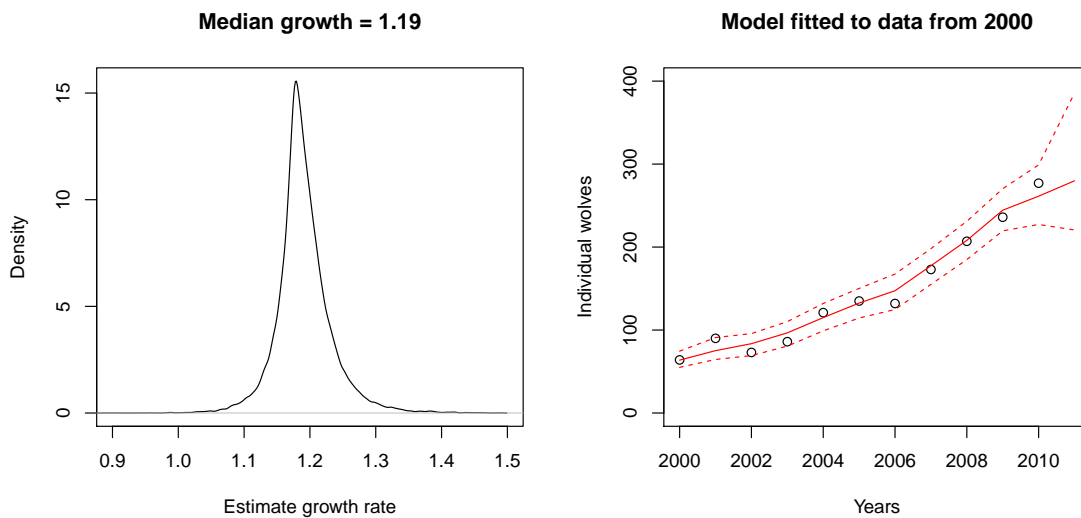


Figure 3: Left panel: posterior distribution of growth rate λ . The most likely value for λ is around 1.19, but note that values like 1.17 or 1.21 are also possible. Right panel: Fitted hierarchical model with time series 2000-2010. The black circles are census data, the red line indicates the population size with the fitted model and the dashed lines indicate the 95% confidence of our model fit. The value for 2011 is a forecast.

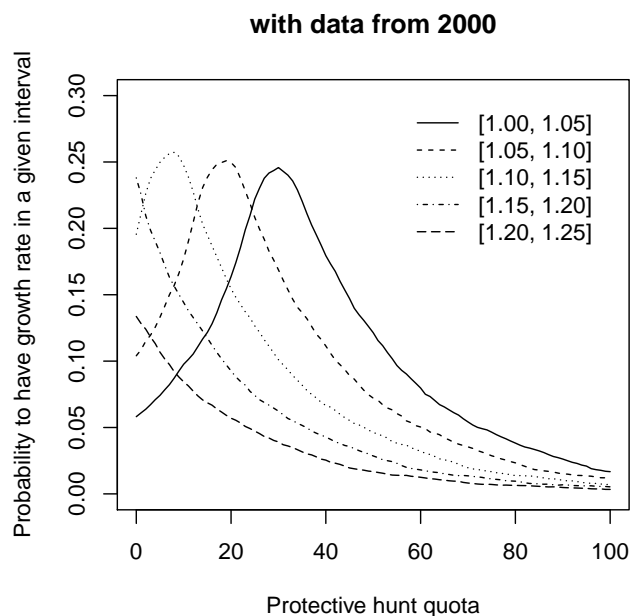


Figure 4: Probabilities to have the growth of the post-hunt 2012 Swedish wolf population in given intervals.

with data from 2000

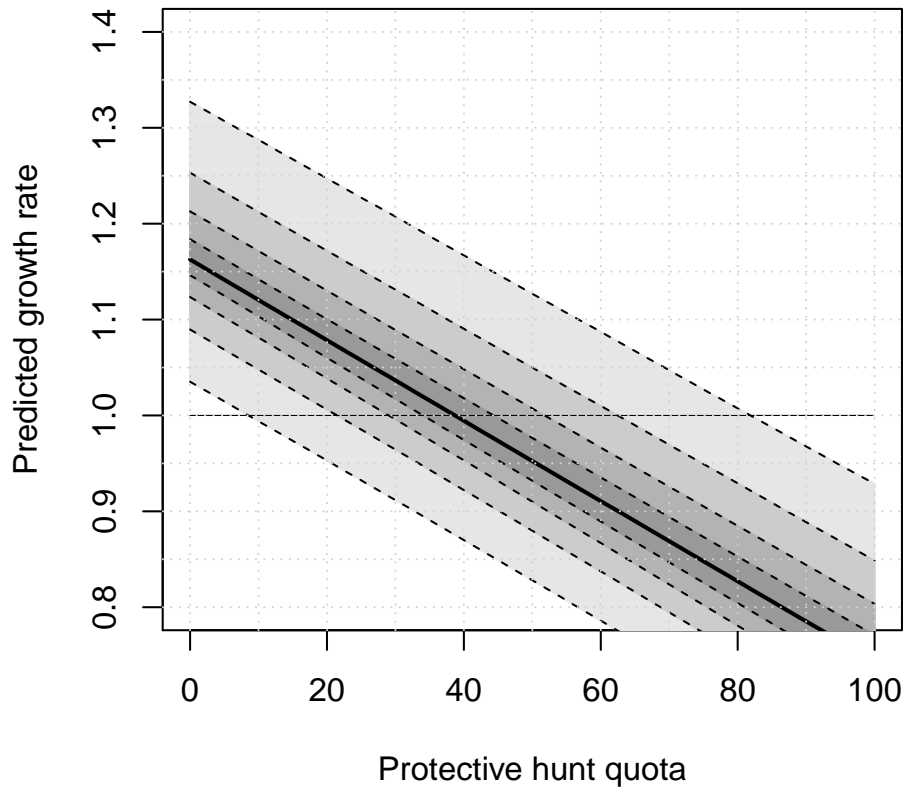


Figure 5: Predicted population growth as a function of hunting quota with resulting uncertainty. The dark bold line is the median predicted growth rate. Grey areas show quantile by 10%. The lightest grey area contains all growth rate estimates in the 10% - 90% quantile interval (i.e. a 80% CI), next grey area is 20% - 80%, then 30 % - 70% and so on.

5 Analysis with population trends from 2005 to 2010

I then run similar computations to fit the population model to the census data of the Swedish wolf population but from 2005 to 2010 only. Based on Figure 6 - left panel, we can tell that our data supports the most a λ of 1.21, but because there is uncertainty and because the time series is short, there is also some support, but weaker, for other values of λ . Once I have estimated λ distribution from the time series and assuming λ in 2011 will be drawn from the same distribution, I can compute what will be the most likely population size in winter 2011-2012 (Figure 6 - right panel). The forecasted median wolf population size at the beginning of winter 2011/2012 is 293 ± 61 individuals (95% CI = 210 - 432). It is important to understand that this forecasted population size is computed, not from the actual data (277 wolves), but from the model estimated true population size in winter 2010/2011 which is 266 ± 19 individuals (95% CI = 230 - 306).

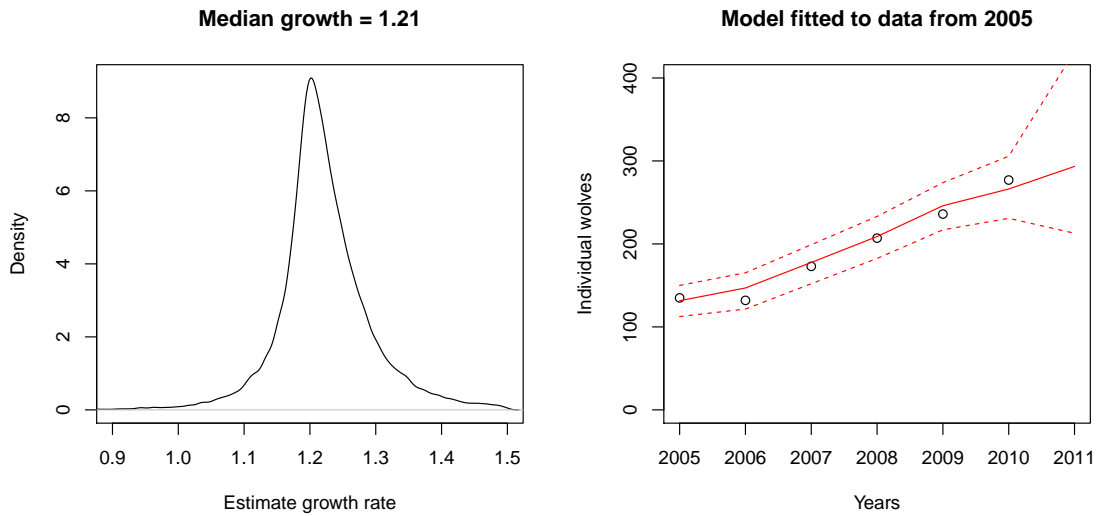


Figure 6: Left panel: posterior distribution of growth rate λ . The most likely value for λ is around 1.21, but note that values like 1.19 or 1.23 are also possible. Right panel: Fitted hierarchical model with time series 2005-2010. The black circles are census data, the red line indicates the population size with the fitted model and the dashed lines indicate the 95% confidence of our model fit. The value for 2011 is a forecast.

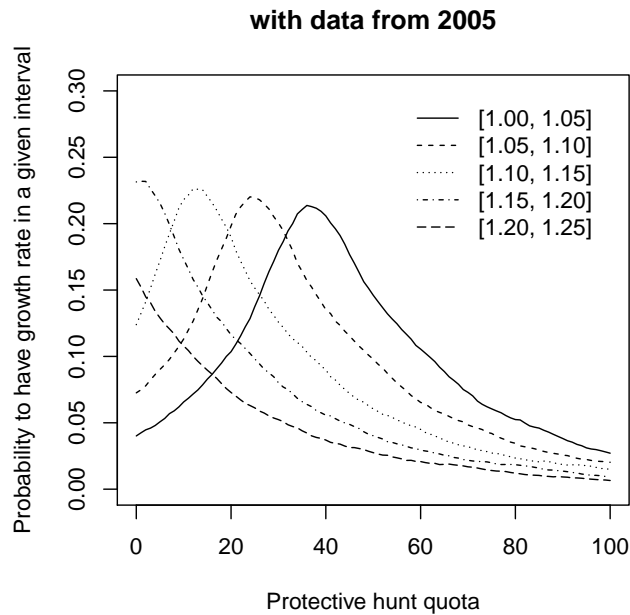


Figure 7: Probabilities to have the growth of the post-hunt 2012 Swedish wolf population in given intervals.

I can then include a harvest of a given number of animals and similarly look at the distribution of simulated population sizes to find how harvest influences population growth. Maximizing chances population does not decline but at the same time does not grow more than 5% requires

culling 37 wolves (Figure 7). Aiming for a population growth between 5% and 10% (resp. between 10% and 15%) requires culling 25 wolves (resp. 13 wolves). Maximizing chances population grows more than 20% is not compatible with any hunting.

with data from 2005

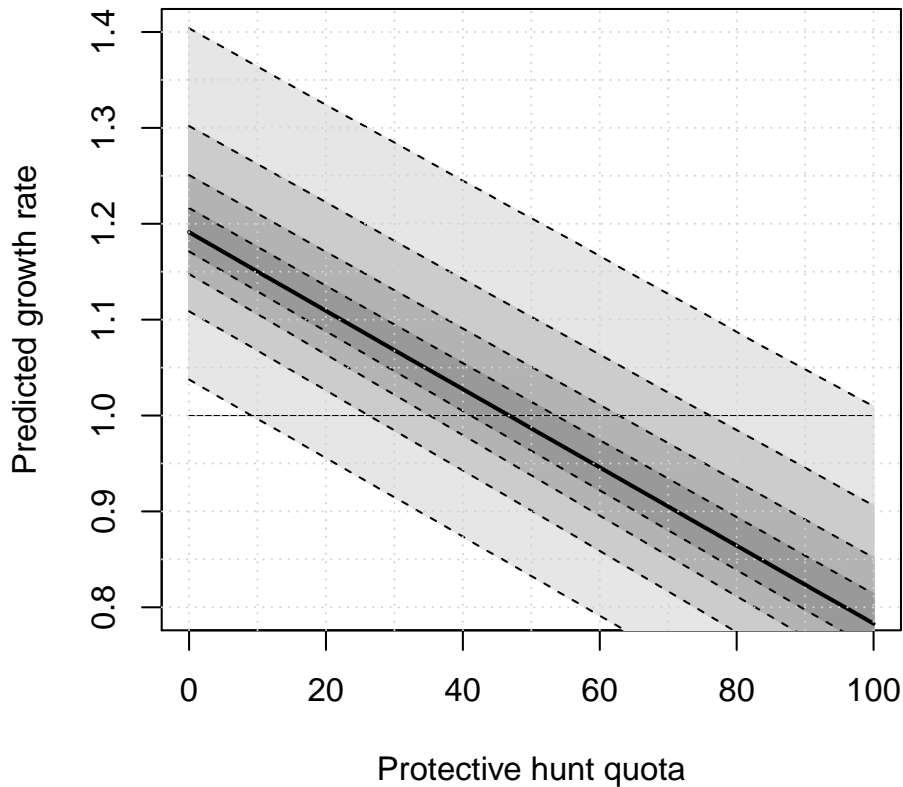


Figure 8: Predicted population growth as a function of hunting quota with resulting uncertainty. The dark bold line is the median predicted growth rate. Grey areas show quantile by 10%. The lightest grey area contains all growth rate estimates in the 10% - 90% quantile interval (i.e. a 80% CI), next grey area is 20% - 80%, then 30 % - 70% and so on.

The impact of the hunt is associated with an uncertainty that is important to consider (Figure 8). Suppose that the hunt objective would be to have a stable population (i.e. growth rate = 1.00) this would require culling 47 wolves. However doing so would also mean taking a 10% risk of having population growth below 0.85 and a 30% risk of having population growth below 0.95 or a 30% risk of having population growth above 1.07 and a 10% risk of having population growth above 1.22. The spread of this uncertainty is independent of the chosen quota. For example, an objective of having a 10% growth would require culling 23 wolves. However doing so would also mean taking a 10% risk of having population growth below 0.95 and a 30% risk of having population growth below 1.06 or a 30% risk of having population growth above 1.16 and a 10% risk of having population growth above 1.32.

6 Concluding remarks

The impact of hunting quotas are different whether we consider the whole time series 2000-2010 or only the shorter recent one 2005-2010. The shorter time series suggest higher harvest, because it gives more weight to recent years, which have seen a strong population increase. The shorter time series excludes data that may no longer represent the dynamic of the current population, while the longer one includes all the data available. Both time series give results associated with an uncertainty. It is vain to try to reduce this uncertainty: the wolf population dynamics is a complex system driven by several factors and we will never be able to predict it fully. Decisions will always need to be made with uncertainty. Figure 9 provides a schematic and graphical illustration of the possible options available to a manager. It is not possible to manage the wolf population to reduce the spread of this distribution. The consequence of management can only be to translate the distribution toward smaller population growth (moving the distribution toward the left on Figure 9). How far the distribution is translated gives the intensity of the harvest, and choosing it means accepting a risk the population growth becomes too small or stay too large. It is therefore not possible to identify a unique best number of wolves to harvest, since this is a political choice of which risk is acceptable. The population dynamics is uncertain and considering this uncertainty requires balancing the pros and the cons of a number of harvested wolves.

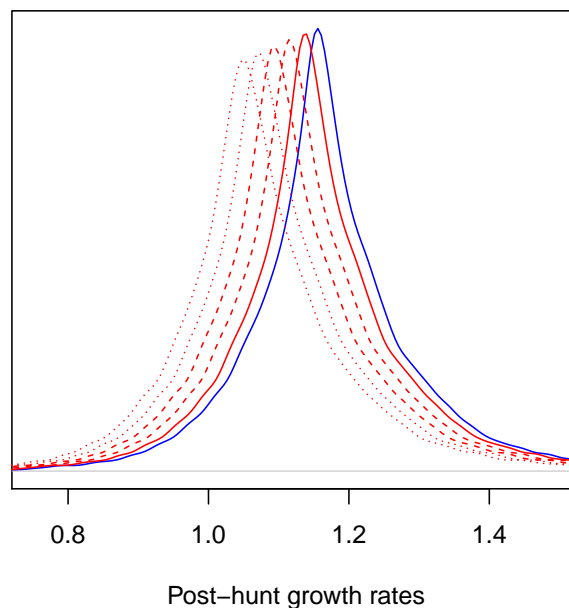


Figure 9: Density distributions of the Swedish wolf population growth rate after the 2012 hunt. Blue line is without harvest ($H=0$). Red lines are with different harvest levels (harvest increasing from continuous ($H=5$) to dashed ($H=10$ & 15) and then dotted lines ($H=20$ & 25), values shown are from the long time series)