



Om detektering av förändringar av populationer i begränsade områden

**Tomas Lämås
Göran Ståhl**

Arbetsrapport 26 1997

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--26--SE

Inledning

I många sammanhang är det av intresse att följa växt- och djurpopulationers utveckling över tiden. Även mängder av substrat, som olika organismer är beroende av, kan vara av intresse. Ett exempel på substrat i skogliga sammanhang är död ved i form av stående döda träd eller lågor. Med "population" avses i det följande ett antal växt- eller djurindivider eller ett antal individuella substrat. Populationen befinner sig i ett geografiskt avgränsat område.

En populations storlek kan bestämmas genom totalräkning eller skattas genom ett stickprovsförfarande. Bestämningen eller skattningen kan utföras vid olika tidpunkter varvid en uppskattning av populationens förändring erhålls. Vanligen är totalräkning otänkbart på grund av begränsade resurser varför man är hänvisad till olika stickprovsförfaranden. För populationer med en viss rumslig utbredning inom ett geografiskt avgränsat område finns en mängd tänkbara stickprovsförfaranden, dvs inventeringsmetoder. Vanligen lokaliseras provytor av viss form och storlek inom området ifråga och individerna inom dessa registreras. Alternativt registreras inte samtliga individer inom provytan utan en registrering av förekomst/ej förekomst utförs istället.

Anta att populationsstorleken skattas genom ett stickprovsförfarande vid två tidpunkter. Möjligheterna att uttala sig om huruvida en förändring av populationsstorleken har skett eller ej, beror då av noggrannheten i skattningarna vid respektive tidpunkt och eventuellt av korrelationen mellan skattningarna vid de två tillfällena.

För att studera kostnadseffektiviteten för olika inventeringsmetoder för detektering av populationsförändringar har en simulator konstruerats (Lämås & Ståhl 1997). Simulatorens består av tre enheter. Med den första enheten, *populationssimulatorens*, genereras dels populationen vid en första tidpunkt, dels en förändring av populationen till en senare tidpunkt. Populationens beskaffenhet i utgångsläget samt avgång och tillkomst av individer kan styras med avseende på både täthet (antal individer per arealenhet) och den rumsliga fördelningen. Beskrivningar av populationen vid respektive tidpunkt, samt en "förändringsbild" av populationen genereras. Inventeringar kan sedan utföras med den andra enheten, *inventerings-simulatorens*. Ett inventeringsförfarande simuleras upprepade gånger och antalet individer (om det gäller populationen vid en tidpunkt) eller förändring i individantal (om det gäller en

förändringsbild) skattas. Variansen för individantal eller förändring i individantal skattas sedan som variansen för de skattade värdena i simuleringarna. Förfarandet kallas vanligen Monte-Carlo-simulering. Kostnaden för inventering erhålls genom att tidsåtgången först beräknas varefter denna multipliceras med kostnaden per tidsenhet. Tidsåtgången erhålls genom att tidsåtgångar för alla ingående delmoment specificeras. Med den tredje enheten, den *grafiska enheten*, kan en bild av enbart populationen eller populationen tillsammans med utfall av inventeringen (läge för provytor eller bälten samt resultatuppgifter) erhållas.

Simulatorn hanterar tre inventeringsmetoder; bältesinventering, cirkelyteinventering och kvadratyteinventering. Används förändringsbilden av populationen så motsvarar inventeringen en inventering med fasta provytor eller bälten, dvs samma lägen vid vid båda tidpunkterna. För registrering av förekomst kan kvadratiska ytor delas in i mindre delytor, ”sub-kvadrater”, och bälten delas in i bältessegment.

I föreliggande arbetsrapport ges ett antal exempel på analyser som kan utföras med simulatorn. Följande exempel ges:

- Studie 1: Samband mellan precision och kostnad vid skattning av antalsförändring med bältesinventering och cirkelyteinventering.
- Studie 2: Permanenta eller tillfälliga bälten för att erhålla viss precision i skattning av förändring i individantal.
- Studie 3: Styrkan i detektering av förändringar i individfattiga populationer via bältesinventering.
- Studie 4: Styrkan i detektering av förändring via räkning och via registrering av förekomst.

Exemplen gör inte anspråk av att vara uttömmande studier av respektive problemområde utan syftar till att påvisa intressanta områden och problem i samband med populationsförändringar.

Vid simuleringar av inventeringar var antalet upprepningar i samtliga fall 300.

Studie 1: Samband mellan precision och kostnad vid skattning av antalsförändring med bältesinventering och cirkelyteinventering

Då man vill skatta antalet individer vid en tidpunkt eller förändring i antalet individer finns olika inventeringsmetoder att tillgå. Samma noggrannhet i skattningarna kan erhållas med olika metoder genom att bland annat variera den inventerade arealen. Den intressanta frågan är därför vilken metod som är mest kostnadseffektiv.

Syftet med denna studie var att jämföra kostnadseffektiviteten för cirkelyteinventering och bältesinventering för att detektera populationsförändringar. Två populationer inom ett kvadratisk område av 6.25 ha studerades. Populationerna hade olika täthet vid tidpunkt 1 men samma relativa förändring över tiden. Vid första tidpunkten utgjordes populationerna av 200 respektive 1000 individer per ha. Tillskottet till tidpunkt 2 var 15 % medan avgången sattes till noll. Den rumsliga fördelningen vid tidpunkt ett, liksom tillskottet, var helt slumpmässig.

Inventeringar med 2 till 10 bälten (12 m bredd) och 10 till 35 cirkelprovytor (12 m radie) simulerades. Ytor och bälten var permanenta. Gånghastigheter och tidsåtgångar sattes till följande:

Gånghastigheter (sek/100 m):

mellan ytor och bälten:	100
längs bälten:	
200 indiv./ha:	240
1000 indiv./ha:	300

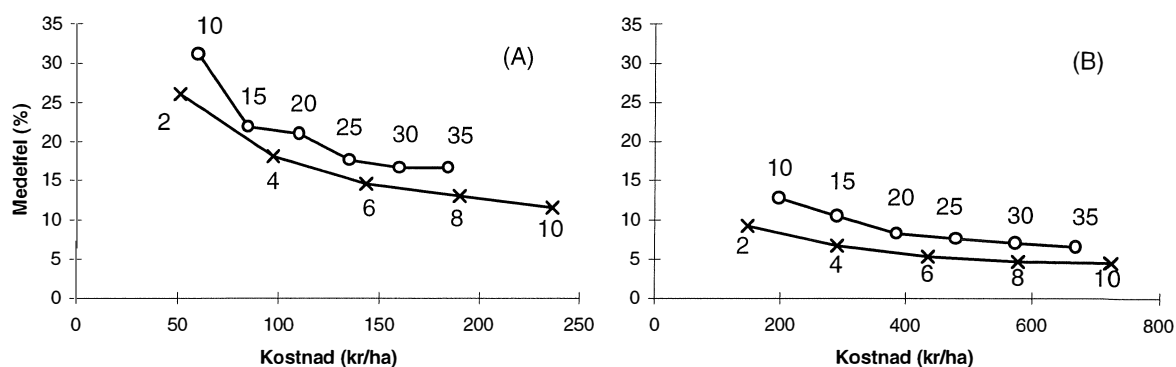
Tidsåtgångar (sek)

för etablering av yta/bälte:	10
för registrering av individ:	10

Kostnaden var satt till 200 kr/timme.

För båda populationerna visade sig bältesinventering vara mest kostnadseffektiv (Fig. 1). Resultatet är i linje med erfarenheter från skattning av individantal (Lämås 1996). Är

individerna sällsynta så tenderar bälten att vara kostnadseffektivare än cirkelyteinventering. I det senare fallet registreras t ex inga individer vid gången mellan ytor även om sådana observeras. Är förekomsten riklig, som t ex för ordinära levande träd, så är vanligen cirkelyteinventering kostnadseffektivare. Vid bältesinventering insamlas en mängd information (t ex alla träd i bältena registreras). Den höga kostnaden i jämförelse med cirkelyteinventering uppvägs inte av en motsvarande förbättring av skattningar (bland annat beroende på hög rumslig autokorrelation). (Anm. När den rumsliga fördelningen är slumpmässig, som i detta exempel, kan kostnadseffektiviteten beräknas analytiskt. I andra fall av rumsliga fördelningar är dock analytiska ansatser problematiska medan simuleringar alltid kan ge lösningar.)



Figur 1. Samband mellan kostnad och medelfel för skattning av populationsförändringar för cirkelyteinventering (o) och bältesinventering (x). Ytor och bälten var permanenta och deras antal visas. Utgångspopulationerna var 200 (A) resp. 1 000 (B) individer per ha och tillskottet 15 % (ingen avgång). Områdets areal var 6.25 ha.

Studie 2: Permanenta eller tillfälliga bälten för att erhålla viss precision i skattning av förändring i individantal

För detektering av förändringar kan provytor eller bälten vara permanenta eller tillfälliga. Vad som är effektivast beror av en rad faktorer. Dels beror det av mönstren i populationens förändring, dels beror det av kostnaden för respektive fall. För permanenta ytor/bälten finns kostnader för att märka upp och återfinna dessa. Tidsåtgångar för tillfälliga ytor/bälten kan relativt väl bedömas. För att etablera och återinventera permanenta ytor, och särskilt bälten, råder däremot brist på relevanta tidsstudier. Vid återinventering torde cirkelprovytor ha vissa

fördelar jämfört med andra former av ytor eller bälten. Har ett centrum för en cirkelprovyta återfunnits så är ytans avgränsning lätt att fastställa. De torde vara svårare att, vid den senare tidpunkten, följa ett permanent bälte. Den intressanta frågan är hur dyr en återinventering av ett fåtal permanenta ytor/bälten får vara innan det är effektivare att inventera en större mängd tillfälliga. Studien syftar till att belysa denna frågeställning.

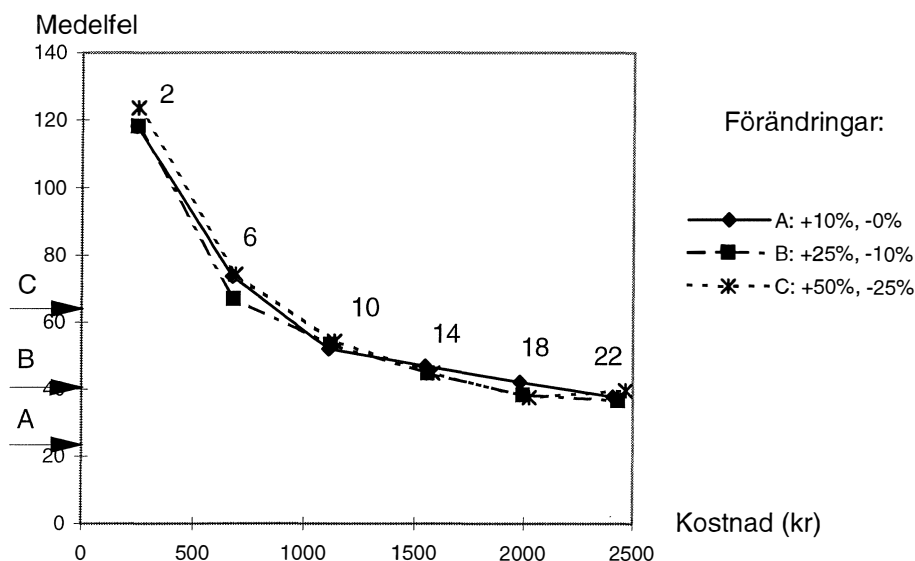
För studien användes tre stycken populationer inom ett kvadratisk område av 6.25 ha. Individantalet vid tidpunkt 1 var för samtliga 100 individer ha^{-1} men med varierande avgång och tillkomst till tidpunkt 2 (Tabell 1).

Tabell 1. Populationer som användes i studie 2

Population	Individantal		
	tidpunkt 1, ha^{-1}	Tillkomst, %	Avgång, %
A	100	10	0
B	100	25	10
C	100	50	25

I studien användes bälten med 12 m bredd. Medelfelet för skattning av förändring i individantal skattades genom simuleringar dels med 2 permanenta bälten, dels med mellan 2 och 22 tillfälliga. I fallet med permanenta bälten beräknades inga kostnader. För de tillfälliga användes följande tidsåtgångar: gånghastighet mellan respektive längs bälten: 100 respektive 240 sek/100 m, fast tid per bälte: 60 sek samt tid för registrering av en individ: 10 sek. Kostnaden var satt till 200 kr/timme.

För små förändringar, som för population A, torde det inte vara försvarbart med (ett stort antal) tillfälliga bälten ens om permanenta bälten är förenade med mycket höga kostnader (Figur 2). För population C däremot är tillfälliga bälten kostnadseffektivare om kostnaden för två permanenta bälten är högre än kostnaden för cirka sex par tillfälliga (sex vid tidpunkt 1 och sex vid tidpunkt 2).



Figur 2. Sambandet mellan medelfel för skattning av förändring av individantalet och kostnad för bältesinventering med tillfälliga bälten. Antalet individer vid tidpunkt 1 var 100 st/ha, förändringar framgår i figuren. Pilarna A, B och C anger medelfelet för inventering med två fasta bälten för respektive population. Antalet bälten (vid vardera tidpunkten) anges.

Studie 3. Styrkan i detektering av förändringar i individfattiga populationer via bältesinventering

Vid studier av populationer vill man ofta påvisa huruvida en förändring har skett eller ej. Man kan då formulera nollhypotesen att ingen förändring har skett. Nollhypotesen antas korrekt så länge den inte kan påvisas vara falsk (förkastas). Att acceptera en nollhypotes är förknippat med en viss risk; det finns en viss sannolikhet att den trots allt är falsk. Sannolikheten att förkasta nollhypotesen då den är falsk, dvs att korrekt förkasta den, betecknas som styrkan för ett test. Styrkan bör vara hög, är den låg är sannolikheten stor att vi accepterar nollhypotesen trots att den är falsk, dvs att vi felaktigt antar att ingen förändring har skett.

Styrkan för ett test i samband med detektering av förändringar av populationer beror av en rad faktorer. Bland annat beror den av förändringens storlek, stickprovsstorleken, testkvantiteten och vald felrisk.

I studien undersöktes styrkan för testet av nollhypotesen ingen nettoförändring i antal men viss ”omflyttning” av individer för populationer med låg täthet inom ett område som inventeras med fasta bälten vid två tidpunkter. De populationer och den inventeringsdesign som används är tänkt att efterlikna situationen som råder vid studier av förändringar av mängden död ved i vissa typer av nyckelbiotoper (Kellner och Snäll, *opublicerade data*)

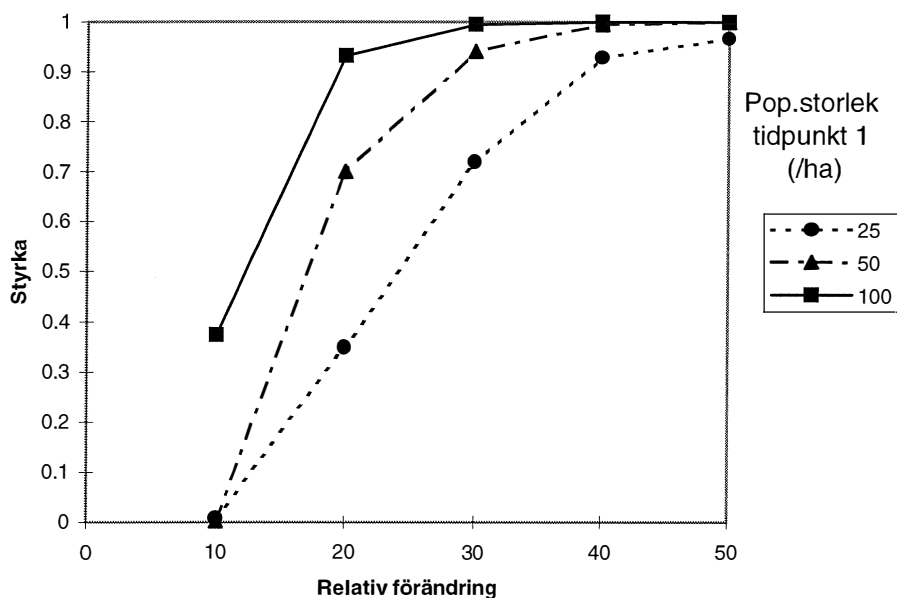
Kvadratiska områden med storleken 6.25 ha användes. Populationsstorleken i tidpunkt 1 uppgick till 25, 50 och 100 individer per ha. Förändringar (under H_1 ; Δ_{H_1}) motsvarade ett individtillskott av 10 till 50 % användes. Nettoavgången var i samtliga fall lika med noll.

Bälten med bredden 12 m och en sammanlagd längd som motsvarade en inventerad arealandel av 9.6 % användes.

Styrkan som beräknas i studien är approximativ. Nollhypotesen förkastades, vid felrisken 0.05, om absolutbeloppet av den skattade förändringen översteg $1.96\sigma_{H_0}$, där σ_{H_0} är standardavvikelsen för skattningen av förändringen under nollhypotesen. Denna bestämdes genom simulering av inventering i en population med antalet individer i utgångsläget lika med antalet för den population för vilken styrkan senare beräknades. Antalet avgångna individer sattes i detta fall lika med antalet tillkomna individer (15% av antalet vid tidpunkt 1), dvs ingen nettoförändring i antal utan enbart ”omflyttning” av individer. Standardavvikelsen under alternativhypotesen, σ_{H_1} , bestämdes genom simulering med de individtillskott som angavs ovan. Utfallen vad gäller skattade nettoförändringar under både H_0 och H_1 antogs vara approximativt normalfördelade.

Styrkan beräknades sedan som $P[z > z_1]$ där $z_1 = (1.96 \sigma_{H_0} - \Delta_{H_1}) / \sigma_{H_1}$ samt där z är $N(0, 1)$.

Baserat på den använda inventeringsdesignen (och det sätt på vilket vi här har beräknat styrkan!) är sannolikhet stor att detektera förändringar för populationer överstigande 100 individer i utgångsläget och för vilka tillskott av individer är mer än 20 % (Fig. 3).



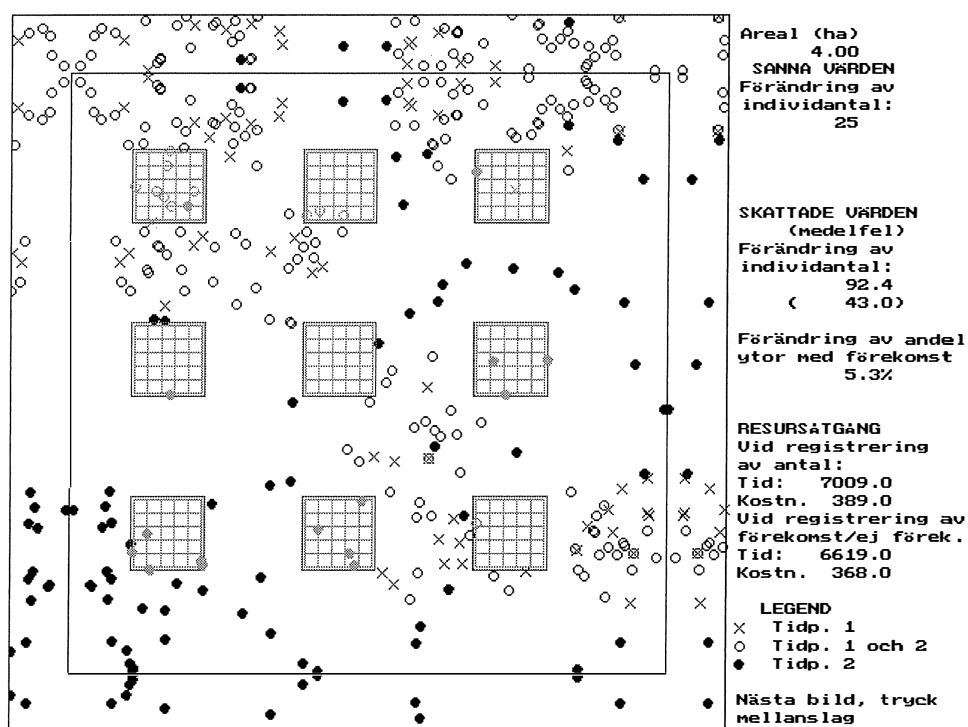
Figur 3. Styrkan för testet ”ingen förändring” i relation till den faktiska förändringens storlek. Resultatet avser bältesinventering av populationer med individtätheten 25 - 100 st/ha inom ett område av 6.25 ha. Förändringen utgjordes endast av tillskott, avgången var satt till noll.

Studie 4. Styrkan i detektering av förändring via räkning och via registrering av förekomst

För populationer med stor täthet kan det vara tidskrävande och därmed kostsamt att registrera varje individ. Många gånger föreligger även stor risk för felaktigheter av olika slag vid registreringen. Att istället registrera enbart huruvida arter e dyl förekommer inom provytor är därför ett alternativ till registrering av antal (se exempel Fig. 4).

I studien jämfördes effektiviteten av att registrera antal med registrering av förekomst för detektering av populationsförändringar. Som jämförelse mellan de båda metoderna användes styrkan för testet av nollhypotesen ingen nettoförändring i antal men viss ”omflyttning” av individer i relation till kostnaden för inventeringen. För beskrivning av styrketest, se studie 3. Även här beräknades σ_{H0} genom simulering av inventering i en population utan nettoförändring i individantal, men med viss inbördes ”omflyttning” (i denna studie 7.5% av antalet vid tidpunkt 1).

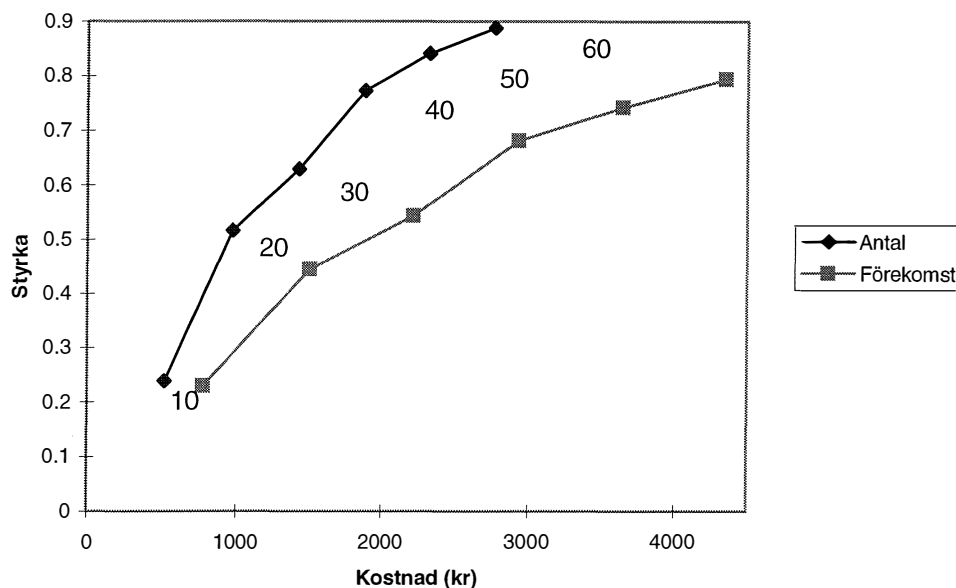
En population med 500 individer per ha vid tidpunkt 1 användes. Tillskottet till tidpunkt 2 var 15 %, avgången var lika med noll. Den rumsliga fördelningen var slumpmässig både med avseende på tillståndet vid tidpunkt 1 och tillkomsten. Kvadratyteinventering användes både vid antalsregistrering och registrering av förekomst. Kvadratiska (primär-)ytor med sidan 5 m användes. I fallet registrering av antal räknades alla individer inom ytan. I fallet registrering av förekomst delades provytan i 25 subkvadrater för vilka förekomst/ej förekomst av individer registrerades. Antalet primärytor varierade från 10 till 60.



Figur 4. Exempel på en kvadratyteinventering utförd i inventeringssimulatorens. (Populationen och inventeringsdesignen motsvarar dock inte de som användes i den aktuella studien.)

Gånghastighet till mellan ytor och bälten sattes till 100 sek/100 m. Följande tidsåtgångar användes: fast tid per primäryta vid registrering av antal respektive förekomstbedömning, 370 respektive 120 sek, tid för registrering av individ 10 sek och tid för etablering samt registrering av förekomst för subkvadrat 20 sek. Kostnaden var 200 kr/timme.

Under de givna förutsättningarna gav registrering av antal den högsta styrkan för en given kostnad (Fig. 5).



Figur 5. Styrka i relation till kostnad för registrering av antal individer i (primär-)ytor 5x5 m respektive registrering av förekomst i 25 st subkvadrater inom primärytan. Antalet primärytor framgår. Populationen utgjordes vid tidpunkt 1 av 500 individer per ha inom ett område av 6.25 ha, tillskottet till tidpunkt 2 var 15% medan avgången var satt till noll.

Diskussion

De utförda studierna pekar på ett antal aspekter av intresse i samband med inventering av populationer för att detektera populationsförändringar. Studie 1 behandlade kostnads-effektiviteten av olika inventeringsmetoder. Att i grova drag studera i vilka fall cirkel-yteinventering är bättre än bältesinventering och vice versa, låter sig med den valda ansatsen väl göras. Mer ingående studier i frågan kräver väl underbyggda resultat från tidsstudier. Det samma gäller för studie 2 där lämpligheten av tillfälliga kontra permanenta bälten studerades. I studie 3 användes styrkan som ett kriterie för att uttala sig om populationsförändringar. Styrkan användes även i studie 4 för att studera effektiviteten av att räkna individer i jämförelse med att registrera förekomst. Här är styrkan ett nödvändigt kriterium, eftersom man inte direkt

kan använda medelfelet för att jämföra metoderna (i det ena fallet ett medelfel för skattning av förändring i individantal, i det andra för nettoförändringen i andel ytor/bälten med förekomst). Det sätt på vilket styrkan beräknades (se studie 3) är dock förmodligen inte det bästa.

Det är därför angeläget att inkorporera effektivare tester i inventeringssimulatorens, samt se till att tillhörande styrkeberäkning kan hanteras internt i programmet.

Litteratur

Lämås, T. 1996. Circular plots versus strips for assessing rare forest objects. *In: Forest management planning for biodiversity and timber production. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Forest Resource Management and Geomatics, Report 3. Dissertation.*

Lämås, T. & Ståhl, G. 1997. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventeringssimulering. En handledning till programpaketet "NVSIM". SLU, Inst för skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 25.

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation.

Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE.
- 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur L.*) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--12--SE.

- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla föryngringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SRG-AR--17--SE.
- 18 Christoffersson, P & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRG-AR--19--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG-AR--22--SE.
23. Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
24. Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE