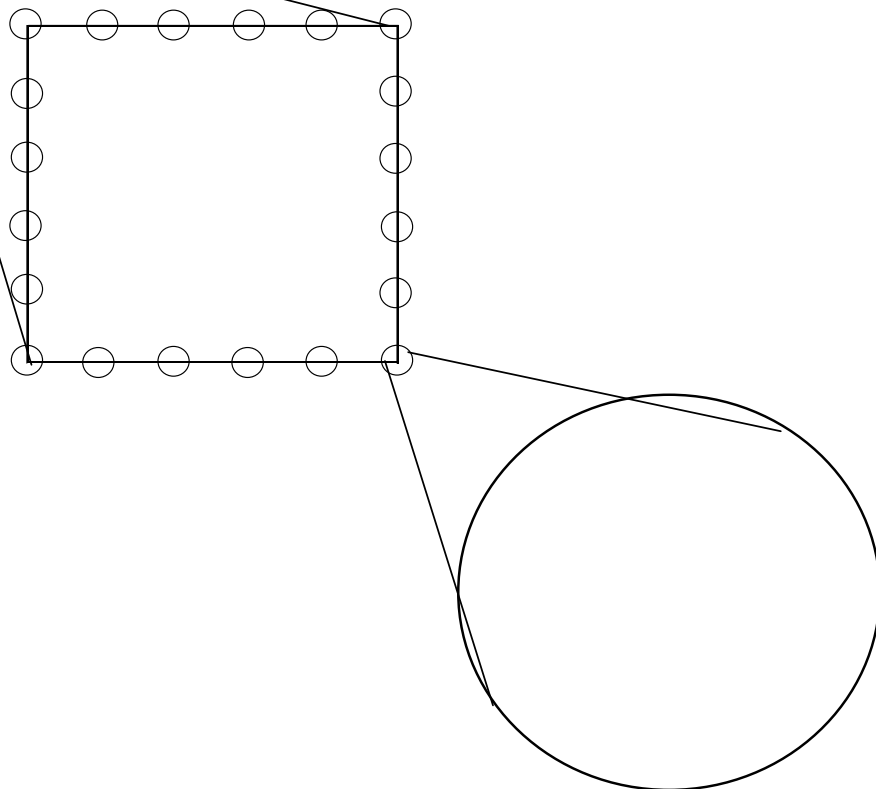
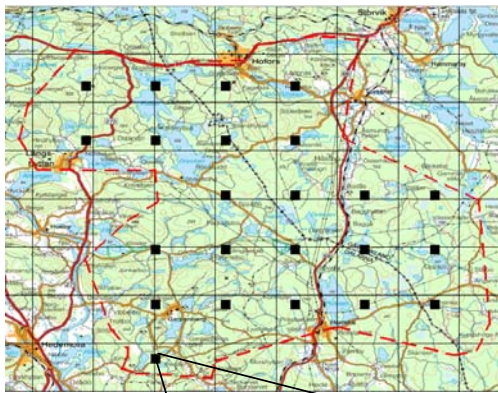


Spillningsinventering av älg och annat klövvilt: Principer för utläggning av provytor

TILLÄGGSRAPPORT
Svenska Jägareförbundet
”Forskningstjugan”
PROJEKT 5763/2004

Emil Broman



Förord

Denna rapport är en följd av en diskussion som länge pågått bland forskare, viltförvaltare och jägare om hur man bör lägga upp en spillningsinventering för att få ut ett bra resultat till så liten insats och kostnad som möjligt. Efter en workshop på Öster Malma våren 2004, finansierad med pengar ur Forskningstjugan och arrangerad av Jonas Kindberg på Svenska Jägareförbundet, togs ett initiativ av Kindberg att med restmedel ta itu med frågan. Förhoppningsvis ska detta arbete vara ett bidrag i frågan och därmed till gagn för svensk klövviltsförvaltning. Ett stort tack till framförallt Jonas Kindberg, till Svenska Jägareförbundet och till Naturvårdsverkets vetenskapliga kommitté för viltforskning. Kjell Wallin, Svensk Viltförvaltning AB och Roger Bergström, Skogforsk tackar jag för data och värdefulla diskussioner. Tack även till alla övriga som har bidragit med data, speciellt vill jag omnämna Aneby jaktvårdskrets som träget gjort inventeringar med egna medel i flera år och som på detta sett visar vägen för andra hur man effektivare kan nå uppsatta mål.

Göteborg 2007

Emil Broman

Rekommendationer för att förbereda en enklare spillningsinventering utifrån provytor

1. Bestäm vad det är ni vill kunna svara på med hjälp av inventeringen. En inventering på 500-1000 provytor ger i de flesta fall en möjlighet att med säkerhet upptäcka skillnader i medeltäthet större än 30 %. Data som redovisas i denna rapport ger stöd för att precisionen i skattningen är oberoende av storlek på inventerat område (i alla fall upp till drygt 150 000 ha) dvs. en inventering av stora områden kräver *inte* fler provytor än små. Vill man skaffa sig en bild av den rumsliga fördelningen av skithögar (och därmed älgförekomst) så gäller dock självklart inte detta utan då krävs ytor i relation till områdets storlek.
2. Om det är ett större område (>50 000 ha) som skall inventeras så är en strategi med provytor utlagda i trakter att rekommendera. Är det ett mindre område är det idé att överväga en strategi med provytor utlagd efter ett jämnt rutnät istället. Likaså om man har mycket höga krav på noggrannhet eller om tranporthastigheten mellan trakterna är låg.
3. Tillämpar man ett urval med provytor i trakter bör man se till att intervallet mellan provytorna i en trakt är så pass stort att antalet spillningshögar i två grannytter sannolikt inte är mer lika än två godtyckligt valda ytor. I praktiken betyder detta ett avstånd på minst 200 m mellan provytorna i en trakt. Ska man dessutom vara tidseffektiv bör man inte göra större trakter än att tiden det tar att inventera ett visst antal trakter går jämnt upp på en arbetsdag. Någonstans mellan 20 och 40 provytor torde ge högsta precision till lägst arbetsinsats.
4. Det är viktigare att vara noggrann i sina mätningar än att välja en viss storlek och form på sina provytor. Med en begränsad tid och ekonomi blir det dock en avvägning mellan att räkna spillning på få stora eller många små provytor. En praktiskt fungerande form och storlek på provyta och som är vanlig vid spillningsräkning av älg i Norden är en cirkel på 100 m². För inventering av rådjur är en mindre yttorlek vanligare.
5. Använd ett mätprotokoll som gör det möjligt att läsa ut resultat för respektive provyta. Detta behövs för att kunna bedöma säkerheten i medelvärdet. Vill ni kunna göra en rumslig beskrivning så gör ni bäst i att även registrera en geografisk koordinat för respektive provyta.

Under en workshop kring spillningsinventering av klövvilt 17-18 mars 2004 på Öster Malma framkom ett behov av att klarlägga vilka arbetsinsatser som allmänt krävs för att få fram säkra skattningar av tillgång på klövvilt utifrån just spillningsinventering. En annan närbesläktad fråga som pockade på svar var hur man kostnadseffektivast lägger upp en spillningsinventering. Behovet av svar på dessa båda frågor skall ses i ljuset av att det idag blivit alltmer vanligt att använda spillningsinventering som metod inom klövviltsförvaltning. Eftersom spillningsmetoden är mycket enkel i sin idé är det kanske lätt att tro – efter att man greppat idén – att det bara är att ge sig ut och räkna skit i sina marker. Men riktigt så enkelt är det knappast vilket torde framgå av föreliggande rapport.

Behovet av en metod som spillningsinventering

För att bedriva en effektiv förvaltning av vilt krävs förutom tydliga förvaltningsmål att man har tillförlitliga uppgifter att ta beslut utifrån. Att ta fram sådana uppgifter är emellertid sällan varken helt enkelt eller billigt. Om stora värden står på spel – vilket är vanligt inom klövvilts- och rovdjursförvaltningen i Sverige idag – kan det dock löna sig att lägga ned rejält med tankemöda och materiella resurser. Att lite från höften dra till med ”det ser ut att vara fler kronhjortar i år än förra året” behöver inte vara fel metod. Är ambitionen med att styra en population låg kan denna intuition fungera ganska bra. Men vill man mer så bör mer av regelrätt ingenjörskonst in i förvaltningen. Väsentlig information såsom en populations numerär måste tas fram med metoder som för det första är avgjort **objektiva**¹ och för det andra förmår säga något om säkerheten i uppgifterna. Spillningsinventering som har sitt ursprung mer än femtio år tillbaka i Nordamerika uppfyller någorlunda dessa kriterier. För den ambitiöse klövviltsförvaltaren är därför spillningsinventering i grunden ett tilltalande instrument.

Det finns dock en del praktiska och ekonomiska skäl som begränsar dess användbarhet och där andra metoder tjänar som bra komplement eller ersättare. När det gäller älg så finns flyginventering (med observerbarhetsskattning) och Älgobs, kronhjort och dovhjort torde åtminstone i öppnare landskap fungera att inventera med en **linje-transektmetodik**² medan den i princip enda i förvaltningssyfte utvecklade metoden idag är spillningsinventering. Det finns stor potential i avskjutningsstatistik men idag är det endast för älg av klövviltet (genom Älgobsen) som detta att betrakta som en riktig metod. Skeva urvalsförfaranden och avsaknad av jaktansträngning (antal jägare och antal jagade timmar) begränsar användbarheten av dagens avskjutningsstatistik på de andra arterna. Metoder som bygger på att samla in spår av cellvävnad (till exempel skit eller hår som innehåller DNA) är under utvecklande. I Sverige har man prövat metoden på björn men ännu inget klövvilt. Det har emellertid funnits planer på att testa och utveckla metoden på vildsvin.

Skattning av täthet

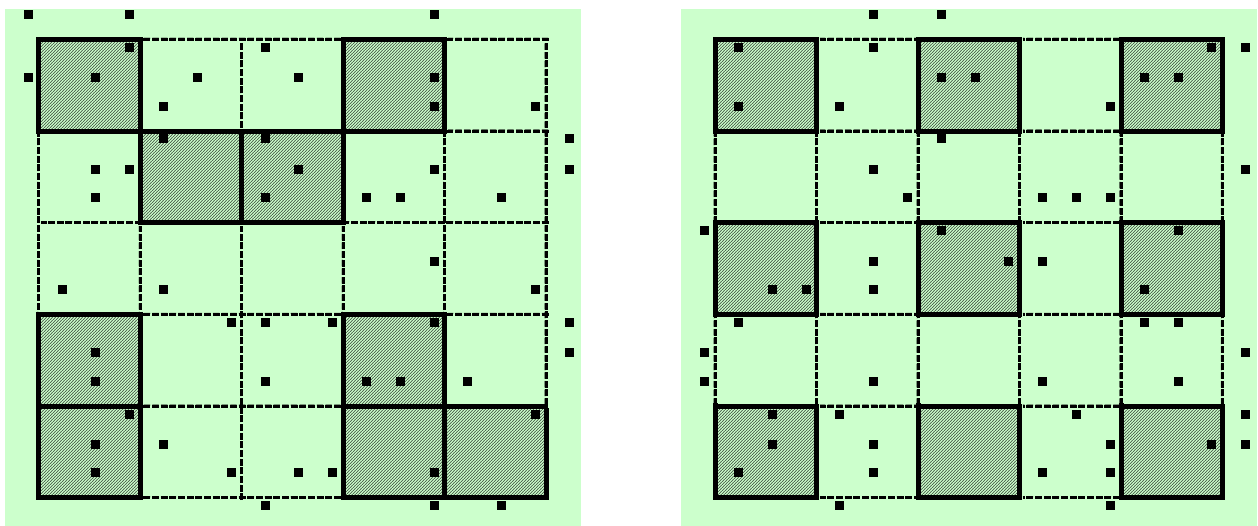
När man försöker bestämma antalet individer av en viss art inom ett avgränsat område så gör man det nästan uteslutande på basis av ett **stickprov**³; från en indelning av ett område i likstora ytor inventerar man ett urval (figur 1). Detta görs av både praktiska och ekonomiska skäl. Att totalinventera skulle inte bara vara mycket dyrt utan skulle kräva en mycket stor administrativ apparat (jämför med olika opinionsinstituts undersökningar av människors partisympatier med maskineriet kring ett riksdagsval). Att bestämma täthet av djur utifrån ett urvalsförfarande innebär dock att den uppgift man får fram alltid är behäftad med en viss osäkerhet. Man räknar inte tätheten utan man *skattar* tätheten. Detta betyder egentligen två saker. För det första gör man en bästa ”gissning” vilket vanligtvis

¹ Min definition av att en metod är objektiv är att det inte finns en medveten önskan att erhålla ett specifikt resultat. Den behöver inte vara helt rättvisande. För att den skall var användbar bör dock graden av missvisning vara så liten som möjligt.

² Observation en viss distans vinkelrätt ut från en linje man följer i landskapet.

³ Ett urval av värden i en population som ligger till grund för en skattning av en egenskap hos populationens t.ex. medelantal spillningshögar. På engelska benämnt *sample*.

benämns **punktskattning**⁴. Ett medelvärde av antalet spillningshögar på inventerade provytor är exempel på en punktskattning. Till en punktskattning kan man sedan skatta ett intervall varinom det är sannolikt att det sanna värdet ligger. Man kan exempelvis få fram att ett område knappast hyser färre än 3,5 eller fler än 6,1 älgar per 1000 ha. Denna typ av skattning är användbar till exempel när man skall fatta beslut huruvida tätheten ökat eller minskat från ett år till ett annat. Att använda punktskattningen som beslutsunderlag innebär en risk att man reagerar för förändringar som bara är en konsekvens av slump eftersom man jämför två stickprov av populationen och inte mätningar av hela populationen. Det intervall som diskuteras här kallas inom statistiken **konfidensintervall**⁵ och består egentligen av två delar: en **säkerhetskonstant**⁶ multiplicerat med en skattning av **medelvärdets medelfel** eller **standardfelet**⁷. Vill man vara 95 % säker att det sanna värdet ligger i intervallet är säkerhetskonstanten ungefär lika med 2 (önskar man större säkerhetsmarginaler använder man en konstant med högre värde). Medelvärdets medelfel beror dels av hur mycket antalet spillningshögar varierar över de ytor man inventerar och dels på hur många provytor man väljer att inventera. Stor variation betyder större medelfel och litet stickprov likaså. En säkrare skattning får man alltså om variationen mellan ytor minskar och/eller antalet provytor ökar.



Figur 1. Principen för stickprovsdragning: Till vänster syns ett slumpmässigt urval om 9 rutor av totalt 25 över hela området. Till höger ett motsvarande urval men med ett systematiskt urval där man har utgått från en grid av en viss upplösning. Antalet spillningshögar i provytorna ligger till grund för skattningen av antalet högar för hela området. Jämför medeltalet högar (svarta punkter) i de streckade rutorna med medeltalet i alla. Blir det samma svar?

⁴ Utifrån taget stickprov den bästa gissningen av en egenskap hos populationen t.ex. medelvärdet. På engelska benämnt *point estimate*.

⁵ Det skattade intervallet varinom populationens sanna värde ligger med en viss given sannolikhet. Grovt kan man utgå från att med 95 % säkerhet är populationens sanna medelvärde större eller mindre än ca. 2 gånger medelvärdets medelfel. Konfidensintervall eller graden av osäkerhet blir förhållandevis större för en skattning av antalet djur än för en skattning av antalet spillningshögar. Detta beror på att man i denna skattning lägger till en skithastighet som i sig är skattad och därmed innehåller en viss osäkerhet.

⁶ En konstant som är med och bestämmer bredden på ett konfidensintervall. Ju större krav på säkerhet desto större tal. Om stickprovet är större än 30 fås ett 90 % intervall om man använder värdet 1,645, ett 95 % intervall om man använder siffran 1,96 och 99 % intervall om man använder siffran 2,58. På engelska benämnt *reliability coefficient*.

⁷ Det genomsnittliga felet av medelvärdet hos stickprov av en viss storlek i förhållande till populationens sanna medelvärde. Detta beror på hur värdena i populationen varierar samt hur stora stickprov skattningarna baseras på. På engelska benämnt *standard error*.

Från spillningshögar till antal djur

I grunden till en bra metod ligger det både en biologisk och en statistisk modell. Den biologiska modellen som ligger till grund för spillningsinventering som ett mått på täthet av ett klövvilt bygger på att det finns en känd relation mellan antal skithögar och antal djur. Denna relation är att ett djur antas skita ett visst antal skithögar per dygn (här kallad **skitkonstant** eller **skithastighet**⁸) och att tätheten antas vara lika stor som ett områdes antal skithögar samlade under en känd tidsrymd dividerat med skithastigheten. Huruvida denna modell är giltig har diskuterats men på grundval av forskning fram till idag är det klart att skitkonstanten varierar, det vill säga det är vid vissa typer av jämförelser inte att betrakta som en konstant utan en hastighet som kan variera. Av Sveriges vilda klövvilt är det endast för älg som variation i skithastighet är närmre undersökt. Skithastigheten har visat sig variera med över 100 % (8-17 högar per älg och dygn). Viktigast för förvaltningsändamål är den variation i skithastighet man ser mellan olika områden och olika djurtätheter. Orsaken till denna variation är inte utredd men troligtvis spelar födosituationen stor roll; i fattigare marker eller vid hög täthet kan man tänka sig att djuren hushållar mer med konsumerade resurser vilket innebär en lägre skithastighet. Utan att ha en områdesspecifik skattning av skithastigheten kan det därför vara vanskligt att uttala sig om absolut täthet. Relativ täthet torde dock vara möjlig att skatta utan koll på den lokala skithastigheten. I resterande del av rapporten diskuteras antal och täthet av spillningshögar; Med andra ord ett relativt mått på klövviltsantal respektive klövviltstäthet. Principer för upplägg av inventering och vad som påverkar säkerheten i skattningar blir inte annorlunda. Det enda man bör ha i åtanke är att ett konfidensintervall av täthet av djur blir större om skithastigheten är skattad och inte känd.

En statistisk modell i botten behövs för att man skall kunna göra en rättvisande skattning (en punktskattning med ett konfidensintervall). Man kan använda sig av olika statistiska modeller för att skatta tätheten av spillningshögar. Ett förslag som har starkt stöd från studier på de nordamerikanska arterna åsnehjort, vitsvanshjort och waipiti såväl som det nordeuropeiska klövviltet är att antalet spillningshögar är starkt klumpade i landskapet. Mer än vad som är att förvänta av slump. Inom matematisk statistik kallas en sådan fördelning negativ binomialfördelning (figur 2). I korthet beskrivs en sådan fördelning av två stycken statistiska parametrar: medelvärde och en klumpningskonstant. Längre fram i rapporten skall vi se vad det betyder för att skatta spillningstäthet att spillningshögarna är mer eller mindre klumpade i landskapet.

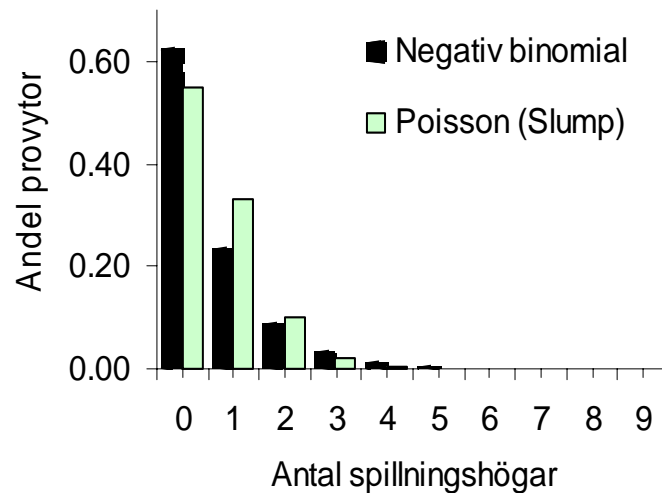
Provytor som stickprovshet

Det finns mycket som kan spela roll för att det skall bli både en rättvisande och sannolik skattning utifrån ett urvalsförfarande. När det gäller spillningsräkning på provytor är ytornas storlek, form, antal samt placering i landskapet komponenter som kan påverka både rättvisning och säkerhet. I två faktarutor nedan listas några viktiga källor till **systematisk avvikelse** eller **missvisning**⁹ (faktaruta 1) respektive **säkerhet** eller **precision**¹⁰ i en skattning (faktaruta 2). Det senare, låg säkerhet eller precision, är en typ av avvikelse som skall skiljas från det förra (se figur 3 för skillnad mellan dessa). En systematisk avvikelse kan man inte enkelt kompensera med en större arbetsbörda vilket man däremot kan göra med en statistiskt osäker skattning; ett större stickprov ger alltid bättre säkerhet, det vill säga mindre konfidensintervall, än ett mindre stickprov.

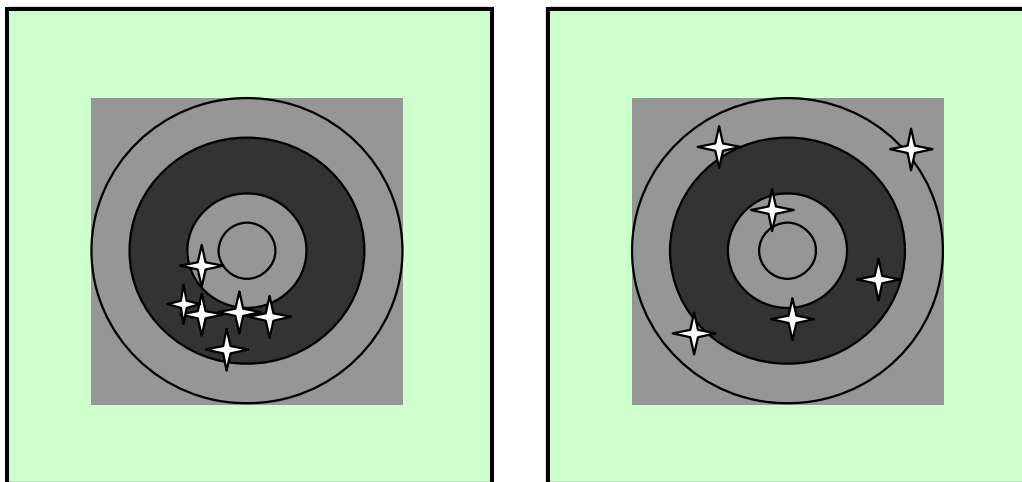
⁸ I genomsnitt släpper ett klövvilt ifrån sig ett visst antal skithögar per dygn. För att spillningsinventering skall var en metod att räkna antalet djur måste man känna till denna hastighet. I Sverige har man sett att hastigheten för älg under vintermånaderna varierar geografiskt mellan 8 och 17 högar per älg och dygn. Den enda siffran man har för rådjur är 21,7 högar per rådjur och dygn. För kron-, dovhjort och vildsvin är hastigheten ännu okänd.

⁹ En riktad avvikelse av stickprovsmedelvärden i förhållande till populationens sanna medelvärde. På engelska benämnt *bias*.

¹⁰ Ju lägre variation mellan upprepade skattningar av ett medelvärde desto större precision.



Figur 2. Exempel på två stycken matematiska fördelningar: Om klövvilt skulle lägga spillning slumpvis i landskapet skulle man förvänta sig att antalet spillningshögar skulle fördela sig enligt en Poissonfördelning (ljusgröna staplar); Mestadels tomma ytor dvs. hög andel provytor med 0 spillningshögar och därefter fallande andel med 1, 2, 3 osv. högar. Denna fördelning beskriver dock dåligt hur det ser ut i verkligheten. Orsaken är att djuren uppehåller sig längre tid på vissa platser än andra och man ser därför en förskjutning av fördelningen; Man får fler ytor med extra många spillningshögar och fler ytor som är helt tomma. En sådan fördelning kallas negativ binomial (svarta staplar) och utnyttjas för att göra rättvisande skattningar av spillningstätheten.



Figur 3. Man skiljer på två typer av avvikelser i samband med att man gör en skattning: Missvisning (t.v.) och precision (t.h.). Missvisning betyder att urvalet av mätningar är snedvridet i förhållande till det sanna värdet. Att bara räkna spillningshögar i ungskog genererar en sådan avvikelse. Gör man på det viset kommer man varje gång man gör en inventering (stjärna) överskatta områdets sanna medelvärde (mittpunkt). Den andra typen av avvikelser – precision – hänger ihop med att antalet spillningshögar på de enskilda provytorna varierar vilket leder till att man av slump alltid riskerar att få en viss avvikelse mellan provytornas medelvärde och det sanna medelvärdet. Upprepade skattningar ger inte riktigt samma resultat (stjärna) men dessa är slumpvist spridda i förhållande till populations värde (mittpunkt). Stor naturlig spridning gör det svårare att göra en bra skattning av det sanna värdet. Åtgärden blir att ta ett större stickprov vilket alltid ger en säkrare skattning än om man tar ett mindre stickprov.

Faktaruta 1

Några viktiga faktorer som leder till missvisande skattningar

Skeva urval av ytor

Detta sker när man t.ex. undviker att placera provytor i vissa miljöer. Felet kan man göra dels när man lägger upp sin urvalsstrategi genom att exempelvis strunta att lägga ytor på kulturmark och dels under själva inventeringen genom att inte placera ytan objektivt dvs. man undviker surhål och förtätningar. Konsekvensen blir en över- eller underskattning av spillningstäthet.

Slarvig räkning

Om man inte synar provytan tillräckligt noga kommer man underskatta tätheten av spillningshögar. Det är möjligt att skatta observerbarhet vilket dock innebär mer komplicerade skattningar och som i praktiken därmed kanske inte ger ett bättre slutresultat.

”Duktighetssyndrom”

De flesta ytor – även vid höga tätheter av djur – saknar spillningshögar. Att inventera bara tomma ytor kan upplevas som att man gör ett dåligt jobb. I sin iver att vara ”duktig” finns det därför risk att man tänjer på gränserna. Exempelvis kan man inkludera högar som skall uteslutas t.ex. spillning från annan art eller tidigare säsong, räkna en utspridd hög som två eller inkludera högar som till mer än hälften ligger utanför provytans gräns etc. Att tänja på gränserna leder till en överskattning.

Faktaruta 2

Faktorer som påverkar säkerheten i en skattning

Stickprovstorlek

Ju färre enheter i ett stickprov desto osäkrare skattning. En enhet utgörs vanligtvis av en provyta men i det att man tillämpar en klusterstrategi (trakt eller kryss) kan det istället vara klustret som är enhet. Kluster eller enskild provyta som enhet avgörs av om antalet spillningshögar på provytorna är rumsligt beroende eller ej. Ett beroende betyder att kluster är enhet. Gör man fel här kommer man att underskatta medelvärdets medelfel och man får ett för litet konfidensintervall.

Variation i antalet spillningshögar

Bredden på ett konfidensintervall påverkas förutom av stickprovstorlek av hur mycket antalet högar varierar mellan stickprovsenheterna. Ju mindre variation desto säkrare skattning.

Variationen påverkas bland annat av:

Ytstorlek: Antalet spillningshögar varierar mer mellan små provytor än mellan stora. Större provytor betyder dock större risk för felräkning och längre tid att inventera.

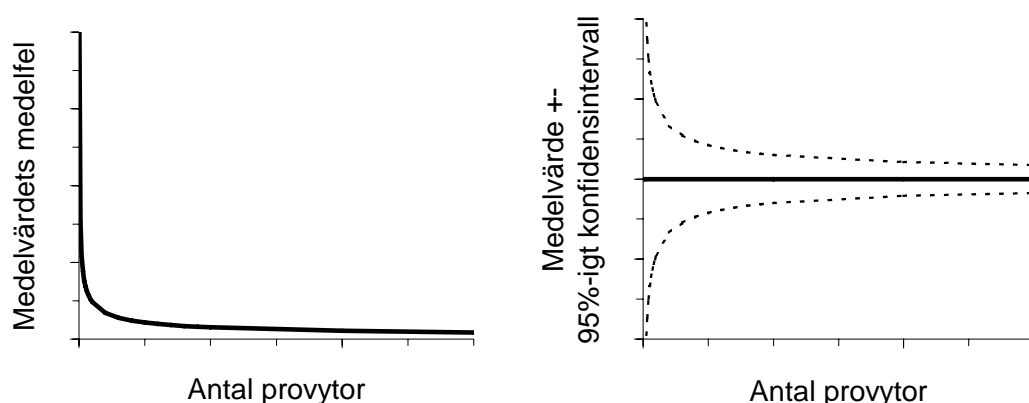
Form på ytor: Mindre variation i antal spillningshögar mellan provytor kan fås om dessa korsar gränser mellan olika miljöer. Eftersom ett stickprov måste vara slumpmässigt i förhållande till en sådan struktur kan man ju inte placera ytorna till gränsområden. Man kan dock välja en annan form på ytorna. Avlånga (rektanglar) alternativt dela upp provytan på ett antal subytor som täcker av en mer variabel miljö (klusterdesign av typen kryss) är två varianter. För att rektanglar skall vara meningsfylla behöver ytorna dock vara så stora att ett större antal provytor korsar två miljöer. Detta betyder i praktiken ett mycket småbrutet landskap ihop med rejält stora provytor. Detta faktum ihop med att rektangulära ytor har större gränslinje (ger ett större mätfel då det blir fler bedömningsituationer av huruvida en spillningshög skall räknas med eller ej) än kvadratiske eller runda gör dess tillämpning tveksam.

Urvalsstrategi: I det att spillninghögsantalet vore rumsligt okorrelerade dvs antalet högar på en yta vore oberoende av antalet på närmast omkringliggande ytor skulle ett idealt stickprov var helt slumpmässigt draget. Eftersom man alltid har ett sådant rumsligt beroende (djuren är längre tid på vissa platser än andra) får man emellertid ett pålitligare resultat med ett systematiskt urval. Detta då det helt slumpmässiga urvalet tenderar att underskatta den verkliga variationen.

Antal ytor

Allmänt gäller att ju fler ytor desto mindre genomsnittligt fel (medelfel) av skattningen och därmed mindre konfidsintervall. Medelfelet krymper, liksom konfidsintervall, snabbt när man ökar stickprovsstorleken (figur 4). Medelfelet beror även av fördelningen av spillningshögar; Ju större klumpning desto större medelfel. För att illustrera principen kan vi jämföra data från tre områden i Sverige. Av dessa tre är spillningshögar i Orsa som mest klumpade och de i Aneby lägst (figur 5). Detta innebär att det relativa medelfelet (för att vi här skall kunna jämföra områden med olika täthet skalar vi medelfelet mot medelvärdet) är högst för Orsa och lägst för Aneby (figur 6).

För att upptäcka skillnader i täthet mellan år eller områden krävs mycket stora stickprov. En förändring i antalet spillningshögar med 10 % kräver flera tusen – i vissa områden över tiotusen – provytor. Större skillnader kräver färre ytor och en 30 % skillnad går att detektera med lite drygt 500 ytor för ett normalt område (figur 6).

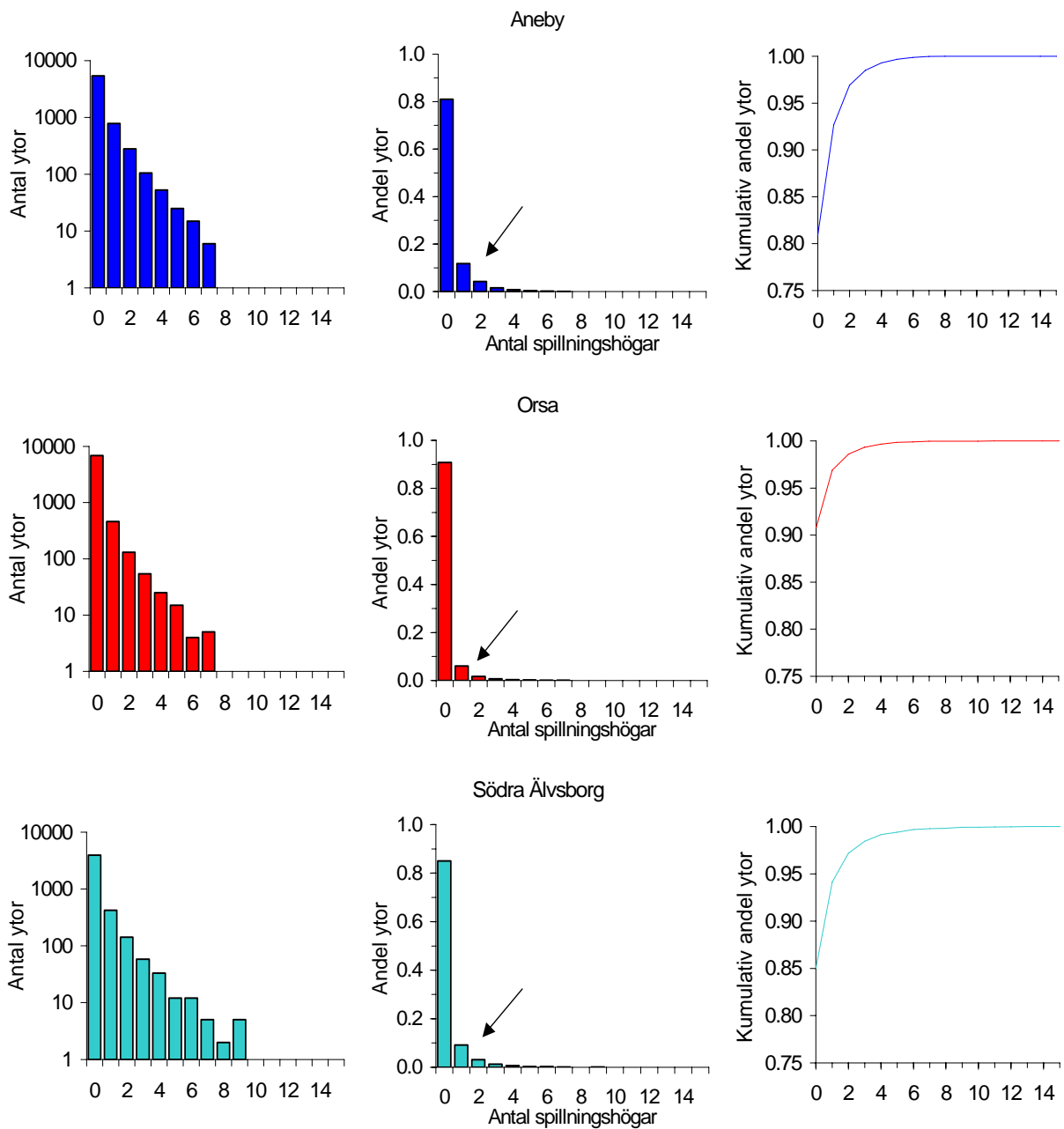


Figur 4. Säkerheten i ett skattat medelvärde beror av medelfelet som i sin tur beror på hur mycket spillningshögar varierar mellan provytor samt antalet synade provytor. Ett 95 %-igt konfidsintervall betyder att det sanna värdet ligger inom detta intervall i 19 fall av 20; med andra ord är det osannolikt att det sanna värdet skulle vara större eller mindre.

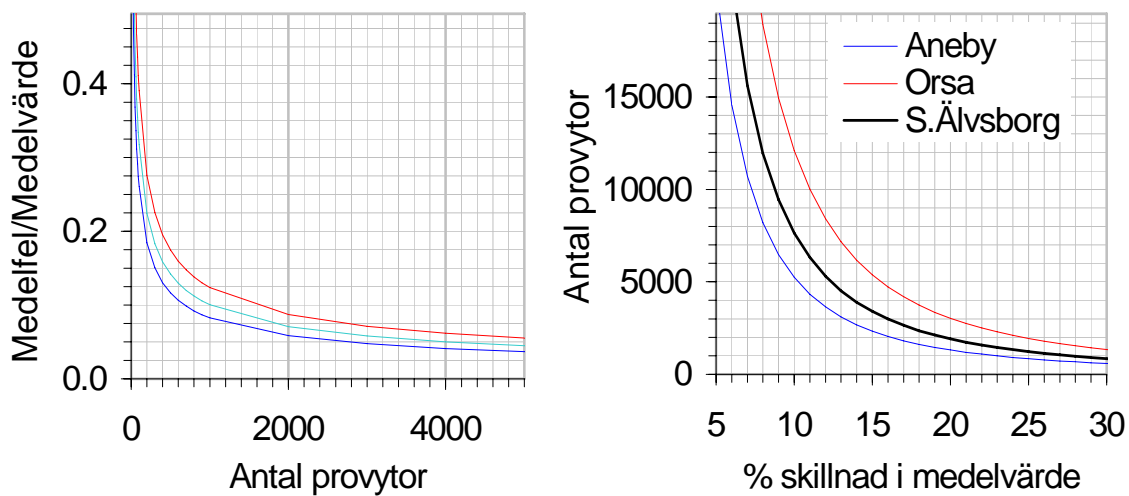
En stor kostnad i en inventering ligger i att förflytta sig i landskapet och det är därför många gånger en mycket viktig sak att dimensionera stickprovets storlek så att man kan upptäcka skillnader av den storleksordning man är intresserad av; För stora stickprov är onödigt dyra och för små ger litet stöd när man skall till att fatta beslut. Man bör alltså först svara på hur säkert svar man önskar för att sedan säga vad detta kräver i antal provytor. Som vi kommer se närmre på nedan är det också en fråga om att göra en avvägning mellan antal provytor och ytornas storlek eller antal provytor och utläggningsstrategi.

Områdets storlek har teoretiskt en viss inverkan på fördelningen av antalet spillningshögar. Den tänkbara orsaken är att större områden kan vara miljömässigt mer heterogena än små vilket påverkar variationen i spillningshögsantal uppåt. Man skulle därmed få större standardfel och konfidsintervall med samma provyteantal i ett stort område som i ett litet. Data från åtta områden mellan 10 000 och 158 200 ha ger dock inte stöd för detta argument; **Variansen**¹¹ ökar inte med stigande områdesstorlek (figur 7). Detta betyder att samma antal provytor krävs i ett litet som i ett stort område, åtminstone så länge ytorna inte är mycket små (<10 000 ha) eller mycket stora (>160 000 ha).

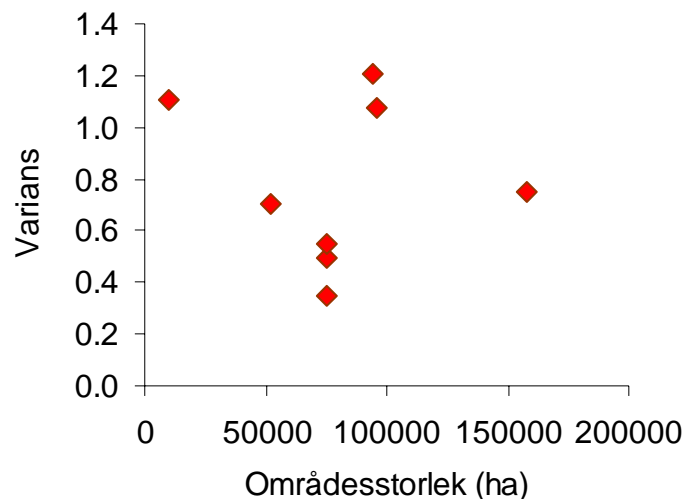
¹¹ Ett mått på hur mycket värdena i en fördelning av värden varierar. Används för att skatta medelvärde medelfel.



Figur 5. Fördelningar av antal älgspillningshögar efter inventeringar i tre områden: Aneby i Småland (2003-2005), Orsa i Dalarna (1994-1997) och Södra Älvsborg i Västergötland (1997-2002). De vänstra figurerna visar antalet ytor med ett visst antal högar (klasser 0,1,2 osv.) på en logaritmisk skala, de i mitten visar andelen av respektive spillningshögsklass och i figurerna till höger syns motsvarande kumulativa fördelningar dvs. för varje ytterligare klass har andelen ytor adderats till andelarna i de föregående klasserna. Notera att andelen av en given klass varierar mellan områdena. I Orsa är fördelningen som skevast dvs. förhållandevis få ytor med en eller par spillningshögar (jämför staplarna vid pilarna).



Figur 6. I figuren till vänster visas att medelvärdeets medelfel (här delat med medelvärdet för att kunna jämföra områden med olika tätheter) minskar snabbt med stigande stickprovsstorlek. I Orsa som är ett område där spillningshögar är mer klumpade blir medelfelet högre vid en given stickprovsstorlek än i S. Älvsborg och Aneby som är områden där klumpningen inte är riktigt lika stark. Till höger går att utläsa vad som krävs för att upptäcka en procentuell förändring i antalet spillningshögar för ett givet område. Små förändringar kräver mycket stora stickprov.



Figur 7. Variationen (angivet som varians) i antalet spillningshögar på en provyta blir inte större med stigande storlek på förvaltningsområde. Detta betyder att man behöver inventera lika många ytor i ett stort som i ett litet område för att uppnå samma säkerhet i sin skattning.

Ytstorlek

Valet av ytstorlek hänger först och främst ihop med att man behöver inventera ett stort antal provytor för att kunna göra en säker skattning. Eftersom en stor yta tar längre tid att syna på spillningshögar än en liten är en mindre yta att föredra. Små ytor har dock den nackdelen att de har stor gränslinje (perimeter) vilket ökar risken för att mäta fel; Fler skithögar hamnar på linjen och blir då ett fall för svårare bedömning som innanför eller utanför provytan. Det finns alltså inget enkelt svar här men i Sverige inventeras älg vanligtvis på ytor av 100 m². För rådjur rekommenderas mindre ytor av det skäl att man får ta mycket god tid på sig för att inte underskatta antalet på en given yta.

Form på ytor

En statistiskt korrekt form på en yta utgör en jämn andel av hela inventeringsområdet; Man bör alltså dela in hela inventeringsområdet i likstora bitar för att utifrån dessa bitar ta ett stickprov. I praktiken kan man dock välja en annan form då den inventerade arealen oftast är helt försumbar i förhållande till hela områdets areal. Cirkulära ytor har fördelen gentemot kvadrater och rektanglar att gränslinje (perimeter) är mindre det vill säga mätfelet blir minst med denna form. Rektanglar är sämst härvidlag men har potentiellt en annan fördel. Om landskapet innehåller miljöer med olika sannolikhet för att djur släpper skitar minskar variationen i antalet skithögar mellan provytorna om ytorna spänner över flera miljöer. I praktiken är provytorna man använder sig av vid spillninghögsräkning så små att detta inte har någon som helst betydelse vilket talar till cirkulära (eller kvadratiska) ytors fördel.

Urval och placering av ytor

Hittills har jag inte nämnt mycket om hur urvalet av provytor bör göras. Det finns många **urvalsstrategier**¹² där man teoretiskt kan vinna en del på mer komplicerade upplägg. Det är dock mycket dåligt känt vad detta har för betydelse i praktiken och tills vidare bör man i förvaltningssammanhang vara försiktig med de mer komplicerade urvalsstrategierna. De enklaste varianterna är ett helt slumpmässigt urval av provytor eller ett urval utifrån ett rutnät (grid) man lagt över landskapet. Den senare är liktydigt med att man väljer ytor med en rumslig regelbundenhet, till exempel en yta per kvadratkilometer (figur 1). Helt slumpmässigt urval är att föredra när värdet för olika enheterna (här provytorna) är varandra helt oberoende. Eftersom klövvilt uppehåller sig längre tid på vissa platser än detta villkor inte uppfyllt och man får pålitligare konfidensintervall om man använder sig av en gridesign. Inom statistiken kallas ett rumsligt beroende där exempelvis antalet spillningshögar på en yta är beroende av antalet ytor närmast runt omkring för **rumslig autokorrelation**¹³.

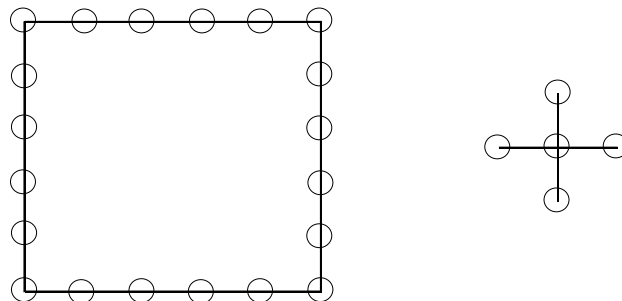
En mer komplicerad strategi och som ofta tillämpats i Sverige går under gruppsnamnet klusterstickprov. Denna strategi går ut på att man gör ett tvåstegsurval. Först väljer man ut punkter. Kring dessa punkter väljs sedan ett antal provytor ut enligt ett systematiskt mönster. Vanligast är trakter eller kryss (figur 8). En fördel här är att man kan få ihop ett större stickprov på en kortare arbetstid. Villkoret för detta är dock att ytorna är rumsligt oberoende. Gäller inte detta utgörs en stickprovsenhet inte av en provyta utan av ett kluster vilket ger en mindre stickprovsstorlek vilket i sin tur påverkar bredden på konfidensintervallet. Vid en analys av fyra områden, där man tillämpat en stickprovstrategi med trakter om 20 ytor, var ytorna rumsligt korrelerade (**korrelationskoefficienten**¹⁴ ej statistiskt säkert skiljt från 0, figur 9). Med ett avstånd på 200 m upphörde dock detta beroende för i vart fall ett område. Med ett avstånd på 500 m

¹² Det sätt med vilket man drar ett stickprov ur en population. Enkel slumpmässigt stickprov eller systematiskt urval (liktydigt med urval av provytor utifrån en grid placerad över ett geografiskt område) är statistiskt enkla att tillämpa. Utöver dessa finns klusterurval (t.ex. trakter) och stratifierat urval, adaptiv urval med flera.

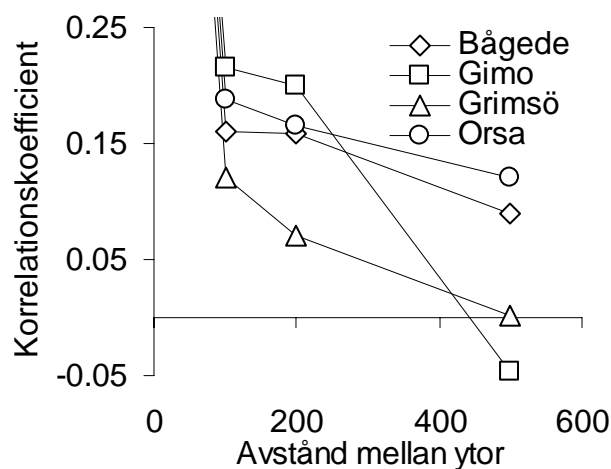
¹³ När två på varandra mätningar i landskapet inte är varandra oberoende säger man att de är korrelerade. Antalet spillningshögar är autokorrelerade upp till en visst avstånd eftersom ett djurs uppehållsplats är inte helt slumpmässigt i förhållande till ett annat.

¹⁴ Mått på hur starkt värdena för två faktorer följer varandra. Perfekt samband betyder en koefficient på +1 eller -1. Inget samband finns om koefficienten är lika med 0.

kvarstod ett beroende för hälften av de fyra testade områdena. Av denna analys är det därför tvivelaktigt att använda provytor som stickprovsenhet när man skattar täthet av spillningshögar. Tabell 1 visar på skillnaderna i konfidensintervallens bredd om man använder provytor respektive kluster som stickprov. Av resonemangen ovan kan det för området Grimsö, vara okej att utnyttja det smalaste intervallet.



Figur 8. Två typer av kluster som använts vid spillningsinventering i Sverige. Till vänster en så kallad trakt med 20 provytor och till vänster ett kryss med en centrumyta och fyra satelliter. Avstånden mellan ytorna kan variera men allt från 50 upp till 200 m är intervall som vanligtvis tillämpas. Med ett avstånd mellan provytorna på 200 m blir en trakt med 20 provytor 1 x 1 km.



Figur 9. När ytorna är alltför nära varandra så är antalet spillningshögar inte oberoende av hur många högar det är på provytorna närmast intill. En korrelationskoefficient på 1 säger att två intilliggande ytor har identiskt lika antal spillningshögar och 0 uttrycker inget samband. För området Grimsö är de oberoende vid 200 m avstånd (koefficient ej signifikant skilt från 0 med Spearmans rangkorrelationstest) och för Grimsö och Gimo finns inget beroende vid 500 m avstånd mellan provytorna.

I Finland men även på några platser i Sverige har man använt sig av så kallade viltrianglar. Fördelen med denna typ av kluster är att man undviker att linjerna i en formation följer en biogeografisk struktur som sänkor eller höjder vilket kan generera systematiska fel. Ingen av de andra typerna av kluster – trakter eller kryss – borde heller vara problematiska. Det kan det däremot vara om man linjeinventerar och låter avståndet mellan två linjer vara glesare än avståndet mellan två provytor.

På liten skala är det av största vikt att ytorna placeras där det är tänkt. Att konsekvent undvika förtätningar – vilket finns en risk att man omedvetet gör – kan ge ett systematiskt fel och man bör

därför vara mycket uppmärksam på att man inte lägger ut ytor på detta vis. Ett sätt att undvika detta fel är att innan man kommer fram till platsen där ytan skall ligga enligt sin urvalsmodell syfta på en punkt i horisonten och sedan stega det antal metrar som man har kvar. Ytan hamnar förmodligen inte exakt på den punkt man tagit genom sitt stickprov men felet är slumpmässigt och inte systematiskt vilket i detta sammanhang är det viktiga.

Tabell 1. Skattningar av relativt medelfel med provyta respektive kluster som stickprovsenhet. Som synes är medelfelet lägre med provytor som enhet vilket betyder att om provytorna är rumsligt beroende så kommer medelfelet underskattas. Med andra ord kommer konfidensintervallet bli för smalt. Utan kännedom om eventuell rumslig autokorrelation bör medelfelet beräknas med kluster som stickprovsenhet.

	Provytor	Kluster	
Aneby ¹	0.03	0.05	
Bågede ²	0.04	0.07	
Orsa ²	0.04	0.08	
Gimo ²	0.13	0.21	¹ Trakter med 40 provytor
Grimsö ²	0.11	0.15	² Trakter med 20 provytor
S.Älvsborg ³	0.02	0.03	³ Kryss med 5 provytor

Kostnadseffektivitet

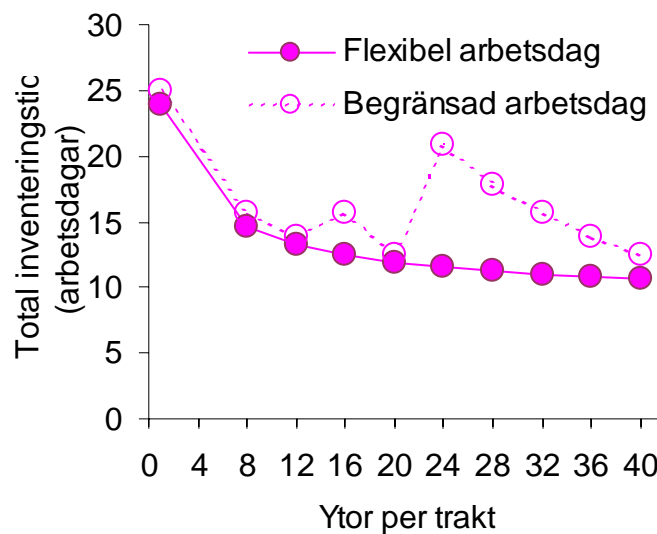
Normalt sett inventerar man en mycket liten andel av det möjliga antalet provytor vilket innebär att det går åt en hel del tid att förflytta sig mellan inventerade ytor. I förhållande till tiden det tar att syna av en yta på spillning så läggs också huvuddelen av all inventeringstid på transport. Tiden det tar att syna en yta är svår att påverka utan att man antingen inför ett systematiskt fel (vid kort tid) eller att man överarbetar mätningen (vid lång tid). Transporttiden kan däremot göras mer flexibel och eftersom denna utgör så stor del av den totala inventeringstiden finns det potentiellt mycket tid att spara på en bra stickprovsstrategi.

Val av stickprovsstrategi

Huvudidén bakom att använda sig av en klusterstrategi, till exempel trakter, är att spara tid. Kan man försäkra sig om att antalet spillningshögar på två närliggande ytor är rumsligt oberoende är det av stort värde att utnyttja detta i sin design. Man kan tjäna in mycket tid och på så vis lägga krut på att öka sticksprovsstorlek och därmed säkerhet i sin skattning. I de fall man har ett rumsligt beroende mellan provytorna inom en trakt blir svaret – givet att man vill uppnå samma grad av säkerhet i skattningen – något mer komplicerat. Men även här kan det finnas tid att tjäna.

Kluster då provytor är rumsligt oberoende

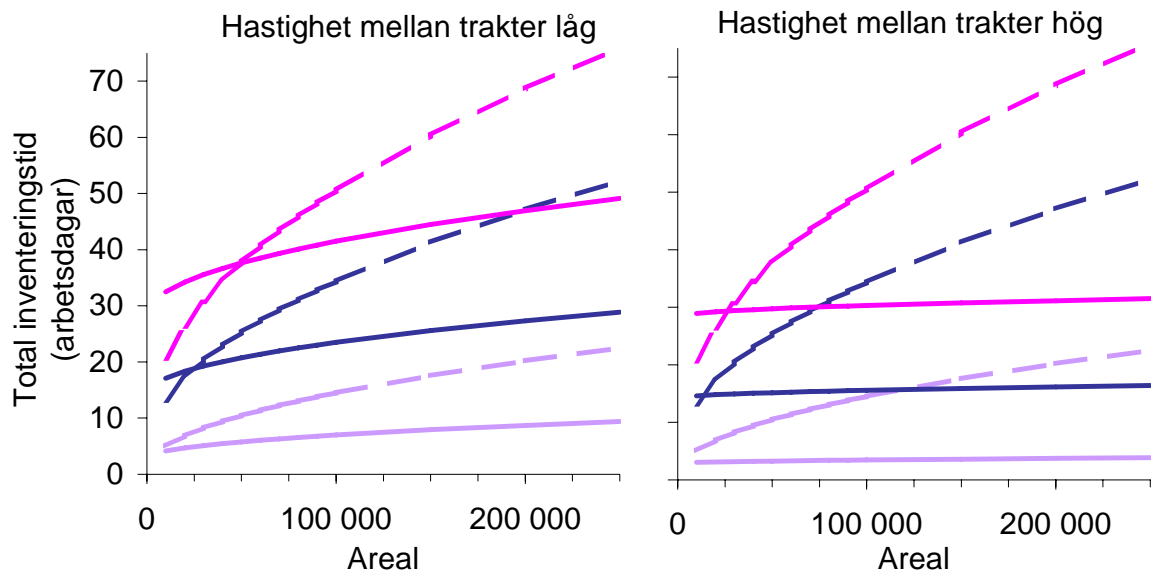
När antalet spillningshögar på två närliggande provytor är varandra oberoende blir frågan om klusters vara eller inte vara en fråga om att hitta en fördelning av provytor som minimerar transporttid. Så länge som avståndet mellan två ytor i ett kluster är litet i förhållande till avståndet mellan kluster kommer sträckan man måste tillryggalägga för att inventera alla ytor att bli lägre med kluster än med ytor utlagda efter en jämn grid. Detta betyder att den totala inventeringstiden blir lägre med kluster än utan. En klustertyp som ofta har tillämpats vid spillningsinventering i Sverige är trakter. För att illustrera hur storleken på en trakt påverkar tiden det tar att inventera ett område kan vi jämföra effekten av några traktstorlekar med varandra. För detta använder vi en enkel modell (bilaga I). Med en inventeringsintensitet på 500 provytor och en områdesstorlek på 50 000 ha kan man se att tiden krymper med stigande traktstorlek (figur 10). I denna beräkning har jag antagit att avståndet mellan två provytor i en trakt är konstant (200 m), att hastigheten mellan två trakter är oberoende av tätheten på trakterna och att denna är lika stor mellan som inom trakter (3 km/h) och att man kan vara flexibel med arbetsdagarnas längd. Om man i detta exempel håller strikt på max 8 timmar så får det konsekvensen att det ibland kommer ta klart fler dagar att utföra inventeringen. Detta är en praktisk aspekt av inventeringen man bör ha i åtanke när man lägger upp en inventering; Man tjänar mest på att göra hela trakter färdigt och det gäller att hitta en storlek som är jämnt delbart med den längd på arbetsdag man kan acceptera. I exemplet är bästa lösningen en traktstorlek på vardera 20 eller 40 provytor (figur 10). Under andra villkor kan andra storlekar på trakt vara mer tidseffektiva.



Figur 10. Att använda sig av en inventeringsstrategi med trakter lönar sig tidsmässigt och ju fler ytor man lägger i en trakt desto kortare tid tar det att genomföra en spillningsinventering (heldragen linje). Kan man inte vara flexibel när det gäller arbetsdagarnas längd så kan dock trakter med färre provytor vara att fördra (streckad linje). I exemplet är avståndet mellan två provytor alltid 200 m.

Kluster då provytor är rumsligt beroende

Om man inte vet eller misstänker att det finns ett beroende mellan närliggande provytor bör man beakta detta. I praktiken betyder det att man i sina skattningar av konfidensintervall utgår från att trakten och inte den enskilda provytan är stickprovsenhet. Med en klusterdesign åtgår det visserligen oftast mindre tid att få en provyta inventerad – tid sparas på att man minskar den totala transporttiden – men denna besparing kompenseras långt ifrån förlusten av antal enheter i ett stickprov. Med en design med oberoende provytor blir stickprovsstorleken lika många gånger större än som det finns ytor i ett kluster. Exempelvis motsvaras 20 trakter med 20 provytor i varje av 400 oberoende provytor. Det skulle krävas ett oerhört stort område innan besparingen av transporttid skulle kompensera för en sådan skillnad. Om man har ett beroende mellan närliggande provytor, kan det då finnas någon vits med att inventera trakter? Ja, eftersom variationen i antal spillningshögar i allmänhet är betydligt lägre mellan trakter än mellan provytor. Detta minskar standardfelet och antalet trakter behöver alltså inte vara av samma storlek som antalet oberoende provytor för att man skall uppnå samma säkerhet i en skattning. Baserat på älgspillningsdata från Grimsö motsvaras 10 trakter med 20 provytor i varje, alltså totalt 200 provytor i trakter, av 110 oberoende ytor. Men antalet ytor med en traktdesign är likväl nästan dubbelt fler än med en jämn grid av oberoende provytor och frågan kvarstår därför om en traktdesign kan var lönsam. Låt oss jämföra hur lång tid det skulle ta att inventera ett område med de olika strategierna. För ändamålet använder vi en enkel modell (bilaga I) samt några enkla antaganden om tid att förflytta sig (3 km/h) och tid det tar att syna av en provyta på spillning (3 min). Vi hittar då ett mönster som beror av storleken på inventerat område. Stora områden tjänar man alltid att inventera med hjälp av trakter (fig. 11). I små områden kan det dock vara tidsbesparande att istället välja provytor jämnt fördelade efter en grid. Villkoret som avgör är att man har valt ett förhållandevis högt krav på säkerhet i sin skattning, det vill säga antalet trakter eller antalet oberoende provytor är förhållandevis högt (fig. 11). Anledningen till detta mönster är att med ett högt krav på precision kommer provytorna ligga nära varandra och transporttiden dem emellan blir i förhållande till tiden att syna dem på spillning låg. I räkneexemplet har jag antagit att hastigheten med vilket man förflyttar sig mellan trakter är låg och samma mellan och inom trakter. Mer realistiskt är att man kan förflytta sig snabbare mellan trakter än inom då man kan köra bil eller annat motorfordon mellan trakterna. Konsekvensen av detta är att det nästan alltid lönar sig med att inventera utifrån trakter.



Figur 11. Finns det en rumslig korrelation mellan två närliggande provytor så är det inte säkert att en strategi med trakter lönar sig. Där de båda linjerna korsar varandra är tidsåtgången med en griddesign (streckad linje) lika stor som med en traktdesign (heldragen linje). Med höga krav på säkert i skattning (rosa linjer) krävs det att förvaltningsområdet är stort (>50 000 ha). Vid låga krav (lila linjer) är det nästan alltid lönsamt med att använda sig av trakter. Vänstra figuren visar ett exempel där hastigheten mellan trakterna är i gångfart (3 km/h) och den högra figuren ett exempel med en tänkbar medelfart om man förflyttar sig med bil (33 km/h).

Litteratur

- Daniel, W.W. (1991) *Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences*, 5th edn. John Wiley & Sons, New York.
- Gerard, G. & Berthet, P. (1971). Sampling strategy in censusing patchy populations. In *Statistical Ecology volume 1: Spatial Patterns and Statistical Distributions* (eds G.P. Patil, E.C. Pielou & W.E. Waters), Vol. 1, pp. 59-67.
- Kindberg, J., Persson, I.-L., & Bergström, R.L. (2004). Spillningsinventering av klövvilt. Workshop Öster-Malma 17-18 mars 2004. Slutrapport, Umeå.
- McCallum, H. (2000) *Population Parameters: Estimation for Ecological Models* Blackwell Science Ltd.
- Pehrson, Å. (1997). Metoder för viltövervakning - erfarenheter från försök vid Grimsö, Rep. No. 4758. Naturvårdsveket, Stockholm.
- Wallin, K., Ericsson, G., Bergström, R.L., & Cederlund, G.N. From index to absolute density: calculating defecation rates of moose from independent populations estimates. Unpubl. manuscript.
- White, G.C. & Eberhardt, L.E. (1980) Statistical analysis of deer and elk pellet-group analysis. *Journal of Wildlife Management*, 44, 121-131.
- Williams, B.K., Nichols, J.D., & Conroy, M.J. (2002) *Analysis and Management of Animal Populations. Modelling, Estimation, and Decision Making* Academic Press, San Diego.
- Wilson, D.E., Cole, F.R., Nichols, J.D., Rudran, R., & Foster, M.S., eds. (1996) *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Mammals*, pp 409. Smithsonian Institution Press, Washington and London.

Bilaga I

Den totala inventeringstiden, T , kan beskrivas av summan av tiden det tar att förflytta sig mellan provytor och tiden det tar att räkna spillningshögar

$$T = T_s + T_h \quad (\text{I-1})$$

där T_s är den sammanlagda tiden det tar att förflytta sig under en inventering och T_h är den sammanlagda tiden det tar att räkna spillningshögar på provytor.

Den totala tiden för förflyttning beror på vilken design man tillämpar. Med en klusterdesign med trakter blir denna en summa av tiden det tar att transportera sig mellan ytor inom trakter och tiden det tar att förflytta sig mellan trakter. Den första delen – den totala tiden mellan ytor inom trakter – beror dels av tiden det tar att förflytta sig mellan två provytor inom en trakt och dels det totala antalet provytor som inventeras reducerat. Eftersom man inte behöver förflytta sig mellan den sist och först inventerade ytan i respektive trakt kan den totala tiden reduceras med motsvarande tid. Transporttiden mellan provytor i trakter, T_{sm} , kan algebraiskt beskrivas

$$T_{sm} = (Nm - N)t_m \quad (\text{I-2})$$

där N är antalet trakter, m är antal ytor i en trakt och t_m tiden det tar att förflytta sig mellan två provytor inom en trakt. Den tid det tar att röra sig mellan två provytor fås ur sambandet mellan sträcka, fart och tid.

$$s = vt \quad (\text{I-3})$$

där s står för sträcka, v för fart och t för tid. Löser man ut tiden och sätter in ekvation I-3 i ekvation I-2 fås

$$T_{sm} = \left[(Nm - N) \frac{s}{v_m} \right] \quad (\text{I-4})$$

där s är avståndet mellan att förflytta sig mellan två provytor inom en trakt och v_m hastigheten med vilket man förflyttar sig mellan dessa ytor.

Den andra delen av den totala transporttiden – tiden mellan trakter – beror av antal trakter, och tiden det tar att förflytta sig mellan dessa vilket kan beskrivas med följande ekvation

$$T_{sN} = Nt_N \quad (\text{I-5})$$

där t_N står för tiden mellan två trakter och bestäms på samma sätt som tiden mellan två provytor inom en trakt av sträcka och fart. Sträckan mellan två trakter jämnt fördelad över ett område bestäms av sambandet

$$\frac{1}{\sqrt{N/A}} \quad (\text{I-6})$$

där N står för antalet trakter och A för arealen som trakterna är placerade över. Ekvation I-6 ihop med hastigheten mellan två trakter v_N insatt i I-5 ger

$$T_{sN} = \left[N \left(\frac{1}{v_N \sqrt{N/A}} \right) \right] \quad (\text{I-7})$$

Den totala tiden kan därmed beskrivas med följande modell

$$T_s = \left[(Nm - N) \frac{s}{v_m} \right] + \left[N \left(\frac{1}{v_N \sqrt{N/A}} \right) \right] \quad (\text{I-8})$$

I det specialfall då en trakt består av blott en yta kan modellen förenklas till T_{sN} . Detta är samma sak som att beskriva transporttiden för provytorna i en systematiskt utlagd design eller grid. Modellen kan för en grid därför skrivas

$$T_s = \left[M \left(\frac{1}{v_M \sqrt{M/A}} \right) \right] \quad (\text{I-9})$$

där M står för totala antalet provytor och v_M , hastigheterna mellan provytorna