

VILTFORUM # 1/2010

Jämförelse av tre inventeringsmetoder för älg.



Jämförelse av tre inventeringsmetoder för älg.

*Maria Hörnell-Willebrand, Högskolan i Hedmark och
Åke Pehrsson SLU, Grimsö Forskningsstation.*



ISBN: 978-91-977510-1-8

Forskningsstjugan

Jägareförbundets medlemmar har sedan 1982 bidragit med medel till viltforskningen. Fram till 2001 var bidraget från varje medlem tio kronor men är idag tjugo kronor. Dessa tjugor från Jägareförbundets medlemmar bildar en forskningsfond från vilken forskare kan söka medel till olika projekt. Idag kallas denna fond för Forskningsstjugan.

Jägareförbundets årsstämma 2003 beslöt om riktlinjerna för dispositionen av Forskningsstjugans medel: "Forskning, försöksverksamhet, kunskapssammanställningar och attitydundersökningar av jaktpolitisk betydelse för den svenska jakten och Jägareförbundets medlemmar."

Varje forskningsprojekt ska lämna en slutrapport där forskaren ska ange vilka resultat som kommit fram. Alla slutrapporter publiceras och för att resultaten ska bli tillgängliga för Jägareförbundets medlemmar och allmänheten. Publiceringen sker ofta som ett nummer av Viltforum. Detta nummer är en sådan slutrapport.

Projektet "Jämförelse av tre inventeringsmetoder för älg" som nu lämnat slutrapport var samfinansierat av Forskningsstjugan och Viltvårdsfondens forskningsfond och var ett ettårsprojekt 2009.

Innehåll

Sammanfattning	s. 6
English summary	s. 6
Inledning	s. 7
Metod	s. 9
Resultat	s. 14
Diskussion	s. 16
Slutsatser och förslag	s. 17
Referenser	s. 19

Sammanfattning

Tre olika metoder för att inventera älg (*Alces alces*) användes i samma område 2010. Två av metoderna genomfördes vintertid med helikopter; totalinventering i provytor med justering för observerbarhet och linjeinventering med Distance Sampling. Spillningsinventering genomfördes på våren i orensade provytor där tre olika spillningsfrekvenser användes för att beräkna älgtäthet; 14, 17 och 19 högar / älg och dygn. Spillningsinventeringen var billigast att genomföra följt av flyginventering med Distance Sampling metod. Flyginventering i provytor kostade mest och gav det minst säkra resultatet. Flyginventering i provytor gav 6.15 ± 1.36 och 7.3 ± 1.95 älgar / 1000 ha beroende på hur man beräknade observerbarhet. Flyginventering med Distance Sampling metoden gav ett resultat på 7.0 ± 0.96 älgar / 1000 ha. Spillningsinventeringen gav för 14, 17 och 19 spillninghögar / dygn; 10.42 ± 1.01 , 8.58 ± 0.83 samt 7.68 ± 0.75 älgar / 1000 ha. Projektet genomfördes med finansiering från Naturvårdsverkets Viltvårdsfond och Svenska Jägareförbundets Forskningstjuga.

För mer information kontakta:
Högskolan i Hedmark
Skog- og Utmarksfag
Tfn +47 62 43 00 00

Sveriges Lantbruksuniversitet
Grimsö Forskningsstation
Tfn 0581 69 73 00
Jämförelse av tre inventeringsmetoder för älg.

Summary

The three most frequently used method to monitor moose (*Alces alces*) populations in Sweden are aerial censuses, pellet-counts and observational data obtained by hunters during the hunting season. However, the hunters' observational indices do not always show the same direction of population change as other independent estimates of population size. Pellet groups produced per moose can vary between 14 to over 20 pellet groups per moose and day, which makes density estimates from pellet counts uncertain. Biased surveys may result in local or regional populations getting out of hand and monitoring methods to estimate animal numbers with acceptable precision are needed. Aerial surveys are considered to be the most accurate survey method for moose today. However, the key difficulty in assessing animal numbers from the air is that not all animals are seen by the observers. Designers of aerial surveys thus need to decide whether to correct the counts for those animals that are missed. Aerial surveys are expensive and a considerably cheaper alternative, less than 50 % of the cost of traditional aerial moose counts, is using distance sampling methodology.

Accurate and precise estimations of moose populations are critical for management and a need for scientific studies that the testing and comparison of methods in order to ensure that the best ones are used are of vital importance. Where wildlife budgets are notoriously stretched thin, the expense of population estimation cannot be ignored, nor should it be assumed or guessed at. This study compare aerial counts in subunits with distance sampling methodology and pellet-count to evaluate the accuracy and precision of population estimates. The results show that the two different aerial surveys did not differ significantly in their estimates of the number of moose. Pellet counts, when calculating with 17-19 pellet groups per moose and day, showed a correlation with the aerial surveys. A cost benefit analysis of the methods investigated is hard to do with the data collected. Aerial survey with distance sampling method approach will give the same estimates as the traditional aerial method but at a lower cost when monitoring large areas with relatively high moose densities. Pellet counts give a relatively good estimate at a much lower cost compared to both aerial methods.

Inledning

I Sverige måste älgpopulationen skötas med aktiv förvaltning eftersom arten i stort sett saknar naturliga fiender. För att justera hur många älgar som skall fällas år från år krävs återkommande inventeringar. Finns det systematiska fel i inventeringen kan det utmynna i att man tappar kontrollen över älgpopulationen. Det behövs således inventeringsmetoder som skattar antalet älgar med acceptabel precision.

De tre vanligaste metoderna som används för att inventera älg i Sverige är flyginventeringar, spillningsinventeringar och observationer av älg under första delen av älgjakten, "älgobs"^{1,2,3,4,5}. Metoderna skiljer sig åt i både kostnad och tillförlitlighet^{6,3,7,8,9,10}. Några studier har undersökt sambandet mellan älgobs och oberoende uppskattningar på populationstäthet och funnit en korrelation mellan resultaten från de olika inventeringarna^{11,3,12,10,13}. Men, älgobsen följde inte alltid samma riktning i populationsförändringarna som resultaten från andra inventeringsmetoder^{3,12}.

Flyginventeringar anses vara den mest tillförlitliga metoden för att inventera älg idag^{14,15,16,17,18}. Flyginventeringar kräver att man korrigerar för de älgar som inte hittas av observatörerna. De som planerar flyginventeringar måste då bestämma hur de skall korrigera för de älgar som inte hittas¹⁹. Olika studier har föreslagit sätt att hantera missade älgar under inventeringar^{20,21,19}. Det finns två huvudsakliga tillvägagångssätt. Den första är att modellera en observerbarhet genom att kalibrera flyginventeringen med någon annan inventeringsmetod i en del av inventeringsområdet, eller att dubbelinventera ett slumpmässigt urval av området. Det andra sättet är att modellera sannolikheten att hitta älg genom att använda fångst-återfångst metoder eller distance sampling metoder över hela inventeringsområdet^{22, 23}.

När man flyginventerar är det en ekonomisk fördel att inte totalinventera hela det aktuella området utan istället slumpa ut mindre ytor som totalinventeras. Genom att inventera vissa av dessa mindre ytor med två helikoptrar samtidigt, kan man jämföra skillnaden i antal älgar mellan första och andra helikoptern och korrigera resultatet från övriga inventeringen. Man skulle kunna anta att man genom att inventera en provyta två gånger hittar alla älgar som finns i rutan. Detta kan man dock inte vara säker på, eftersom de älgar som varit svåra att hitta för första helikoptern med stor sannolikhet också är svåra att hitta för den andra helikoptern.



Fig1. Älgar kan fördelas i landskapet av flera anledningar. Att räkna älgar från luften kan vara effektivt men en del individer eller flockar missas lätt då de döljs av trädkronor. Denna flock är dock lätt att räkna då de står i en relativt öppen skog.

Sannolikheten att hitta älg kan också modelleras genom; 1) observerbarhetsmodeller, 2) observation-återobservationsmodeller^{24,25,26,3} fångst – återfångst modeller²⁷ och 4) distance-sampling²². Observerbarhetsmodeller kräver att data samlas in före inventeringen (från märkta älgar t.ex) för att kunna utveckla en modell för effekten av olika typer av förklaringsvariabler och observerbarhet. Detta kräver både tid och resurser vilket gör denna metod mycket dyr. Ett annat problem är frågan om den del av populationen man använt för att utveckla dessa observerbarhetsmodeller verkligen är representativ för hela populationen som man senare kommer att inventera från luften. Även om observerbarhetsmodeller konstrueras för varje delpopulation man kommer att inventera, vilket rekommenderas av Skalski m fl. (2005)²⁸ måste man också tänka på under vilka förhållanden observerbarhetsmodellen konstruerades så att man genomför den faktiska inventeringen under liknande förhållanden¹⁹.

Fångst – återfångst och observation – återobservationsmodeller förlitar sig på att individer går att identifiera från luften. Då kan sannolikheten att upptäcka älg uppskattas tillförlitligt genom att använda andelen kända individer som hittas under inventeringen. Nackdelen är att om man vill märka älg så är det dyrt och det är knappast troligt att detta kommer att bli en vanlig metod för att inventera älg i Sverige.

Distance Sampling innebär att man inte bara räknar antalet älgar längs en inventeringslinje utan också samtidigt mäter det vinkelräta avståndet från linjen till individer eller grupper av djur²². Distance sampling metoden använder en modell för upptäckta och missade älgar i en provyta av inventeringsområdet som bestäms av inventeringslinjen. Sannolikheten att upptäcka älg uttrycks som en funktion av alla avstånd till de älgar man hittat från centrum av inventeringslinjen. Fördelarna med distance sampling är att man får en upptäckbarhet samtidigt som man inventerar, vilket innebär att det inte behövs någon dubbelinventering. Distance sampling förlitar sig inte på hur stor andel av ytan som inventeras utan på hur många älgar som hittats under inventeringen. Det räcker att hitta >30% av de älgar som finns runt inventeringslinjen så länge alla älgar som står direkt på eller mycket nära inventeringslinjen hittas med 100% sannolikhet. Metoden är effektiv vid inventering av stora områden eftersom man inte behöver hitta fler älgar jämfört med ett mindre område. Generellt brukar man rekommendera att minst 60 – 80 observationer hittas, men färre observationer kan ge ett acceptabelt resultat så länge man mätt avstånden korrekt²².

Spillningsinventeringar är en vanlig metod för att uppskatta antalet klövvilt^{29,30,31,32,33,34,35,10}. De är billiga och relativt enkla att genomföra och forskning har visat på en stark korrelation mellan resultat från spillningsinventeringar och andra metoder^{36,8}. Spillningsinventering förlitar sig på en uppskattning av spillningsfrekvens per älg och dag. En viktig källa till osäkerhet i populationsuppskattningarna är variationen i antalet spillningshögar en älg producerar per dag. Studier har visat att detta kan variera mellan 10 till över 20 högar^{31,77,37,38,39,17,40}. Den stora fördelen med spillningsinventeringar jämfört med flyginventeringar är att metoden ger ett mått på hur mycket älg det varit över en längre tid i området och hur älgarna varit fördelade. Flyginventeringar kan ses som ett fotografi över älgpopulationen i ett område under de få dagar som inventeringen utförts.

Denna rapport beskriver en jämförelse mellan traditionell flyginventering med helikopter i provytor, flyginventering med helikopter med metoden Distance Sampling och spillningsinventering, med avseende på noggrannhet och precision i populationsuppskattningarna i relation till kostnad. Syftet med rapporten är att förse både forskare och förvaltare med rekommendationer för planering av inventering av älgpopulationer.

Metod

Val av område

Jämförelsen av de tre olika inventeringsmetoderna gjordes i en del av Östersljustnans älgförvaltningsområde i Hälsingland vintern och våren 2010. Området valdes eftersom det var tillräckligt stort, 204 000 ha, det hade gjorts två tidigare flyginventeringar (1999 och 2005) och att det fanns ett starkt intresse både från markägare och länsstyrelsen i Gävleborg. Man ansåg dessutom att säsongsmässiga vandringar inte förekom i någon större utsträckning och älgförvaltningsområdet och länsstyrelsen i Gävleborg bidrog ekonomiskt för att genomföra studien.

Hela Österljustnans älgförvaltningsområde omfattar 262 500 ha och är uppdelat på två områden, ett öster och ett väster om E4:an. Distance Sampling och spillningsinventering genomfördes på hela förvaltningsområdet, men projektets budget tillät bara provyteinventering i ett 204 000 ha stort område. Det innebar att området öster om E4:an uteslöts samt delar av området norr om vägen mellan Ljustdal och Hudiksvall. Denna rapport behandlar bara resultat från det 204 000 ha stora området där alla tre inventeringarna genomfördes.

Väderförhållanden vid flyginventeringarna

Båda flyginventeringarna genomfördes i februari i samarbete med Älgflyg AB. Inventeringarna påbörjades några dagar efter snöfall, snödjupet var mellan 100 – 120 cm och temperaturen mellan 5 – 10 minusgrader. Vinden var svag och sikten var mycket bra. Det var 10 – 80% snö på trädens grenar, ”upplega”, och bortsett från en dag (17/2) var förhållandena mycket goda.

Flyginventering i provytor

Flyginventering i provytor ägde rum mellan den 8 till den 12 februari och 128 provytor på 400 ha styck lades ut med systematisk slump för att täcka 25% av den totala arealen (Fig 3.). För att beräkna observerbarheten inventerades 30 (23,4%) av dessa provytor ytterligare en gång. Vid dubbelinventeringen flög den ena helikoptern in i rutan från nord-östra hörnet och den andra från det syd-västra hörnet. Vilka ytor som skulle dubbelinventeras slumpades



Foto: Älgflyg AB.

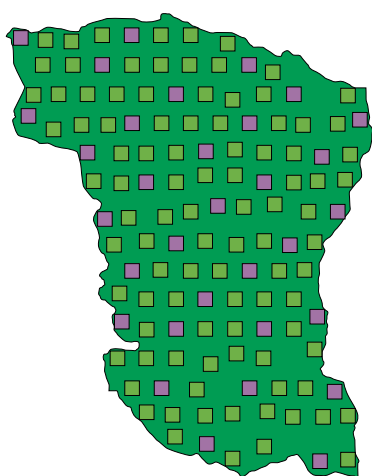
Fig 2. Flyginventering kan göras från helikopter. För effektiv inventering krävs klart väder och snö på marken för att öka möjligheterna att se älgarna på marken.

ut före inventeringen och under dubbelinventeringen kommunicerade inte personalen i de olika helikoptrarna med varandra. Även ytor där ingen älg hittades av den första helikoptern dubbelinventerades. För alla observerade älgar registrerades GPS position för att identifiera vilka älgar som den första, andra eller båda helikoptrarna hittat.

Vi använde två olika metoder för att beräkna observerbarheten under flygningen. Den första metoden (metod ett) jämför skillnaden mellan vad den första och andra helikoptern hittar med vad som totalt hittades i provytorna:

$$\hat{p} = \frac{x+y}{2n}$$

x är antalet observationer av den första helikoptern och y är antalet observationer av den andra helikoptern, n är det antal älgar som fanns i provrutorna om GPS positionerna kan användas för att identifiera älgar som båda helikoptrarna hittade.



Figur 3. Placering av provytor för flyginventering i provytor. Totalt inventerades 128 provytor med storleken 400 ha. 30 av dessa provytor dubbelinventerades (lila rutor) för att skatta observerbarheten under inventeringen.

Den andra metoden (metod två) bygger på fångst – återfångstteori genom att använda Petersen modellen som tillåter olika sannolikheter för det två helikoptrarna att upptäcka en eller flera älgar²⁰. Detta kräver att 1) det är tydligt vilka älgar som upptäcks av båda helikoptrarna, 2) upptäckta älgar är oberoende händelser, 3) antalet älgar i provytan förändras inte mellan de två flygningarna, och 4) sannolikheten att upptäcka en älg är lika stor för båda helikoptrarna, men hur många älgar de två olika helikoptrarna verkligen upptäcker kan däremot variera mellan dem.

Vi använde ett justerat Petersen estimat som gäller för små stickprov⁴¹:

$$\hat{y}_c = \frac{(Y_a + 1)(Y_b + 1) (Y_a - z)(Y_b - z)}{(z + 1)^2 (z + 2)}$$

Där:

\hat{y}_c = Populations estimatet

Y_a = antal observerade älgar som hittades av första helikoptern

Y_b = antal observerade älgar som hittades av andra helikoptern

z = antalet observerade älgar som hittades av båda helikoptrarna

Vi beräknade sedan ut korrigeringsfaktorn för observerbarhet enligt Magnusson et. al. 1978⁸

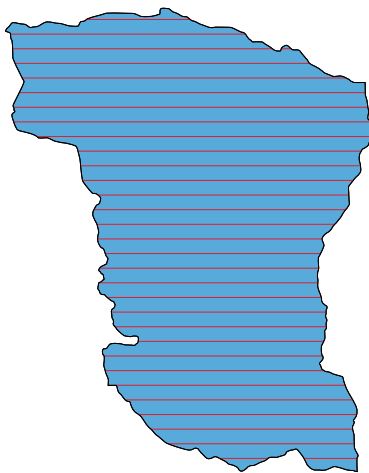
$$\hat{p} = \frac{(z+1)(y_a + y_b - z)}{(y_a + 1)(y_b + 1) - (z+1)}$$

Två helikoptrar av sorten Huges 300 (se fig 2.) användes eftersom siktbarheten både framåt och nedåt är bättre än för andra helikoptermodeller. Dessa helikoptrar är små och endast två personer får plats, vilket innebar att även piloten användes för att observera älg.

Flyginventering med Distance Sampling

Distance Sampling inventeringen genomfördes mellan den 14 och den 18 februari med ett uppehåll den 17 februari på grund av dåligt väder. En flyginventering i provytor genomfördes i området både 1999 och 2005 och antalet älgar per 1000 ha var då 8.2 respektive 7.4. Älgskötselområdets ledningsgrupp uppskattade att antalet älgar borde ligga runt 8 djur / 1000 ha. Vi gjorde då en design med parallella linjer vars totala längd borde räckta till minst 80 observationer (avstånd till en eller flera älgar) givet det antal älgar men trodde sig ha i området (Aretorn opublicerat material).

Totalt lades 31 linjer ut jämnt fördelade över studieområdet (Figur 4). Avståndet mellan linjerna var 2000 meter och den totala linjelängden 1020 km. Då älgarna i området antogs vara något klumpmässigt fördelade med en förskjutning mot kusten, lades linjerna i öst – västlig riktning för att därigenom öka homogeniteten mellan linjerna.



Figur 4 . Placering av inventeringslinjer för flyginventeringen med Distance Samplingmetoden. Totalt inventerades 31 linjer med 2000 meters mellanrum med en total linjelängd på 1020 km.

För att hålla samma flyghöjd användes en avståndsmätare för att kontrollera höjden för varje observation. För att helikoptern på ett så exakt sätt som möjligt skulle kunna följa inventeringslinjen användes en dator försedd med GPS och dubbla bildskärmar. Detta används normalt för precisionsfotografering för lodbilder från fastvingeflyg och ger piloten information om position och avvikelse i förhållande till given flygrutt för varje sekund. Alla registreringar och positioner sparades direkt i ett GIS-skikt.

Det finns sex kritiska antaganden för att distance sampling skall ge ett korrekt estimat:

- Alla djur direkt på inventeringslinjen, eller mycket nära linjen hittas alltid.
- Älgarna upptäcks alltid på den plats de befann sig innan observatören eller piloten i helikoptern upptäcker dem.
- Ensamma individer eller en grupp av älg förflyttar sig inte innan de blir upptäckta, dvs de skräms inte iväg när de hör helikoptern. Förflyttning av älg är alltid slumpmässigt relativt till inventeringslinjen.
- Vinkelräta avstånd från inventeringslinjen till observationerna mäts korrekt med hög precision.
- Upptäckta älgar är oberoende händelser.
- Inventeringslinjerna är placerade slumpmässigt med avseende på var älgarna är.

Förutsättning 1 är kritisk eftersom träden ibland står tätt och kan dölja individer som borde upptäckas på linjen. För att garantera att förutsättning 1 uppfylls, flyger helikoptern långsammare över tätt habitat än över öppet habitat på en konstant höjd av 125 meter.

Älgarna är ofta oberörda av helikoptern och grundförutsättning 2 är generellt inget stort problem vid inventering av älg med helikopter. Älgarna kan dock flytta på sig efter att helikoptern flugit nära vid könsbestämning och då är det viktigt att flyga in över älgarna så att dessa rör sig åt det håll man redan inventerat.

Om älgar som observerats på en inventeringslinje förflyttar sig och blir registrerade som nya älgar på en intilliggande linje uppfylls inte förutsättning 3. Slumpmässiga förflyttningar av älg i området, dvs förflyttningar av älg som skulle ha ägt rum i alla fall, påverkar inte förutsättning 3.

Förutsättning 4 uppfylls genom att ha avancerad teknisk utrustning till hjälp och vara noga med att registrera korrekt avstånd från linjen till älgarna.

Distance Sampling metoden förutsätter att alla observationer är oberoende av varandra (förutsättning 5). Om man observerat en eller flera älgar saktar man ofta ner för att könsbestämma, samtidigt som man avviker från linjen. De nya älgar som man eventuellt observerar under denna tid skall inte registreras (om de inte tillhör samma grupp av älgar som upptäcktes från inventeringslinjen), eftersom man inte såg dem då helikoptern befann sig på inventeringslinjen.

Antagande 6 uppnås genom att man lägger ut linjerna på ett slumpmässigt sätt relativt till älghabitat inom de olika områdena man inventerar.

Antal älgar per ytenhet beräknas enligt Burnham m fl. (2001) och programmet DISTANCE 6.0 (43):

$$\hat{D} = \frac{n * \hat{f}(0) * \hat{E}[S]}{2L}$$

Där \hat{D} är antal älgar per ytenhet, n är totala antalet observationer under inventeringen, $\hat{f}(0)$ är den beräknade täthetsfunktionen, $\hat{E}[S]$ är den skattade medelgruppstorleken och L är den totala linjelängden som inventerats.

Ett kovariat är ytterligare en variabel förutom avstånd som förklarar upptäckbarheten för en observation. Exempelvis är det svårare att hitta älg i tät skog än i öppen skog vilket påverkar hur snabbt upptäckbarheten avtar i dessa båda typer av habitat eller att sannolikheten att hitta älg avtar ju snabbare helikoptern flyger. Genom att inkludera kovariater förändrar man alltså inte grundutseendet på upptäckbarhetsfunktionen utan hur snabbt den avtar med avståndet från inventeringslinjen^{44,45}. Genom att inkludera kovariater i beräkningen kan man öka precisionen på slutresultatet och skillnaden mellan beräkningar med och utan kovariater kan vara stor.

Spillningsinventering i provrutor

Den tredje och sista inventeringsmetoden som användes var spillningsinventering i orensade provrutor. Inventeringen genomfördes mellan den 4 till den 26 maj av erfarna spillningsinventerare. 40 rutor på vardera en kvadratkilometer lades ut med systematisk slump och i dessa inventeras 800 stycken cirkelformade provytor med en radie på 5.64 meter. Avståndet mellan de cirkelformade provytorna i kvadratkilometerrutan var 200 meter. Inventerarna räknade antalet spillningshögar i provytan samt bedömde om högen var färsk, dvs tillkommen efter lövfällningen föregående höst. Minst 20 pärlor krävdes för att spillningen skulle registreras som en hög.

Spillningsinventeringar bör genomföras tidigt på våren innan vegetationen blivit så hög att det blir svårt att hitta spillningen eller att spillningen hinner brytas ner^{46,47}. Skillnaden i hur fort spillningen täcks av vegetationen varierar mellan olika habitat. På karga marker kan högen vara synlig i flera år^{1,48,49,47}. För att korrigera inventerarnas bedömning av gamla och nya spillningshögar användes data från Grimsö forskningsstation där man varje år låter spillningsinventerare skatta om högarna är nya eller gamla i särskilda försöksytor (Pehrson opublicerat data). Dessa ytor ligger, var och en, i direkt anslutning till ytor som rensats från spillning föregående höst. På så vis beräknar man det sanna värdet på hur mycket spillning som tillkommit under vintern samtidigt som inventerarnas åldersbedömning av spillningshögarna kan kontrolleras. I år bedömdes att 73,6 % av högarna i extraytorna var färska medan jämförelsen med de rensade ytorna visade på 65,6% . Detta är värden som visat sig variera kraftigt från år till år sannolikt beroende på skillnader i väderförhållanden mellan vintrarna.

För att få ett tillförlitligt estimat på antal älgar per ytenhet är det viktigt att man vet längden på inventeringsperioden³¹. Det säkraste sättet att få en precis skattning på periodens längd är således att rensa ytorna i början på hösten när man ska inventera påföljande vår. Eftersom detta inte var gjort i området användes 10:e oktober som startdatum då detta antogs vara det ungefärliga medeldatum då lövfällningen skedde i området. Genom att räkna de spillningshögar som ligger ovanpå fjolårets löv kan man skatta antalet högar som skall ingå i inventeringen.

Eftersom vi inte visste spillningsfrekvensen för älgarna i området använde vi tre olika spillningsfrekvenser; 14 högar per älg och dygn 50, 17 högar per älg och dygn (Wallin m fl. opublicerat manuskript) och 19 högar per älg och dygn⁵¹.

Fördelningen av spillning i provytorna beräknades genom:

$$\hat{D} = \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)}{(T * F)}$$

Där \hat{D} är älgar per / ha, Q antal spillningshögar, A = total yta av provytorna och T antal dagar som spillningen ackumulerats.

Resultat

Flyginventering i provytor

Under dubbelinventeringen av provrutorna hittade första helikoptern totalt 50 älgar, andra helikoptern 59 älgar och analys av GIS av positionerna på dessa älgar visade att det totalt var 69 älgar i rutorna. Detta gav ger en korrektionsfaktor på 0.79 ± 0.049 (SE).

Den andra metoden att skatta observerbarheten gav en korrektionsfaktor på 0.94 ± 0.025 (SE) då 40 av de älgar som hittades i provrutorna hittades av båda helikoptrarna. Resultatet från provytorna blev 5.76 ± 1.08 (SE) okorrigerat. Använder man den första korrektionsfaktorn för observerbarhet samt osäkerheten i både korrektionsfaktorn och mellan provytorna blir slutresultatet $7.29 + 1.95$ (SE) och $7.29 - 1.72$ (SE) (5.57 – 9.24 älgar / 1000 ha). I andra fallet med den andra korrektionsfaktorn blir slutresultatet $6.15 + 1.36$ (SE) och $6.15 - 1.29$ (SE) (4.86 – 7.51 älgar / 1000 ha).

Flyginventering med Distance Sampling

Totalt erhöles 108 observationer (avstånd) som innefattade 328 älgar. Medelgruppstorleken var 3.04 älgar per observation och varierade mellan 1 – 10 älgar. Flyghastighet och skogens täthet påverkade upptäckbarheten och ingick som kovariater i den slutliga modellen för att beräkna antal älgar / 1000 ha.

Resultatet från inventeringen blev 7.0 älgar / 1000 ha ± 0.96 (SE). Medelsannolikheten att hitta en älg ut till 221 meter från helikoptern var 47% och drygt en älg per inventerad kilometer hittades.

Spillningsinventering i provrutor

Efter att en del provytor fallit bort på grund av det visade sig att de hamnat i vatten, på vägar, åkermark eller annan mark omöjlig att inventera så återstod totalt 597 stycken 100 m² provytor. Totalt hittades 298 spillningshögar varav 54.03% bedömdes som färska, dvs 161 stycken. När detta korrigerades enligt Grimsö värdet blev korrigeringsfaktorn 1.22 vilket innebär att antalet färska högar ökade till 196 stycken. Detta betyder att inventerarna i Österljusnan underskattade antalet färska spillningshögar givet att samma förhållanden råder i Österljusnan jämfört med Grimsöområdet.

Tre olika spillningsfrekvenser (spillningshögar /dygn) användes för att beräkna antalet älgar / 1000 ha; 14, 17 och 19 (Tabell 1).

Tabell 1. Sammanfattning av resultatet från spillningsinventeringen i orensade provytor. Både antal älgar / 1000 ha för okorrigerat och korrigerat värde anges.

Högar / dygn	Älgar / 1000 ha	SE	Älgar / 1000 ha	SE
okorrigerat			korrigerat	
14 högar	8.90	1.21	10.82	1.10
17 högar	7.33	1.00	8.91	0.91
19 högar	6.56	0.89	7.97	0.81

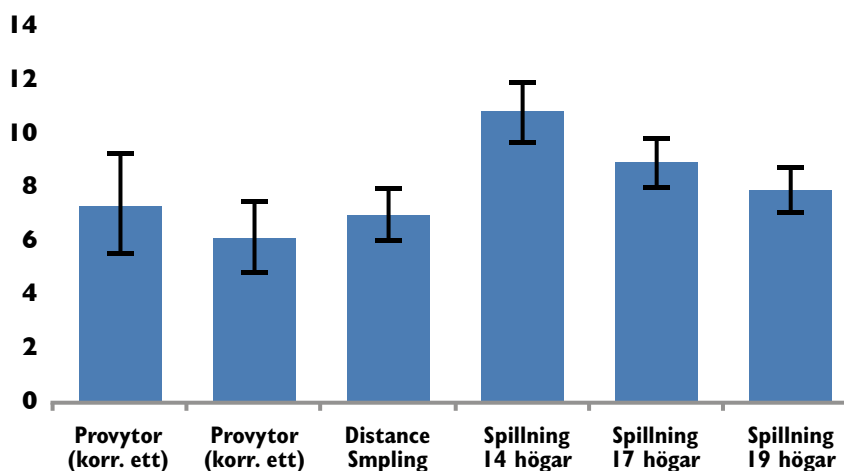
Jämförelse mellan metoderna

Vid inventeringen med helikopter i provtytor gav de två olika sätten att korrigera för observerbarhet olika resultat, där Petersen estimatet gav den högsta observerbarheten, 94%. Petersen estimatet bygger på hur stor andel av de älgar man hittar när man flyger två gånger i samma yta. Eftersom det inte flögs två gånger i alla provtytor kan denna metod överskatta observerbarheten. Det första sättet att beräkna observerbarheten är enklare att räkna ut och gav i detta fall en lägre upptäckbarhet än Petersen estimatet, 0.79%. Osäkerheten i denna metod består i att man inte tar hänsyn till att älgarna kan ha flyttat sig mellan inventeringarna och vid analys av GPS positionerna kan samma älg räknas som två olika observationer. Detta kan då resultera i en underskattning av observerbarheten.

Akaike's Information Criterion⁵² eller AIC är ett redskap för att jämföra olika modeller och hur väl dessa är anpassade till det underliggande datamaterialet. Resultatet från Distance Sampling inventeringen bygger på modellselektion och skillnaden i AIC var stor mellan de olika modellerna och modellen med avstånd från linjen, täthet på skogen och helikopterns hastighet hade lägst AIC.

Vi använde tre olika spillningsfrekvenser 14, 17 och 19 högar per älg och dygn. Figur 5 visar resultaten från de tre olika inventeringarna med de korrigerade värdena för spillningsinventeringen. Resultatet från spillningsinventeringen där 14 spillningshögar / dygn användes skilde sig signifikant från alla resultat från flyginventeringarna. Resultatet från spillningsinventeringen där 17 spillningshögar / dygn användes skilde sig signifikant från resultatet från flyginventeringen i provtytor där observerbarheten beräknades med metod ett (Petersen estimatet) men inte från resultatet från flyginventering i provtytor där observerbarheten beräknades med metod två. Användes 19 spillningshögar / dygn skilde sig inte spillningsinventerings resultatet från något av resultaten från flyginventeringarna. Vi skrev tidigare att antal spillningshögar som bedömdes som årets korrigerades med en korrigeringsfaktor som framräknats från ett annat område (Grimsö). Om man jämför resultaten från spillningsinventeringen beräknat på okorrigerade värden skiljer sig resultatet där 14 spillningshögar / dygn användes från flyginventering i provtytor med korrigeringsmetod 2, men inte från resultatet där korrigeringsmetod 1 användes eller resultatet från Distance Sampling flygningen. Resultaten med 17 och 19 spillningshögar / dygn beräknat på okorrigerade spillningsvärden skilde sig inte signifikant från något sätt att beräkna observerbarheten vid provtyteinventering med flyg och inte från resultatet från Distance Sampling flygningen.

älgar/1000ha



Figur 5. Resultat från de tre inventeringarna; flyginventering i provtytor med helikopter korrigerat för observerbarhet (korr. ett och korr. två), linjeinventering med helikopter och Distance Samplingmetoden (Distance Sampling), och spillningsinventering i orensade provtytor (14, 17 och 19 högar per älg och dag) korrigerat med Grimsö spillningskorrigeringsfaktor.

Diskussion

Det hittills vanligaste sättet att inventera älg från luften har varit totalinventering i provytor. Det är även den metod som man tror ger den bästa uppskattningen av älgpopulationer^{77,53}. Den största felkällan med metoden är att man inte hittar alla älgar och att det är kostsamt att skatta observerbarheten på ett bra sätt. Under arbetet med denna rapport framkom många olika metoder att korrigera för observerbarheten beroende på vilket företag som tillfrågades. Ingen av de tillfrågade redogjorde emellertid för osäkerheten i den skattade korrektionsfaktorn när de rapporterade slutresultatet till kunden. Resultatet från provyteinventeringen var även det som hade den största osäkerheten i skattningen av antal älgar / 1000 ha. Vid provyteinventering är man även mer beroende av två helikoptrar på ett annat sätt än vid en distance sampling inventering. Detta tillsammans med att metoden kostade mest att genomföra gör att Distance Sampling och spillningsinventering framstår som bättre alternativ.

Linjeinventeringar med Distance Sampling antas i dag vara den dominerande metoden att beräkna täthet av stora däggdjur⁵⁴. Förutom att metoden används för att inventera älg i flera regioner i Alaska⁵⁵, används den även för att inventera björn⁵⁶, älg^{57,58}, vildhäst⁵⁹, hjort⁶⁰, isbjörn^{61,62,63}, antilop^{64,65} sälar⁶⁶, valar^{67,22,68,69} samt många andra arter²².

Gasaway och DuBois (1987)⁷⁰ redogjorde för de största nackdelarna med linjeinventering och Distance Sampling av älg jämfört med andra typer av inventeringar. Av de grundförutsättningar som nämndes tidigare kvarstod bara tre som betydelsefulla. Den första var att metoden var begränsad till relativt okuperad terräng. Detta är dock inte något problem om helikoptern är utrustad med altimeter som garanterar att samma höjd över marken hålls trots relativt kuperad terräng. Den andra svagheten som identifierades var att sannolikheten att hitta älg tenderar att vara låg (>0.30), vilket resulterar i att upptäckbarheten blir låg och osäkerheten i skattningen av antalet älgar hög. Tidigare studier har dock visat att upptäckbarheten för älg även vid mycket låga tätheter har varierat mellan 0.44 – 0.63, värden som inte innebär något problem med ostabila estimat⁵⁵. Den sista nackdelen författarna beskriver är att osäkerheten och precisionen av skattade upptäckbarhetsfunktioner för äginventeringar inte blivit utvärderade. Forskning under de sista 20 åren föreslår liten eller ingen bias i linjeinventering med Distance Sampling om designen är korrekt, data samlas in av utbildad personal och att den som gör beräkningarna är tillräckligt statistiskt kunnig^{71,22}.

Spillningsinventering har använts länge inom både förvaltning och forskning av älg^{31,72,19,73}. Metoden är enkel och robust samt ger en bild över hur älgarna varit fördelade i området under en längre tid än vad resultatet från flyginventeringar ger. Den största nackdelen med spillningsinventeringar är att de inte ger någon bild av populationens sammansättning, vilket man kan få av flyginventeringar. Det finns även några saker som gör att skattningen kan bli osäker vid spillningsinventeringar. Vi har tidigare diskuterat kring variationen i hur många högar en älg producerar per dag. Sannolikt är det mindre variation inom samma område mellan år än det är mellan olika områden samma år (Pehrson opublicerat material men även i Andersen och Lindsey 1996¹⁷). Komplettering med enstaka flyginventeringar då och då samt kalibreringar gentemot älgobsen och den lokala avskjutningen bör efter en tid ge en stabil siffra för vilket värde på spillningsfrekvensen som skall användas lokalt. Förmågan att avgöra om spillningen är gammal eller ny är en annan källa till osäkerhet som kan praktiskt taget helt reduceras om man rensar provytorna på hösten. Då vet man dessutom exakt hur många dygn studieperioden för varje enskild provyta sträcker sig över och att all spillning som påträffas har producerats under denna period. En stor fördel med spillningsinventeringar är att man får information över den genomsnittliga populations-tätheten under hela vinterperioden som man kan knyta till foderutnyttjande. Detta tillsammans med den låga kostnaden och den relativt låga osäkerheten i skattningen, gör metoden mycket konkurrenskraftig jämfört med flyginventeringar.

Slutsatser och förslag

Inventeringar är dyra och det slutestimat man betalar för får inte innehålla några systematiska fel, vara precist och helst billigt så att man kan inventera ofta. I vår jämförelse mellan de tre olika metoderna var den dyraste metoden den minst precisa vilket gör att vi förordar Distance Sampling och linjeinventering med helikopter vid framtida flyginventeringar. Har man genomfört en flyginventering med Distance Sampling metoden i ett område blir kostnaden för påföljande inventeringar lägre. Det beror på att upptäckbarhetsfunktionen är specifik för området givet att man tar in samma kombination av kovariater. Det innebär att man kan använda observationerna från den föregående flyginventeringen varför man inte behöver lika många observationer vid nästa inventering. Om, som i vårt fall första flyginventeringen med Distance Sampling metoden genererade 108 avstånd, räcker det med mindre än 60 nya observationer för att beräkna en ny täthet vid en andra flyginventering i samma område efter ett antal år. En vanlig uppfattning har varit att man får de bästa beståndsskattningarna från flyginventeringar^{77,53}. Flyginventeringar är dyra och fungerar heller inte i områden med lite snö eftersom det blir för svårt att hitta älgarna.

Spillningsinventering är ett värdefullt verktyg inom forskning och förvaltning som kan användas till att få fram pålitliga data under de flesta fältförhållanden^{31,32,74,75}. Inom både förvaltning diskuteras spillningsinventeringar som ett bra alternativ eller komplement till flyginventeringar och från forskarhåll är inställningen till metoden övervägande positiv. Den största fördelen med spillningsinventeringar är att den ger en genomsnittlig populationstäthet över en längre period, ett mått på utnyttjandet under hela vinterperioden, medan flyginventeringar ger en ögonblicksbild⁷⁶. Det kan innebära att det finns större samband mellan spillningsinventeringar och foderutnyttjande / skogsskador än vad det gör mellan flyginventeringar och dessa variabler⁷⁵.

Baserat på resultaten från jämförelsen mellan de tre olika inventeringsmetoderna drar vi följande slutsatser:

- Resultaten från de två olika flyginventeringsmetoderna var inte signifikant skilda åt, men provytemetoden var dyrare och gav en osäkrare skattning jämfört med Distance Sampling metoden.
- Spillningsinventeringen indikerar att en spillningsfrekvens på mellan 17 - 19 högar per älg och dygn verkar ge en relativt korrekt skattning av antal älgar i området givet att flyginventeringarna var rätt.
- Flyghastigheten under en inventering med Distance Sampling är mycket viktig eftersom det tenderar att vara svårare att söka av området nära helikoptern vid hög hastighet. Vi rekommenderar att man över tät skog inte flyger fortare än 40 km / timmen och över öppen skog inte fortare än 60 km / timmen. I områden med hög täthet av älg (>10 älgar / 1000 ha) kan flyghastigheten i öppen terräng ökas till 80 km / timmen.

Det går inte att sätta exakta kronor och ören på vad de olika metoderna kostar. Detta skiljer sig givet givetvis från fall till fall bl. a. beroende på hur stor yta som skall inventeras, antal älgar i området, vilken helikoptertyp som används under flyginventeringen, hur långt det är till närmsta flygplats etc. Jämför man inventeringarna givet att samma förhållanden råder för alla inventeringarna då blir flyginventering med helikopter i provytor den dyraste inventeringsmetoden. Billigast av alla inventeringarna blir spillningsinventeringen som i vårt fall kostade knappt 40% av vad flyginventering med Distance Sampling metoden gjorde och enbart ca. 20% jämfört med flyginventeringen i provytor.

Förslag inför framtiden

Vid beräkningar av resultatet från en flyginventering i provytor är det viktigt att redovisa hur man räknat ut observerbarheten. Osäkerheten i skattningen av observerbarheten bör inkluderas till osäkerheten i skattningen av antal älgar / 1000 ha för att ge en korrekt bild av den totala osäkerheten i skattningen.

Om man bestämmer sig för att flyginventera rekommenderar vi Distance Sampling metoden eftersom den är billigare och ger ett robustare estimat. Vill man upprepa inventeringen efter ett antal år i samma område, kan samma upptäckbarhetsfunktion användas för den andra inventeringen. Detta gör att kostnaden för flyginventeringar i samma område efter man flugit med Distance Samplingmetoden blir billigare än vid första inventeringen.

För att minimera kostnaden bör man i framtiden inventera stora områden med Distance Sampling eftersom metoden inte är ytberoende (utan beroende av antal observationer) och inte ökar i kostnad med storleken på ytan på samma sätt som provyteinventering gör.

Områden mindre än 100 000 ha med en älgtäthet lägre än 6 älgar / 1000 ha blir inte billigare med Distance Sampling av samma orsak som att större områden inte blir dyrare. Problemet med att inventera små områden med Distance Sampling beror på att avståndet mellan linjerna blir för litet och man riskerar att räkna samma älgar från två intilliggande linjer. Detta kan lösas genom att man flyger alla linjer två gånger, men metoden blir då inte billigare än en flyginventering i provytor.

Spillningsinventering är den billigaste metoden och borde användas i större utsträckning. Vi rekommenderar rensade provytor för att komma från den osäkerhet det innebär att avgöra om spillningen är gammal eller ny samtidigt som man får en exakt uppgift på under hur lång tid spillningen kan ha producerats. Kombinerad spillningsinventering i rensade provrutor med en flyginventering ungefär vart femte år för att korrigera spillningsfrekvensen har man en mycket bra uppföljning. Höstrensning fördyrar givetvis spillningsmetoden men rensar man de fasta provytorna själv och betalar för inventeringen på våren blir kostnaden låg.

Ingen inventering är bättre än det sätt som datan samlas in på. Distance Sampling kräver kunskap om vad som skall registreras under inventeringen samt skickliga observatörer och piloter plus en relativt avancerad utrustning. Vi föreslår någon form av utbildning för alla som genomför denna typ av inventering i framtiden för att beställare skall veta att inventeringen genomförs på ett korrekt sätt.



Figur 6. För en bra älgförvaltning krävs bra inventeringar. Inventeringarna är beslutsunderlag för avskjutningsplaner och bestämmer den årliga avskjutningen. Målen för förvaltningsplaner bestäms dock flera andra faktorer än det antal älgar som räknas in. Slutanvändarna av inventeringsresultaten är älgjägarna som ska omvandla prognoser och beräkningar till faktisk förvaltning.

Referenser

1. Lavsund, S. 1975. Undersökningar av spillningshögar. - Rapporter och Uppsatser 23, Institutionen för Skogszoologi, Skogshögskolan, Stockholm.
2. Haagenrud, H., Krzysztof, M., Kaarlo, N. and Stålfelt F. 1987. Management of moose in Nordic countries. Swedish Wildlife Research, 635-642.
3. Ericsson, G. and Wallin, K. 1999. Hunter observations as an index of moose *Alces alces* population parameters. *Wildlife Biology*, 5: 177-185.
4. Persson, I. L. 2003. Seasonal and habitat differences in visibility of moose pellets. *Alces*, 39: 233-241
5. Wennberg DiGasper, S. 2006. Already adaptive – an investigation of the performance of Swedish moose management organizations. Licentiate thesis. Luleå University of Technology. Luleå, Sweden.
6. Fuller, T.K. 1991. Do pellet counts index white-tailed deer numbers and population change? *Journal of Wildlife Management* 55: 393-396.
7. Mayle, B.A., Peace, A.J. and Gill, R.M.A. 1999. How many deer? A Field Guide to Estimating Deer Population Size. Field book 18. Forestry Commission. Edinburgh. UK, 96 pp.
8. Barnes R.F.W. 2001. How reliable are dung counts for estimating elephant numbers? *African Journal of Ecology* 39: 1-9.
9. Smart, J.C.R., Ward, A.I. and White, P.C.L. 2004. Monitoring woodland deer populations in the UK: an imprecise science. *Mammal Review*, 34: 99-114.
10. Rönnegård, L., Sand, H., Andrèn, H., Månsson, J. & Pehrson, Å. 2008. Evaluation of four methods used to estimate population density of moose *Alces alces*. *Wildlife Biology*, 14: 358-371.
11. Fryxell, J.M., Mercer, W.E. and Gellately, R.B. 1988. Population dynamics of Newfoundland moose using cohort analysis. *Journal of Wildlife Management*, 52: 14-21.
12. Solberg, E.J. and Sæther, B-E. 1999. Hunter observations of moose *Alces alces* as a management tool. *Wildlife Biology*, 5: 107-117.
13. Solberg, E., Rolandsen, C., Heim, M., Linnell, J., Herfindal, I. and Sæther, B-E. 2010. Age and sex-specific variation in detectability of moose (*Alces alces*) during the hunting season: implications for population monitoring. *European Journal of Wildlife Research*.
14. Caughley, G. 1974. Bias in aerial survey. *Journal of Wildlife Management* 38: 921-933.
15. LeResche, R.E. & Rausch, R.A. 1974. Accuracy and precision of aerial moose censusing. *Journal of Wildlife Management*, 38: 175-182.

16. Gasaway, W.C. & Dubois, S.D. 1987. Estimating moose population parameters. *Swedish Wildlife Research, Supplement 1*: 603-617
17. Anderson, C.R. and Lindzey, F.G. 1996. Moose visibility model developed from helicopter surveys. *Wildlife Society Bulletin* 24: 249-259.
18. Timmerman, H.R. and Buss, M.E. 1998. Population and Harvest Management. In: Franzmann, A.W. & Schwartz, C.C. (eds). *Ecology and Management of the North American Moose*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 559-615.
19. Williams, B.K., Nichols, J.D. and Conroy, M.J. 2002. *Analysis and Management of Wildlife Populations*, Academic Press, San Diego, California, USA.
20. Seber, G.A.F. 1982. *Estimating Animal Abundance and Related Parameters*. 2nd edn. Charles Griffin and Co. London.
21. Pollock, K. and Kendall, W. 1987. Visibility bias in aerial surveys: a review of estimation procedures. *Journal of Wildlife Management*, 51: 502-510.
22. Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J. L., Borchers, D.L. and Thomas, L. 2001. *Introduction to distance sampling*. Oxford University Press, Oxford, England
23. Dawson, M.J. and Miller, C. 2008. Aerial mark-recapture estimates of wild horses using natural markings. *Wildlife Research*, 35: 365-370.
24. White, G. 1993. Evaluation of radio tagging, marking and sighting estimators of population size using Monte Carlo simulations. In: J.D. Lebreton, P.M. North (eds.), *Marked individuals in the study of bird population* (pp. 91-103). Basel, Switzerland: Birkhauser Verlag.
25. White, G. 1996. NOREMARK: population estimation from mark-resighting surveys. *Wildlife Society Bulletin*, 24:50-52.
26. Quayle, J. F., MacHutchon, A.G, and D. N. Jury. 2001. Modeling moose sightability in south-central British Columbia. *Alces*, 37:43-54.
27. Amstrup, S.C., McDonald, T.I. and Manly. B.F.J. 2005. *Handbook of capture-recapture analysis*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
28. Skalski, J.R., Millspaugh, J.J. and Spencer, R.D. 2005. Population estimation and biases in paintball, mark-resight surveys of elk. *Journal of Wildlife Management*, 69: 1043-1052
29. Bennett, L.J., English, P.F. and McCain, R. 1940. A study of deer populations by use of pellet-group counts. *Journal of Wildlife Management*, 4: 398-403
30. Eberhardt, L., and Van Etten, R.C. 1956. Evaluation of the pellet group count as a deer census method. *Journal of Wildlife Management*, 20:70-74
31. Neff, D.J. 1968: The pellet-group count technique for big game trend, census and distribution: a review. *Journal of Wildlife Management*, 32: 597-614

32. Bailey, R.E. and Putman, R.J. 1981. Estimation of fallow deer (*Dama dama*) populations from faecal accumulation. *Journal of Applied Ecology* 18: 697-702.
33. Plumptre, A. J. and Harris, S. 1995. Estimating the biomass of large mammalian herbivores in a tropical montane forest: a method of faecal counting that avoids assuming a 'steady state' system. *Journal of Applied Ecology*, 32: 111-120.
34. Komers, P.E.B. and Peter N.M. 1997. Dung pellets used to identify the distribution and density of dik-dik. *African Journal of Ecology*, 35: 124-132.
35. Marques, F.F.C., Buckland, S.T., Goffin, D., Dixon, C.E., Borchers, D.L., Mayle, B.A. and A.J. Peace. 2001. Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: sika deer in southern Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 38:349-363.
36. White, G.C. 1992. Do pellet counts index white-tailed deer numbers and population change?: A comment. *Journal of Wildlife Management* 56:611-612.
37. Franzmann, A.W., Arneson, P.D. and Oldemeyer, J.L. 1976. Daily winter pellet groups and beds of Alaskan moose. *Journal of Wildlife Management*, 40: 374-375.
38. Oldemeyer, J.L. and Franzmann, A.W. 1981. Estimating winter defecation rates for moose, *Alces alces*. *Canadian Field Naturalist*, 95: 208-209.
39. Joyal, R. and Ricard, J.G. 1986. Winter defecation output and bedding frequency of wild, free-ranging moose. *Journal of Wildlife Management*, 50:734-736
40. DesMeules, P. 1968. Détermination du nombre de reposées établies, par jour par lórginal (*Alces alces*) en hiver. *Nat. Can. (Que)* 95:1153-1157.
41. Krebs, C.J. 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins, New York.
43. Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques T.A. and Burnham, K.P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology*, 47:5-14.
44. Innes, S., Heide-Jørgensen, M.P., Laake, J.L., Laidre, K.L., Cleator, H.J., Richard, P., Stewart, R.E.A. 2002. Survey of belugas and narwhals in the Canadian High Arctic in 1996. *NAMMCO Scientific Publication*, 4:169-190.
45. Marques, T., Thomas, L., Fancy, S. and Buckland, S. 2007. Improving estimates of bird density using multiple-covariate distance sampling. *The Auk*, 124: 1229-1243.
46. Wallmo, O.C., Jackson, A.W., Hailey, T.L. and Carlisle, R.L. 1962: Influence of rain on the count of deer pellet groups. *Journal of Wildlife Management*, 26: 50-55.
47. Lehmkuhl, J. F., Hansen, C. A. and Sloan, K. 1994. Elk pellet-group decomposition and detectability in coastal forests of Washington. *Journal of Wildlife Management*, 58: 664-669.
48. Vikberg, M. and Bergström, R. 1984: Älgspillning och mosspåväxt – ett inventeringsproblem. *Viltnytt*, 19: 31-35.

49. Harestad, A.S. and Bunnell, F.L. 1987. Persistence of Black-Tailed Deer Fecal Pellets in Coastal Habitats. *Journal of Wildlife Management*, 51: 33–37.
50. Persson, I.-L., Danell, K. and Bergström, R. 2000. Disturbance by large herbivores in boreal forests with special reference to moose. *Annales Zoologici Fennici*, 37:251–263.
51. Pehrson, Å. och Månsson, J. 2005. Älgtäthet – betestryck – skador i Grimsö – Malingsbo – Kloten. Inventering av Sveaskogsägda marker i Bergslagen våren 2005. Rapport.
52. Akaike H. 1975. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. on Automatic Control*, Vol. IC-19, 6: 716-723
53. Jordan, P.A., Peterson, R.O., Campbell, P. and McLaren, B. 1993. Comparison of pellet counts and aerial counts for estimating density of moose at Isle Royale. *Alces*, 29: 267-278.
54. Borchers, D.L., Buckland, S.T. and Zucchini, W. 2002. Estimating animal abundance. Springer, London, England.
55. Nielson, R.M., McDonald, L.L. and Kovach, S.D. 2006. Aerial line transect survey protocols and data analysis methods to monitor moose (*Alces alces*) abundance as applied on the Innoko National Wildlife Refuge, Alaska. Technical report prepared for US Fish and Wildlife Service, McGrath, Alaska, USA
56. Quang, P.X. and Becker, E.F. 1996. Line transect sampling under varying conditions with application to aerial surveys. *Ecology*, 77:1297-1302.
57. Drummer, T.D. and McDonald, L.L. 1987. Size bias in line transect sampling. *Biometrics*: 43:13-21.
58. Samuel, M.D., Garton, E.O., Schlegel, M.W. and Carson, R.G. 1987. Visibility bias during aerial surveys of elk in northcentral Idaho. *Journal of Wildlife Management*, 51:622-630.
59. Walter, M. J., and J. Hone. 2003. A comparison of 3 aerial survey techniques to estimate wild horse abundance in the Australian Alps. *Wildlife Society Bulletin* 31:1138-1149.
60. White, G.C., Bartmann, R.M., Carpenter, L.H. and Garrott, R.A. 1989. Evaluation of aerial line transects for estimating mule deer densities. *Journal of Wildlife Management*, 53:625-635
61. Manly, B.J., McDonald, F.L.L. and Garner, G.W. 1996. Maximum likelihood estimation of the doublecount method with independent observers. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 1:170-189.
62. McDonald, L.L., Garner, G.W. and Robertson, D.G. 1999. Comparison of aerial survey procedures for estimating polar bear density: results of pilot studies in northern Alaska. Pages 37-52 in Garner, G.W., S.C. Amstrup, J.L. Laake, B.F.J. Manly, L.L
63. Evans, T. J., Fischbach, A., Schliebe, S., Manly, B., Kalxdorff, S. and York, G. 2003. Polar bear aerial survey in the eastern Chukchi Sea: a pilot study. *Arctic*, 56:359-366.

64. Johnson, B.K., Lindzey, F.G. and Guenzel, R.J. 1991. Use of aerial line transect surveys to estimate pronghorn populations in Wyoming. *Wildlife Society Bulletin*, 19:315-321.
65. Whittaker, D.G., Van Dyke, W.A. and Love, S.L. 2003. Evaluation of aerial line transect for estimating pronghorn antelope abundance in low-density populations. *Journal of Wildlife Management*, 31:443-543.
66. Beavers, S.C., and Ramsey, F.L. 1998. Detectability and analysis in transect surveys. *Journal of Wildlife Management*, 62:948-957.
67. Hay, K. 1982. Aerial line-transect estimates of abundance of humpback, fin and long-finned pilot whales in the Newfoundland-Labrador area. Report to the International Whaling Commission, 32:475-486.
68. Hedley, S.L. and Buckland, S.T. 2004. Spatial models for line transect sampling. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 9:181-199.
69. Laake, J., Calambokidis, J.S., Osmek, D. and Rugh, D.J. 1997. Probability of detecting harbor porpoise from aerial surveys: estimating $g(0)$. *Journal of Wildlife Management*, 61:63-75
70. Gasaway, W.C., DuBois, S.D., Reed, D.J. and Harbo, S.J. 1986. Estimating moose population parameters from aerial surveys. *Biological Papers of the University of Alaska* 22:1-108.
71. Cassey, P., and McArdle, B.H. 1999. An assessment of distance sampling techniques for estimating animal abundance. *Environmetrics* 10:261-278
72. White, G.C. and Eberhardt, L.E. 1980. Statistical analysis of deer and elk pellet-group analysis. *Journal of Wildlife Management*, 44, 121-131.
73. Wilson, D.E., Cole, F.R., Nichols, J.D., Rudran, R., and Foster, M.S., eds. 1996. *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Mammals*, pp 409. Smithsonian Institution Press, Washington and London.
74. Sand, H. och Bergström R. 2003. Spillningsinventering – räkna älgskit – billigare än att flyga. *Balans*, 1: 14-15
75. Kindberg, J., Persson, I.-L., and Bergström, R.L. 2004. Spillningsinventering av klövvilt. Workshop Öster-Malma 17-18 mars 2004. Slutrapport, Umeå.
76. Guillet, C., Bergström, R., Cederlund, G. and Ballon, P. 1995. Comparison of telemetry and pellet-group counts for determining habitat selectivity by roe deer (*Capreolus capreolus*) in winter. *Game Wildlife*, 12: 253-269
77. Timmerman, H. R. 1974. Moose inventory methods: A review. *Naturaliste Canadien*, 101: 615–629.
78. Magnusson, W.E., Grigg, G.C. and Taylor, J.A. 1978. An aerial survey of potential nesting areas of the saltwater crocodile, *Crocodylus porosus* Schneider, on the north coast of Arnhem Land, Northern Australia. *Australian Wildlife Research*, 5: 401-415.

Tidigare nummer av Viltforum

Viltforums rapportserie kommer ut med något eller några nummer årligen.

Alla rapporter ligger tillgängliga på nätet som läs- och nerladdningsbara PDF-filer på www.jagareforbundet.se/viltforum. Det är inte alla nummer som trycks i pappersversion utan dessa finns bara tillgängliga på nätet.

- Nr 1/08 Predatorkontroll inom Viltförvaltning och Naturvård – en kunskapsställning.
Widemo F.
- Nr 2/08 Årsrapport Viltövervakningen jaktåret 2006/2007
Kindberg J, Holmqvist N & Bergqvist G.
- Nr 1/09 Bly från ammunition som förgiftningsrisk hos rovfåglar- en kunskapsöversikt
Axelsson J.
- Nr 2/09 Årsrapport Viltövervakningen jaktåret 2007/2008
Kindberg J, Holmqvist N & Bergqvist G.
- Nr 1/10 Jämförelse av tre inventeringsmetoder för älg.
Hörnell-Willebrand M & Pehrsson Å.

Viltforum är en rapportserie från Svenska Jägareförbundet. Innehållet behöver inte spegla Svenska Jägareförbundets uppfattning eller inställning. Rapporterna tar upp särskilt intressanta frågor eller områden som brett har anknytning till jakt- eller viltvårdsrelaterade frågor.

Titel: Jämförelse av tre inventeringsmetoder för älg.

Författare: Maria Hörnell-Willebrand och Åke Pehrson

Url: www.jagareforbundet.se/viltforum

Utgivningsdatum: dec 2010

Redaktör: Niklas Holmqvist

Citeras som: Hörnell-Willebrand M. och Pehrsson Å. 2010. Jämförelse av tre inventeringsmetoder för älg. Svenska Jägareförbundet. Viltforum 1/2010.

Sammanfattning: I Sverige styrs älgpopulationen med aktiv förvaltning som bygger på inventeringar av olika slag. Idag används flera inventeringsmetoder inom älgförvaltningen vilka sällan utvärderas vetenskapligt. I denna rapport utvärderas tre olika metoder utifrån deras förmåga att skatta antal älgar och kostnaderna förknippade med detta. Förslag på justeringar och förbättringar av metoderna ges av författarna. Alla tre metoder kan om de kalibreras ge liknande antal älgar men kostnaderna skiljer sig.

Nyckelord: Inventeringsmetodik, älg, flyginventering, spillningsinventering, älgförvaltning

Layout: ellie.se

ISBN: 978-91-977510-1-8

Rapporten kan beställas: Viltforum, Svenska Jägareförbundet, Öster Malma, 611 91 Nyköping