



Brattåkerinventeringen

Dokumentation av databasen och avdelningsskattningarna

Jörgen Wallerman

Arbetsrapport 43 1998

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--43--SE

Förord

Detta arbete är genomfört inom projektet "Inventering och Planering av ett Avdelningsfritt Skogsbruk" som är finansierat av Rymdstyrelsens Fjärranalysskommitté (FAK), AssiDomän Skog och Trä AB, Skogs- och Jordbrukets Forskningsråd (SJFR) och MoDo Skog AB. Projektledare är Ljus-Ola Eriksson. Projektet är uppdelat i tre delar, där varje del är separat finansierad. Den första delen består av datainsamling, dvs en inventering anpassad till avdelningsfri planering och är finansierad av SJFR och MoDo Skog AB. Den andra delen består av utveckling av skattningsmetoder av skogliga parametrar kontinuerligt i rummet. Finansieringen för denna del kommer från FAK och AssiDomän Skog och Trä AB. Den sista delen omfattar utveckling av planeringsmetoder och är även den finansierad av SJFR. Sören Holm är ansvarig för inventerings- och planeringsdelarna och Håkan Olsson för skattningsdelen. Detta arbete tillhör både inventeringsdelen och skattningsdelen, men med tyngdpunkt mot den senare.

En stor del av planeringen och ledningen av inventeringsarbetet genomfördes av Tomas Thuresson som även genomförde det inledande databasarbetet. Tomas Lämås har genomfört de ytvisa skattningarna med indelningspaketet (IP) och skrivit den del av rapporten som behandlar detta. Olle Hagner och Steve Joyce har genomfört stora delar av fjärranalysskattningarna och Per Sandström utförde konvertering av digitala kartdata.

Innehållsförteckning

FÖRORD	2
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	3
1 INLEDNING	5
2 MATERIAL OCH METODER	6
2.1 Inventeringsdata	6
2.2 Flygbildstolkning	6
2.3 Konvertering av GIS-data	7
2.4 Satellitdata	7
2.5 Arbetsgång	7
2.6 IP-beräkningar	8
2.7 Kompletterande koordinatmätningar	8
2.8 Databasen	8
2.9 Metoder för rasterskattningar	10
2.10 Avdelningsskattningar	12
2.11 Utvärdering	12
3 RESULTAT	14
3.1 Utvärdering	14
3.2 Krigingskattning	15
3.3 Skattningar med Neurala nätverk	15
3.4 Kombinationsskattning	17
3.5 Avdelningsdatabas	18
4 DISKUSSION	20
5 REFERENSER	21
BILAGOR	
BERÄKNINGAR MED INDELNINGSPAKETET (IP)	22

**KORTFATTAD DOKUMENTATION AV INVENTERINGEN OCH
INVENTERINGSDATA** **24**

SEMIVARIANSDIAGRAM **30**

SKATTNINGSDIAGRAM **33**

1 Inledning

Under 1995 startades projektet ”Inventering och planering av ett avdelningsfritt skogsbruk” som syftar till att utveckla en inventerings- och planeringsmodell för ett avdelningsfritt skogsbruk. Ett led i detta är att tillämpa idén på en projektfastighet, Brattåker utanför Vindeln. Den första delen av projektet består av att genomföra en anpassad inventering för insamling av skogliga data, där en avdelningsindelning av skogen inte behövs. Den andra delen av att med inventeringens data utveckla metoder för att skatta skogliga parametrar rumsligt kontinuerligt. I den tredje delen ska en ny planeringsmodell utvecklas, där bland annat metoder att bilda åtgärdsenheter är en central del.

Brattåker ägs av MoDo och var tänkt att nyindelas inom kort, men istället för att genomföra en traditionell avdelningsvis inventering bekostade MoDo projektets anpassade inventering. Dessutom genomförde MoDo i egen regi en traditionell flygbildstolkning i stereoinstrument av området, med avdelningsavfattning och subjektiv skattning av några avdelningsparametrar. Detta gjordes eftersom MoDo behövde en ny, traditionell avdelningsdatabas skattad med hjälp av den anpassade inventeringen. Skattning av en avdelningsdatabas ingick som ett villkor för finansieringen och skall därför genomföras inom projektet. En avdelningsdatabas behövs dessutom för flera andra forskningsprojekt på SLU, bland annat i ett projekt som studerar effekter av fragmentering av skogen.

Inventeringen av Brattåker genomfördes sommaren 1996 och följdes av rättning och en första sammanställning av data. I denna rapport sammanfattas arbetet som följde därefter. En databas med direkta inventeringsdata och skattade parametrar på ytnivå sammanställdes och användes tillsammans med flygbildstolkningen för att skatta en avdelningsdatabas.

För att kunna använda inventeringens data, som inte är kopplat till avdelningsgränser, till att skatta avdelningsparametrar användes metoder som producerar rumsligt kontinuerliga skattningar. Tre sådana metoder provades; Ordinary Kriging, Neurala Nätverk med olika indata, och en kombination av de båda. Med dessa skattades varje parameter på ett raster med 20x20m cellstorlek. Avdelningsskattningar bildades med medelvärdet av cellerna inom varje avdelning. För att kunna utvärdera metoderna användes ytterligare ett datamaterial från Brattåker med omgivning i denna studie. Skillnaderna mellan metoderna var små, men ett av de neurala nätverken utvaldes som den bästa metoden och användes till att skatta avdelningsdatabasen.

Arbetet med att skatta en avdelningsdatabas för Brattåker var inte enkelt eftersom det krävde en kombinerad användning av flera datakällor med olika definitioner och kvaliteter. Detta tycks märkligt vid en första anblick, men är naturligtvis ett resultat av att varken inventeringen eller projektet som sådant syftar till att använda avdelningsbegreppet. Skattningen av avdelningsdatabasen är inte ett direkt led i projektets metodutveckling utan är mer en leverans till MoDo Skog AB.

2 Material och metoder

2.1 Inventeringsdata

I inventeringen användes stratifierad sampling med ett slumpvist utlagt systematiskt nät av provytor i varje stratum. Stratifieringen gjordes med satellitdata som klassades pixelvis med ostyrd klassning till 5 klasser. För att få sammanhållna områden med samma klasstillhörighet segmenterades satellitbilden, med programvara utvecklad av Hagner (1990), och den dominerande klassen i varje segment användes som hela segmentets stratatillhörighet. Skogen inom varje strata är ungefärligen likartad (Tabell 1). 2700 ytor fördelades på de olika strata med hänsyn till den förväntade nyttan av informationen (Bilaga 2) och varje yta tilldelades en á priori-koordinat, den position förrättningsmannen söker upp i terrängen och etablerar ytcentrum på. Realtidskorrigerad differentiell GPS användes för att hitta ytpositionerna.

Mer detaljer om inventeringen finns i Christoffersson & Jonsson (1996). Bilaga 2 är en beskrivning av de insamlade variablerna och av de databehandlingar som direkt följde efter inventeringen, bl. a. medelvärdesberäkning av GPS-mätningarna och en rättning av fel i datainsamlingen.

Tabell 1. Strata i Brattåker

Stratum	Typisk karaktär
0	Inte MoDo-mark
1	Gles barrblandskog
2	Tät barrblandskog
3	Tallhed
4	Ungskog
5	Kalmark

Data från inventeringen samlades i tre Accessdatabaser, en för förrättningsman 1 och två för förrättningsman 2. Efter den första databehandlingen (Bilaga 2) var materialet i det närmaste klart för att skatta ytvisa parametrar med Indelningspaketets (IP) program. Av olika anledningar saknade ett hundratal ytor koordinater och behövde kompletteras med nya GPS-mätningar (Bilaga 2).

2.2 Flygbildstolkning

Flygbildstolkningen från MoDo Skog AB levererades till SLU dels som GIS-data och dels som databas med tolkade avdelningsparametrar. GIS-data innehöll bl. a. avdelningsgränser och vägar, i formaterade för kartritningssystemet SOS-Map. Databasens skattningar (totalålder, SI, volym, grundyta, trädslagsblandning,

grundtyevägd medeldiameter (DGV), slutenhet och medelhöjd) var kopplade till GIS-data via avdelningsnummer.

2.3 Konvertering av GIS-data

Modo levererade 5 filer med GIS-data för denna analys (Tabell 2). Tre av dessa importerades till Arc/Info-format med PC-Arc/Info. Först importerades linjeskiktet brattaker.lin och punktskiktet brattaker.lab med "Generate"-rutinen. Därefter användes "Clean" för att eliminera "hängande" linjer och för att bygga topologi för de återstående polygonerna. Med "Dissolve" kombinerades intilliggande polygoner med samma idnummer (från filen brattaker.lab). Dessa steg resulterade i ett skikt med 822 bestånd vilka länkades till databasinformation i filen brattaker.kod.

Tabell 2. GIS-datafiler levererade av Modo

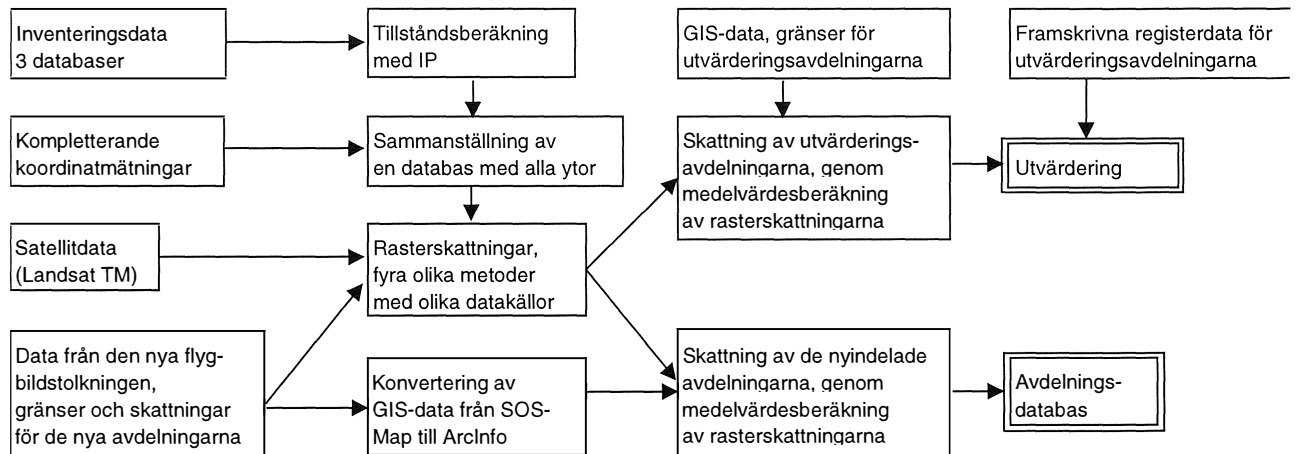
Filnamn	Innehåll	Format
Brattaker.lin	All linjeinformation	Arc/Info Generate
Brattaker.lab	Punktskikt med idnummer	Arc/Info Generate
Brattaker.kod	Databastabell länkad till brattaker.lab	ASCII text
Brattaker.txt	Karttext (ej använt)	Arc/Info Generate
Brattaker.pkt	Punktdatainformation (ej använt)	Arc/Info Generate

2.4 Satellitdata

I detta arbete användes en precisionskorrigerad Landsat TM-scen (Path 194, Row 014) från 950613, med 7 spektralband och 30m pixelstorlek. Scenen användes dels till stratifieringen före inventeringen och dels till rasterskattningar.

2.5 Arbetsgång

Arbetsgången med att sammanställa en databas från inventeringen och använda denna till att skatta parametrar för avdelningarna på Brattåker beskrivs i Figur 1.



Figur 1. Arbetsgången vid databearbetningen.

2.6 IP-beräkningar

Indelningspaketet (IP) (Jonsson et al 1993) är ett skogligt planeringssystem som bland annat innehåller rutiner för att skatta skogliga parametrar för avdelningar med hjälp av ett sampel av provytor inom varje avdelning. Dessa rutiner användes för att beräkna skogliga data på ytnivå genom att låta varje yta representera en avdelning med enbart en inventerad provyta. Bilaga 1 innehåller detaljerna för dessa beräkningar.

2.7 Kompletterande koordinatmätningar

Av flera anledningar saknades positionsbestämning på ca 100 ytor (Bilaga 2). Dessa ytor återbesöktes med hjälp av en realtidskorrigerad GPS och dess positioner mättes igen. Denna gång användes realtidskorrigeringen enbart för att hitta ytan och själva positionsmätningarna skedde med postprocessning enligt riksskogstaxeringens rutiner. Tyvärr misslyckades positionsbestämningarna även denna gång på några ytor. Totalt är det 21 ytor som av olika anledningar fortfarande saknar koordinater.

2.8 Databasen

Efter IP-beräkningarna samlades alla data i en enda databas, Brattaker.mdb. Ytterligare felaktiga ytidentiteter rättades då till. Vid inventeringen lagrades inventeringsdata och GPS-data var för sig för att senare kopplas ihop med hjälp av ytidentiteterna. GPS-mätningarna lagrades automatiskt med ytidentiteten, men det gjordes inte inventeringsdata. Programmet som skötte insamlingen och lagringen av

inventeringsdata krävde att förrättningsmannen matade in ytans identitet manuellt och därmed fanns det risk för felslagningar. Resultatet blev att flera identiteter i inventeringsdata inte hade tillåtna värden samt att det för vissa ytidentiteter fanns inventeringsdata men inte GPS-data och tvärt om. Förklaringar till flera av dessa fel fanns i förrättningsmännens dagböcker, t. ex. gick det inte att radera redan lagrade inventeringsdata i datasamlaren även om de var fel. I dessa fall kunde inte rätt identitetsnummer lagras tillsammans med rätt data. Detta löstes i fält genom att förrättningsmannen hittade på ett nytt unikt identitetsnummer att lagra rätt data tillsammans med och noterade detta i dagboken. Genom att jämföra ytidentiteterna som saknade GPS- eller inventeringsdata kunde några mer eller mindre uppenbara felslagningar korrigeras.

I Tabell 3 redovisas de ytidentiteter som ändrades och av vilken anledning. Eftersom denna rättning till stor del var subjektiv finns det risk för felaktiga rättningar.

Tabell 3. Ändrade ytidentiteter

Ursprungligt ID	Rättat ID	Orsak
16369	16361	Fel vid första inmatningen
17739	17731	Fel vid första inmatningen
20439	24391	Fel inmatat ID:nr?
43107	43101	Fel inmatat ID:nr?
33192	23192	Fel inmatat ID:nr?
21102	31102	Fel inmatat ID:nr?

Identiteterna för de ytor som rättats är noterade i en separat tabell (Misstankta) i databasen för att kunna sorteras bort om det behövs. I denna tabell finns även identiteterna för de ytor som förrättningsmännen tyckte var i fel stratum, dvs att skogstypen inte stämde med stratatillhörigheten.

Indexeringen för ytorna kompletterades, varje yta redovisas nu med ett fält vardera för: stratum (Stratum), löpnummer inom stratum (Ytnr), yttyp (Yttyp), $10 * Ytnr + Yttyp$ (YtID) samt $10000 * Stratum + 10 * Ytnr + Yttyp$ (PlotID). Endast PlotID är en helt unik indexering för varje yta och är därför lämpligast att använda för att koppla de olika tabellerna till varandra.

Databearbetningen med IP producerar en stor utdatafil – RESFI.TXT. Denna fil innehåller tre posttyper (radtyper) med olika fält, för varje yta. I ytdatabasen återfinns dessa data i tabellerna Fritax_post1, Fritax_post2 och Fritax_post3, där varje tabell består av en posttyp utsorterad för alla ytor.

Databasen med förtolkade avdelningsparametrar lästes in till Brattaker.mdb som tabellerna Förtolkning och Förtolkning_delbeståndsindex. Förtolkning_delbeståndsindex är kompletterad med fältet Dbest som är identiskt med Delbestand men med värdet 0 istället för en tom post.

När konverteringen av avdelningsavfattningen från SOS-Map-format till ArcInfo-format var genomförd hänfördes varje yta till den avdelning den ligger i. Detta gjordes i ArcView som en enkel "spatial join". I tabellen Bestandsstillhörighet redovisas varje ytnummer tillsammans med tillhörande avdelningsnummer.

2.9 Metoder för rasterskattningar

En metod att skatta en parameter för en avdelning är att använda medelvärdet av mätningarna på de ytor som inventerats inom avdelningen. Detta fungerar bra för avdelningar där många ytor inventerats men mindre bra för avdelningar med få ytor. Dessutom kan avdelningar som helt saknar inventerade ytor inte skattas alls. I Brattåker finns det alltför många avdelningar med få eller inga ytor för att detta ska vara en rimlig metod.

Ett alternativ är att representera varje parameter som ett raster (rumsligt kontinuerligt) över hela området och skatta varje cell på bästa vis med hjälp av inventeringsdata och kanske ytterligare användbara datakällor. En stor del av projektet syftar till att utveckla och utvärdera just sådana skattningsmetoder för skogliga parametrar, varför olika metoder utvärderades.

- 1) Rumslig interpolering av ytdata med Ordinary Kriging
- 2) Skattning med ett neuralt nätverk (provytedata, satellitdata)
- 3) Skattning med ett neuralt nätverk (provytedata, satellitdata, flygbildstolkade parametrarna)
- 4) Kombinationsskattning med 1) och den bästa av 2) och 3)

För att underlätta sambearbetning mellan rasterbilder användes alltid samma rasterparametrar (Tabell 4).

Tabell 4. Parametrar för rastermodellen

Rader	558
Kolumner	585
Cellstorlek	20 m
Koordinat för mittpunkten av övre vänstra cellen	
Rikets nät X	7139 640 m
Rikets nät Y	1675 290 m
Cellvärde där data saknas	-9999

Ordinary Kriging (Srivastava 1989, Cressie 1991) är en metod för interpolering av rumsligt autokorrelerade variabler och syftar till att ge väntevärdesriktiga skattningar med minimerad felvarians. För detta använder metoden modeller av varje variablers rumsliga autokorrelation. Semivariansen $\gamma(\mathbf{h})$ beskriver autokorrelationen mellan observationer separerade med avståndsvektorn \mathbf{h} (Formel 1) och används för att modellera autokorrelationerna.

$$\gamma(\mathbf{h}) = (E[v(\mathbf{x}) - v(\mathbf{x} + \mathbf{h})]^2) / 2 \quad (1)$$

Modelleringen av semivarianserna skedde med hjälp av inventeringsdata, d.v.s. den observerade semivariansen. Semivariansen för en mängd klasser av separationsavstånd beräknades och modeller skattades med viktad minstakvadrat-anpassning. Antalet par av ytor i varje avståndsklass användes som vikter.

Eftersom inventeringen var stratifierad användes stratifierad Kriging, dvs varje strata skattades för sig med en egen semivariansfunktion för varje variabel. För att kunna bilda en kombinationsskattning (se nedan) behövs en skattning av felvarianserna för de skattningsmetoder som används i den. I detta arbete användes det teoretiska värdet av Kriging-estimatorns minimerade felvarians som en skattning av dess verkliga felvarians. Denna skattning bedömdes som tillräckligt bra för detta ändamål. Programpaketet GSTAT (Pebesma 1997) användes genomgående för de geostatistiska beräkningarna.

Syftet med ett *neuralt nätverk* är att empiriskt finna samband mellan olika parametrar i ett stort dataset (Hagner 1997, Haykin 1994, Neural Ware 1991). Förenklat kan detta beskrivas som en iterativ process som skattar varje beroende variabel med en viktad, transformerad summa av de oberoende variablerna. Vanligen delas data upp i en stor del, träningsdata, och en mindre, utvärderingsdata. Träningsdata används för att skatta nätverkets vikter med och utvärderingsdata för att utvärdera skattningarnas noggrannhet och precision. En iteration består av att en observation i träningsdata skattar de beroende parametrarna och skattningarna jämförs med de observerade värdena. Vikterna korrigeras därefter proportionellt mot det observerade felet (dessutom används en stokastisk komponent). Processen upprepas till dess att vikterna inte längre förändras nämnvärt mellan iterationerna, för vilket det kan behövas många iterationer. Två neurala nätverk skattades, ett som enbart relaterade sambandet mellan satellitdata och inventeringsdata och ett som dessutom använde de flygbildstolkade parametrarna. För att kunna använda skattningarna från ett neuralt nätverk i en kombinationsskattning måste nätverkets felvarians skattas. Till detta användes utvärderingsdatasetet genom att dess observationer skattades med nätverket och varianserna för residualerna beräknades. Regressionsmodeller anpassades därefter till de observerade sambanden mellan residualvarianserna och skattningarna.

Kombinationsskattningen bildades genom att varje cells Krigingskattning och den bästa neurala nätverksskattningen av 2) och 3) ovan vägdes med det inverterade värdet av sin respektive skattade felvarians, summerades och dividerades med summan av de båda vikterna (Formel 2).

$$\hat{Y} = \left[\frac{1}{\hat{V}\hat{a}r(\hat{K})} * \hat{K} + \frac{1}{\hat{V}\hat{a}r(\hat{S})} * \hat{S} \right] / \left[\frac{1}{\hat{V}\hat{a}r(\hat{K})} + \frac{1}{\hat{V}\hat{a}r(\hat{S})} \right] \quad (2)$$

\hat{Y} = Kombinationskattning

\hat{K} = Krigingskattning

\hat{S} = Spektral kattning (Neuralt nätverk)

$\hat{V}\hat{a}r(.)$ = Skattad varians för (.)

Idén bakom en kombinationskattning är att kombinera två kattningar och åstadkomma en ny med mindre residualvarians än någon av de ingående kattningarna. Vikterna (1/skattad residualvarians) som användes förutsätter att de ingående kattningarnas residualer är oberoende. Intuitivt förefaller detta vara rimligt eftersom OK-skattningens residualer beror på avståndet till provytorna runtomkring och den spektrala kattningens residualer på digitalnivån i satellitbilden.

I kombinationskattningen användes det neurala nätverk som presterade bäst.

2.10 Avdelningsskattningar

Skattningsmetoderna som beskrivits ovan skattar parametrar i raster. Dessa rasterskattningar aggregerades till kattningar av hela avdelningar. Detta gjordes genom att först extrahera värdena för alla rasterceller inom varje avdelning och för varje skattad parameter. Därefter skattades avdelningen med medelvärdet av dessa celler. Extraheringen gjordes i bildanalysprogrammet ER-Mapper med hjälp av ett makro (batchscript) och en mask (ett raster där värdet i varje cell används som klasstillhörighet för cellen). Avdelningsavfattningen användes som mask genom att ArcView-skiktet först konverterades till ett raster (Tabell 4), som exporterades i ASCII-format till ER-Mapper där det lästes in som ett "Simple ASCII grid". För att behålla georefereringen justerades headerfilen manuellt. Resultatfilen från ER-Mappermakrot är en enkel textfil, vilken lästes in till databassystemet Access där medelvärden för varje avdelning beräknades. Den bästa rasterskattningsmetoden valdes ut och för denna sammanställdes en avdelningsdatabas med de parametrar som metoden kunde skatta.

2.11 Utvärdering

För att kunna utvärdera effektiviteten för de olika skattningsmetoderna behövdes en uppsättning objektivt (och oberoende) utvalda och skattade avdelningar. Under ett tidigare projekt i Brattåker (Lämås 1995) hade ett sådant material insamlats. 63 avdelningar inventerades då med indelningspaketets (IP) rutiner, där den äldre avdelningsavfattningen användes. Ett flertal av dessa avdelningar gick dock inte att använda eftersom de inte ligger på Brattåker, dvs inte på mark ägd av MoDo. Detta

material skrevs fram med tre års tillväxt (de i IP skattade årliga tillväxterna användes) och parametrarna skattades med cellmedelvärdet inom avdelningen (se ovan).

En objektiv kontrollinventering av ett stickprov av fastighetens nyindelade avdelningar hade varit ett bättre referensmaterial. En sådan kontrollinventering planeras att genomföras under sommaren 1998.

3 Resultat

Ett problem i arbetet var att inventeringens stratifiering och flygbildstolkningens avgränsningar av skog och impediment inte riktigt överensstämde. Områden som stratifieringen klassade som produktiv skog kan vara indelade som impediment i flygbildstolkningen och tvärtom. Skillnaderna är dock inte så stora att någon avdelning till mer än 10% av arealen är impediment i stratifieringen men skog i flygbildstolkningen. Detta bedömdes inte påverka resultatet och accepterades därför. Ett större problem var att Kriging inte användas för flera parametrar i ungskogs- och kalmarksstrata eftersom det fanns för få provytor i dessa strata för att möjliggöra modellering av autokorrelationen. Skattningar med Kriging som baserades på mindre än 90% av avdelningens areal bedömdes inte användbara och uteslöts ur studien. Detta gjorde utvärderingen väsentligt svårare och begränsade också möjligheterna att skatta en avdelningsdatabas med Kriging. Bilaga 4 innehåller diagram som åskådliggör metodernas skattningsresultat.

3.1 Utvärdering

På grund av att flera strata inte skattades med Kriging begränsades mängden användbara utvärderingsavdelningar för denna metod väsentligt. Vilka utvärderingsavdelningar som gick att använda varierade dessutom mellan metoderna och parametrarna. För att öka möjligheten till jämförelser utvärderades de neurala nätverken med två uppsättningar utvärderingsavdelningar. Dels användes alla avdelningar som kunde användas i ("alla avdelningar") och dels användes de avdelningar som Kriging (och således kombinationsskattningen) kunde skatta ("gemensamma avdelningar").

Ytterligare ett problem med utvärderingsavdelningarna är att de lottats mot dess förväntade innehåll av biologiskt värdefulla biotoper. Det finns därför många fler avdelningar med gallrings- och slutavverkningsskog än ungskog. Alla skattningar kommer därför att utvärderas med tyngdpunkt på grov skog. En vanlig egenskap för skattningsmetoder är att de överskattar låga parametervärden och underskattar höga. Skattningar med den egenskapen och utvärderade med dessa avdelningar kommer att visa bias trots att de är väntevärdesriktiga.

För att kunna använda utvärderingsavdelningarna länkades dessas geografiska utbredning (GIS-data) med den gamla (framskrivna) avdelningsdatabasen. De nya rasterskattningarna beräknades därefter för dessa avdelningsgränser. Det var inte trivialt att länka ihop och sammanställa data från de olika källorna. I regel krävdes att facitdata och skattningar sammanställdes och utvärderades för varje variabel separat. För sammanställningen användes en kedja av "queries" i Access.

3.2 Krigingskattningar

De skattade semivariansmodellerna som användes återfinns i Bilaga 3. Flera variabler kunde inte skattas i strata 4 och 5 på grund av för få observationer (provytor över lag eller ytor med mätvärden större än noll) (Tabell 5).

Tabell 5. Strata skattade med Kriging

Parameter	Skattad i stratum nr
Volym tall	1-3
Volym gran	1, 2, 4
Volym löv	1, 2
Total volym	1-3
Grundyta	1-4
Totalålder	1-4
Grundytevägd medeldiameter	1-4
Stamtäthet	1-4
Ståndortsindex gran	1-5
Ståndortsindex tall	1-5

Tabell 6. Precision och noggrannhet för Krigingskattningen, n =antal avdelningar, m =medelvärde, s =standardavvikelse

Parameter	n	Registerdata		Skattning		Bias	RMSE
		m	s	m	s		
Volym tall [m ³ sk/ha]	13	69,8	46,7	65,0	44,3	-4,8	19,2
Volym gran [m ³ sk/ha]	16	72,0	51,1	66,6	36,3	-5,4	22,6
Volym löv [m ³ sk/ha]	11	35,7	19,4	26,2	7,8	-9,5	18,7
Total volym [m ³ sk/ha]	13	191,3	42,9	165,8	47,2	-25,5	35,7
Grundyta [m ² /ha]	21	22,3	7,3	18,5	6,6	-3,8	5,6
Totalålder [år]	21	85,4	32,2	76,5	29,2	-8,9	15,2
Stamantal [st/ha]	21	1142	401	1097	281	-44	300
DGV [mm]	21	196	52	183	46	-13	25,2
SI tall [dm]	31	205,9	11,2	213,5	8,22	7,5	12,4
SI gran [dm]	31	187,9	12,6	197,4	9,90	9,5	14,6

3.3 Skattningar med Neurala nätverk

Skattningarna skedde i ER-Mappers filterrutin och resultatet sparades som en flerbands rasterbild i ER-Mappers format, Natskattning_sb.ers (satellitdata som

oberoende variabler) och Natskattning_sb_ft.ers (satellitdata och flygbildstolkningar som oberoende variabler).

Flera variabler visade för dålig, eller ingen, samvariation med satellitdata och kunde inte skattas med de neurala nätverken. De variabler som skattades redovisas i Tabell 7 och Tabell 8.

Tabell 7. Precision och noggrannhet för nätverksskattningen med satellitdata, n =antal avdelningar, m =medelvärde, s =standardavvikelse

Alla avdelningar:

Parameter	n	Registerdata		Skattning		Bias	RMSE
		m	s	m	s		
Total volym [m^3 sk/ha]	27	157,9	70	150,4	54	-7,5	35,3
Grundyta [m^2 /ha]	27	21,1	7,9	19,4	5,8	-1,7	4,6
Totalålder [år]	27	84	34	72	22	-12	23
Stamantal [st/ha]	27	1158	399	1133	231	-25	320

Gemensamma avdelningar:

Parameter	n	Registerdata		Skattning		Bias	RMSE
		m	s	m	s		
Total volym [m^3 sk/ha]	13	191,3	43	173,9	34	-17	37
Grundyta [m^2 /ha]	21	22,3	7,3	19,5	6,1	-2,8	4,5
Totalålder [år]	21	85,4	32	73,8	22	-11	20
Stamantal [st/ha]	21	1133	410	1118	247	-14	342

Tabell 8. Precision och noggrannhet för nätverksskattningen med satellitdata och flygbildstolkade data, n =antal avdelningar, m =medelvärde, s =standardavvikelse

Alla avdelningar:

Parameter	n	Registerdata		Skattning		Bias	RMSE
		m	s	m	s		
Volym tall [m^3 sk/ha]	27	68,3	42	71,9	38	3,6	23,6
Volym gran [m^3 sk/ha]	27	65,7	46	57,2	34	-8,5	25,7
Volym löv [m^3 sk/ha]	27	24,0	22	15,4	10	-8,6	18,6
Total volym [m^3 sk/ha]	27	157,9	70	145,6	62	-12	32,8
Grundyta [m^2 /ha]	27	21,1	7,9	18,8	6,3	-2,4	4,7
Totalålder [år]	27	84	34	76	29	-7,8	16,9
Stamantal [st/ha]	27	1158	399	1125	292	-34	280
DGV [mm]	27	188,9	57	184,3	49	-4,6	23,5

Tabell 8. Forts.

Gemensamma avdelningar:

Parameter	n	Registerdata		Skattning		Bias	RMSE
		m	s	m	s		
Volym tall [m ³ sk/ha]	13	71,1	45	76,9	37	5,9	30,1
Volym gran [m ³ sk/ha]	16	72,0	51	56,6	39	-15	29,2
Volym löv [m ³ sk/ha]	11	35,7	19	21,6	8,0	-14	20,5
Total volym [m ³ sk/ha]	13	191,3	43	168,0	46,9	-23	38,9
Grundyta [m ² /ha]	21	22,3	7,2	18,9	6,4	-3,3	5,1
Totalålder [år]	21	85,4	32	76,5	26	-8,9	13,9
Stamantal [st/ha]	21	1141	401	1107	298	-34	298
DGV [mm]	21	196,4	52	188,0	48	-8,3	21,6

3.4 Kombinations-skattning

Det neurala nätverket baserat på satellitdata och flygbildstolkningar presterade bäst skattningar och användes för kombinations-skattningen. Modeller för detta nätverkets residualvarianser anpassades till de observerade residualvarianserna vid skattningen av utvärderingsdata (se 2.8) med hjälp av regression. Linjära regressionsmodeller användes för alla parametrar utom total volym. Residualvariansen för skattningarna av total volym beskrevs bättre med en modell av den naturliga logaritmen av variansen. Samtliga modeller använde nätverkets skattning som oberoende variabel.

Eftersom kombinations-skattningen enbart var genomförbar på områden som kunde skattas med båda metoderna utvärderas kombinations-skattningen enbart på de gemensamma utvärderingsavdelningarna.

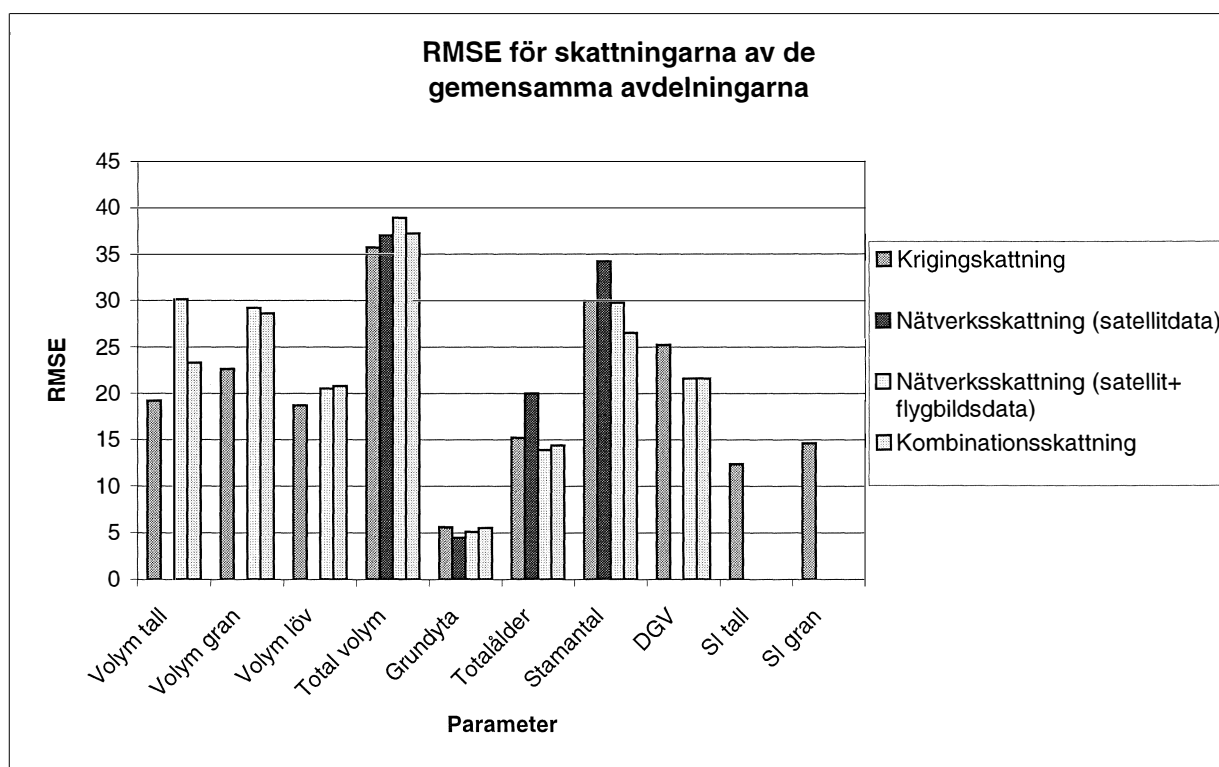
Tabell 9. Regressionsmodeller för nätverksskattningens (satellitdata och flygbildstolkningen) residualvarianser

Parameter	Modell ($\hat{\sigma}^2 = f(\hat{v})$)
Volym tall [m ³ sk/ha]	445 + 33,4 x
Volym gran [m ³ sk/ha]	353 + 34,6 x
Volym löv [m ³ sk/ha]	31,5 x
Total volym [m ³ sk/ha]	exp(6,28865 + 0,01075 x) * 1,0559
Grundyta [m ² /ha]	2,108 + 1,62 x
Stamtäthet [st/ha]	197,5 x
Totalålder [år]	4,35 x
Grundytevägd medeldiameter [mm]	7,72 + 0,678 x

Tabell 10. Utvärdering av kombinationsskattningen, n =antal avdelningar, m =medelvärde, s =standardavvikelse

Parameter	Registerdata			Skattning		Bias	RMSE
	n	m	s	m	s		
Volym tall [m ³ sk/ha]	13	69,8	47	68,3	38	-1,5	23,3
Volym gran [m ³ sk/ha]	16	72,0	51	60,6	35	-11	28,6
Volym löv [m ³ sk/ha]	11	35,7	19	21,0	5,7	-14,6	20,8
Total volym [m ³ sk/ha]	13	186	45	163	45	-23,0	37,2
Totalålder [år]	21	85,4	32,2	75,9	27,9	-9,5	14,4
Grundyta [m ² /ha]	21	22,3	7,3	18,5	6,5	-3,7	5,5
Stamantal [st/ha]	21	1141	401	1087	259	-55	265
DGV [mm]	21	197	52	188	48	-8,0	21,6

3.5 Avdelningsdatabas



Figur 2. Jämförelse av metoderna. RMSE för stamantal är dividerat med 10 för att passa in i figurens skala.

Eftersom skillnaderna mellan skattningsmetoderna var så små och aningen till fördel för det neurala nätverket med satellitdata och data från flygbildstolkningen (se 2.8) användes denna till avdelningsdatabasen. Dessutom kunde inte Krigingskattningen och följaktligen inte heller kombinationsskattningen skatta alla parametrar i alla strata, och hade därför gjort avdelningsdatabasen ofullständig. Skattningarna för de nyindelade avdelningarna beräknades på samma vis som för utvärderingsavdelningarna och lagrades i tabellen MoDo_bas.

4 Diskussion

Semivariansmodellen är en central del i Krigingskattningen och ytterligare analyser av de skogliga parametrarnas rumsliga varians kan antagligen förbättra skattningarna. För någon parameter kunde en svag anisotropi observeras, men inte tillräckligt kraftig för att användas i modellen. Kriging är en optimal linjär estimator för normalfördelade variabler men fungerar även tillfredsställande för variabler som är nära normalt fördelade. De flesta skogliga parametrarna är inte alls normalfördelade utan har tyngdpunkten av fördelningen mer eller mindre förskjuten.

Krigingskattningar av dessa parametrar kan kanske förbättras av att parametrarna transformeras. Några enkla transformeringar provades i detta arbete men de förbättrade inte fördelningarna. Skogens variation beror till stor del av terrängens höjdvariationer, på torra backkrön ser skogen helt annorlunda ut än i de fuktiga och näringsrika partierna i lägre terräng. Förbättrade semivariansmodeller som använder digitala terrängmodeller, antingen enbart med enkla höjdskillnader eller med skillnader i relativt läge i slutningen, kommer antagligen att ge bättre Krigingskattningar. I detta arbete eftersträvades objektivitet vid anpassningarna av semivariansmodellerna och därför användes viktad minsta-kvadrat-anpassning. Andra metoder kan mycket väl ge bättre resultat.

Det är lite förvånande att kombinationsskattningen inte var tydligt bättre än de andra skattningsmetoderna. Källor till fel finns dock, i antagandet om oberoende residualer men främst i skattningen av residualvarianser. Kombinationskattningen skulle kunna förbättras av bättre modeller av residualvarianserna.

Ett bättre, mer lättanvänt och anpassat utvärderingsmaterial är i högsta grad önskvärt. Brister i framskrivningen och effekter av olika avdelningsgränser i det använda utvärderingsmaterialet kan ha påverkat utvärderingen mycket. För framtida arbete i projektet är möjligheten att utvärdera skattningar av mindre områden (enskilda provytor eller rasterceller) av större vikt än möjligheten att kunna utvärdera avdelningsskattningar. Förhoppningsvis kommer kontrollinventeringen av Brattåker sommaren 1998 att ge ett datamaterial med koordinatsatta och objektivt inventerade provytor lämpligt för utvärderingar såväl på rastercellnivå som på avdelningsnivå.

5 Referenser

Christoffersson, P. & Jonsson, P. 1997. "Avdelningsfri inventering – tillvägagångssätt och tidsåtgång". Inst. för Skoglig Resurshushållning och Geomatik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Arbetsrapport 18.

Jonsson, B., Jacobsson, J., Kallur, H., 1993. "The forest management planning package. Theory and application", *Studia Forestalia Suecica*, 189, 56 pp.

Hagner, O., 1990. "Computer aided stand delineation and inventory based on satellite remote sensing", in: *The usability of remote sensing for forest inventory and planning*, Sylvander, R., Poso, S. (ed.), Avdelningen för skoglig fjärranalys, Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport 4, ISSN 1100-77X, ISBN 91-576-4208-7, 94 pp.

Hagner, O., 1997. "Textur i flygbilder för skattning av beståndsegenskaper", Inst. för Skoglig Resurshushållning och Geomatik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Arbetsrapport 29.

Cressie, N. A. C., 1991. "Statistics for spatial data", Wiley & Sons, New York.

Haykin S, "Neural networks", Macmillan, New York, 1994.

Isaacs, E. H., Srivastava, R. M., 1989. "An introduction to applied geostatistics", Oxford University Press, New York.

Lämås, T., Fries, C. 1995. "An integrated forest inventory in a managed North-Swedish forest landscape for estimating growing stock and coarse woody debris". In: Köhl, M. Bachmann, P., Brassel, P. & Preto, G. (eds). *The Monte Verità Conference on Forest Survey Designs. 'Simplicity versus Efficiency' and the Assessment of Non-Timber Resources. May 2-7 1994, Monte Verità, Switzerland. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL/FNP). Birmensdorf, Switzerland. Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Sect of Forest Inventory and Planning. Zurich, Switzerland, pp. 296-311.*

Neural Ware, 1991. "Neural works reference manual", Neural Ware Inc. Pittsburgh.

Pebesma, E.J., 1997 "GSTAT 1.9j- geostatistical modelling, prediction and simulation. Software and user's manual."

Beräkningar med Indelningspaketet (IP)

Författare: Tomas Lämås.

I beräkningarna användes stratumnumret som variabeln Karta och YtID som Avdelning för att rutinerna ska beräkna data på ytnivå istället för på avdelningsnivå. Indatafiler med inventeringsdata till IP var förberedda, men vissa justeringar och rättningar behövdes. Framför allt fanns det ytor med samma identitetsnummer i de olika baserna. En av två förekomster av yta med ID-nummer 12581 ändrades till 199981. Detsamma gjordes för 10901 till 199991 och 20201 till 299991.

Tabell 1. Inventerade ytor.

Stratum	Förrättningsman 1	Förrättningsman 2	Totalt
1	258	582	840
2	398	432	830
3	183	89	272
4	171	254	425
5	21	33	54
Summa	1031	1226	2421

I databasen från förrättningsman 1 fanns ytterligare fyra ytor i "Avdelning.dat" med "antalet inventerade ytor" lika med noll (11251, 30641, 30662 och 41701). Inga data för dessa ytor fanns i övriga filer (YTOR, PTFI och PLANT.DAT). Ytorna ströks. Dessutom var i AVDDEL.DAT noll angivet för "antal ytor" för vissa avdelningar (stratum 1: 8 ytor, stratum 3:5 ytor och stratum 4: 1 yta) där data fanns för dem i andra filer. "Antalet inventerade ytor" i AVDDEL ändrades i dessa fall till 1.

Val av provträd skedde med klavens slumpfunktion. IP-programmet ATILL spårade dock ur om värde P2 i datasamlaren för slumpfunktionen var satt till noll. I materialet från förrättningsman 2 var P1, P2 och P3-värden i samtliga fall utom ett (27831) satta till 0, 50 respektive 2. För förrättningsman 1 förekom 0, 50, 2; 200, 2, 2; 0, 100, 2 och 0, 0, 0. Värdena för P1, P2 och P3 har i samtliga fall satts till 0, 50 respektive 2.

Inventeringsdatum är för vissa ytor satt till noll. Detta gör att beräkningarna i TILLST av "antal år sedan senaste gödsling" inte lyckas. Dessa datum bör därför ändras till ett godtyckligt datum 1997.

Höjd över havet har tagits från en DTM och angivits i IP-filerna. Detta fanns redan i inventeringsdatabaserna.

Förband varierade inom stratum men bör sättas till de som bestämdes för respektive stratum före inventeringen.

I materialet från förrättningsman 1 fanns "*" angivet för variabeln fastmark/torvmark. I åtminstone ett fall stod det -1 för variabeln i PSION.DAT. Detta ändrades manuellt till 0 (fastmark).

Kortfattad dokumentation av inventeringen och inventeringsdata

Författare: Tomas Thuresson.

Inventeringsdesign

Hösten/vintern 95/96 utarbetades den design som kom att gälla vid den "avdelningsfria" inventeringen S-96 på Brattåkersområdet.

Erfarenheter och tankar från tidigare försök och områden i södra Sverige på fastigheten Asa (Gunnarsson m.fl. 1997) och i norra Sverige på fastigheten Marabäcksbränna (Holmgren m.fl. 1997, Holmgren & Thuresson 1997) visade att en stratifiering av skogen i olika ålders/volymlklasser var nödvändig. Tanken bakom detta är att man genom att skilja ut skarpa gränser mellan exv. hygge och gammal skog undviks extremt stora kvadratavvikelser i data på korta avstånd i variogrammen, vilket annars skulle spolia möjligheten till Krigingskattningar. Tidigare erfarenhet visar också att dynamiken i fjärranalysskattningar blir sämre ju tätare skogen blir (jämför Franklin 1986, Thuresson m.fl. 1996), men i yngre och medelålders skog ger fjärranalysskattningarna god information. Av detta skäl, samt att nyttan av information är högre i äldre skog, är det värdefullt med en stratifiering så att en tätare inventering av skogen kan ske i äldre och mer välbestockad skog.

På våren ombesörjde fjärranalysavdelningen (Olle Hagner) en sådan stratifiering baserat på Landsat TM data. Fem stratum identifierades i bilden (Tabell 1).

Tabell 1. Stratumindelning och inventeringsintensitet på Brattåker.

Stratum-benämning	Stratum-nr. i databas	Stratumnr. i "SkoGIS"-filer	Total areal [ha]	Förband för centrum-tytor [m]	antal centrum-tytor	antal "satellit-tytor"
"Tät barrblandskog"	1	3	1390.5	135	760	120
"Gles blandskog"	2	5	2029	155	844	120
"Tallhed"	3	9	523.5	160	208	120
"Ungskog"	4	17	1626.8	245	266	120
"Kalmärk"	5	23	345.9	385	23	23
		Summa:	5915.7		2111	503

Inom dessa stratum inventerades skogen med olika tät stickprovsidentitet. Baserat på en "budget" om 2700 cirkelytor och de ansatta (baserat på förnuft och erfarenhet) vikterna 1-kalmark, 1.5-ungskog, 3-gles blandskog, 4-tät barrblandskog och 5-tallhed blev utfallet av cirkelytor enligt Tabell 1 ovan.

Vid Kriging är det viktigt, om man vill undvika stora lokala fel, att ha en jämn fördelning av "kända" referenspunkter spridd över den yta man vill kunna skatta kontinuerliga data över. Samtidigt är det viktigt att ha ett referensmaterial med punkter som ligger relativt nära varandra i terrängen, så att bra s.k. variogram kan tas fram. Dessa variogram används vid skattningstillfället. För att tillgodose båda dessa krav simultant lades ett grundgitter ut med centrumytor inom strata och till dessa slumpades det ut en "satellitpunkt" på avstånd om 25, 50, resp 75 m från centrumytorna, med sannolikheten (per centrumyta): (antal satellitpunkter inom stratum)/(antal centrumytor inom stratum). För stratum 1-4 fördelades satellitytorna som 60 på 25 m, 40 på 50 m och 20 på 75 m. för stratum 5 enligt 12st 25m, 8 st 50 m och 3 st 75 m. Detta ger en ganska jämn fördelning av ytor på olika avstånd från 25m till ca: 2km vilket torde ge goda möjligheter att skapa realistiska variogram inom och ev. över de olika strata.

I databasen är identiteten uppbyggd som stratumnummer*10000 + (centrumytans ID nr)*10 + (1 om det är centrumytan och 2 om det är satellitytan). Exv ytan 13521 står för stratum 1, ytID 352, och centrumyta samtidigt som 13522 är dess satellityta.

Inventeringen

Se Christoffersson & Jonsson (1997).

Databaserna samt dess fel och förtjänster

Fritax:

Fritaxdata i rättad form (IP-data med en hel del tilläggsvariabler) finns i filerna Skog2.mdb. Äldre orättade data ligger med utan ändelsen __2__. Dessa ligger under GEOP på Salix (där f.ö. det mesta användbart finns från Brattåker) under biblioteket H:\plan\Brattåkeravdfritt\fritax fördelat på \Peter resp \Patrik samt i Patriks fall uppdelat på två tidsperioder \före0624 resp \ny0625 beroende på att datorn kraschade detta datum.

Framkörda och rättade data finns även i IP-format under dessa bibliotek (T.L.) kan dessa filer, m.m.

Den 20/6 hade Patrik problem och av någon anledning saknas hela denna dags fritax-data (ev har han glömt att spara data innan omstart). Med andra ord finns GPS-data, men inte fritax-data på ytorna: 40482, 40481, 40632, 40631, 40891, 40892, 40731, 40721, 40621, 40611, 40471 .

I .mdb filerna finns följande uppdelning av data:

- Avdelning: IDentitetsdata, ytradie, provträdsparametrar, förrättningsmannanummer, breddgrad, höh, region och ev gödslingsår

- Bip (biplantor enl IP instr.): ID, trsl-kod, medelhöjd på de räknade biplantorna, antal biplantor av aktuellt trädslag.
- Hpl (huvudplantor): ID, trslkod (per huvudplanta), höjd (dm) för aktuell hpl.
- Ply (plantytedata): ID, imp-procent, antal hpl saknas på ytan, avstånd till närmaste hpl från ytcentrum, lämplig åtgärd (kod), röjkod, lämplig røj-period
- Prov (provträdsdata): ID, provträdstyp (kod), trsl, diam(mm), höjd(dm), kvalitet på rotstock (1-5 enl. nya timmerklassificeringssystemet), ålder (brh)
- Trad (klavträdsdata): ID, trslkod (trädkod varannan rad varannan 9 som står för avstånd från ytcentrum till aktuellt klavträd * 2 (cm))
- Yta (Ytdata - görs för alla ytor): ID, Impproc, kod (om gränsyta), bedömd grundtevägd medelålder, likåldrighetskod, gallringshistorik (kod), grundtevägd medelkvalitet rotstockar > 15 cm tall resp gran, markkod (ej bedömd som det ser ut på vissa håll i data - vet ej varför, men en ointressant variabel som kommer igen senare), fuktklass, vegtyp (kod), SI (ståndortsfaktorer, m), Bontrsl, metodkod (om annan metod kunde användas), SI (annan metod, m), plantytekod (om plantyta), samt dessutom en hel mängd extravariabler som normalt ej insamlas i IP (se nedan).

Extravariabler:

dessa finns i databasen och dess kodning är:

1, 1, 0, "**utf. atgard**" Detta är en fjärranalyskod best. av atgkod*100 + tidpunktskod

Åtgärd: 1 = Slutavverkning säsong 0-5, 2 = Gallring säsong 0-5,
3 = Røjning säsong 0-5, 4 = Övrig avverkning säsong 0-5,
5 = Markberedning säsong 0-5, 6 = Annan åtgärd (t.ex
dikning) 0-5, 8 = Markant avvikande del oberoende av säsong
(t.ex. dike, väg, skrotupplag mm), 9 = Se separata anteckningar

Tidpunkt: 00 = Innevarande år eller säsong, 01 = Föregående år eller
säsong, 02 = År eller säsong 2, 05 = År eller säsong 3-5, 06 =
Tidigare än år 5, 09 = Tidpunkt svårbestämd

2, 2, -1, "**fjärranalysklass**"

2, 2, 0, "inget speciellt"

2, 2, 1, "dike"

2, 2, 2, "väg"

2, 2, 3, "grusgrop e. dyl."

2, 2, 4, "övrigt"

Följande variabler (3-11) är bedömda som den areella täckningen av variabeln i en projektion ovanifrån. D.v.s. total % <= 100.

3, 1, 0, "lavgäckn % av ci-ytan"

12, 2, 1, "aldrig brand"

4, 1, 0, "sumpmoss % av ci-ytan"

12, 2, 2, "sällan brand"

5, 1, 0, "% ört av betr. ci-yta"

12, 2, 3, "ibland brand"

6, 1, 0, "% gräs"

12, 2, 4, "ofta brand"

7, 1, 0, "% sta-frå"

13, 2, -1, "exposition"

8, 1, 0, "% blåbär"

13, 2, 1, "kulle"

9, 1, 0, "% lingon"

13, 2, 10, "svacka"

10, 1, 0, "% krå-ljung"

13, 2, 2, "nordsluttning"

11, 1, 0, "% fa-ris"

13, 2, 3, "nordväst"

12, 2, -1, "asio-klass"

13, 2, 4, "västsluttning"

13, 2, 5, "sydväst"
 13, 2, 6, "sydsluttning"
 13, 2, 7, "sydost"
 13, 2, 8, "ostsluttning"
 13, 2, 9, "nordost"
14, 2, -1, "nyckelbiotopklass"
 14, 2, 1, "prod.skog "
 14, 2, 2, "naturvärden"
 14, 2, 3, "nyckelbiotop"
15, 2, -1, "kronutglesning gran "
 15, 2, 10, "0-5%"
 15, 2, 11, "6-10%"
 15, 2, 12, "11-15%"
 15, 2, 13, "16-20%"
 15, 2, 14, "21-25%"
 15, 2, 15, "26-30%"
 15, 2, 16, "31-35%"
 15, 2, 17, "36-40%"
 15, 2, 18, "41-45%"
 15, 2, 19, "46-50%"
 15, 2, 20, "51-55%"
 15, 2, 21, "56-60%"
 15, 2, 22, "61-65%"
 15, 2, 23, "66-70%"
 15, 2, 24, "71-75%"
 15, 2, 25, "76-80%"
 15, 2, 26, "81-85%"
 15, 2, 27, "86-90%"
 15, 2, 28, "91-95%"
 15, 2, 29, "96-100%"
16, 2, -1, " jordart"
 16, 2, 0, "torvmark"
 16, 2, 1, "grusig morän"
 16, 2, 2, "sandig morän"
 16, 2, 3, "sandig-moig"
 16, 2, 4, "finmo-mjä-ler"
 16, 2, 5, "grusig sediment"
 16, 2, 6, "grovsand sed."
 16, 2, 7, "mellansand sed."
 16, 2, 8, "grovmö sediment"
 16, 2, 9, "finmo-mjäl-ler"
17, 2, -1, "grundförhållande"
 17, 2, 1, "mkt bra bärlighet"
 17, 2, 2, "mellanklass"
 17, 2, 3, "normal bärlighet"
 17, 2, 4, "mellanklass"
 17, 2, 5, "mkt dålig bärlighet"
18, 1, 0, "slu-angelägenhet"
 1 låg - 10 hög"
19, 1, 0, "ga-angelägenhet"
 1 låg - 10 hög"
20, 1, 0, "röj-angelägenhet"
 1 låg - 10 hög"
21, 2, -1, "ytstruktur"
 21, 2, 1, "mkt jämn yta "
 21, 2, 2, "mellanklass"
 21, 2, 3, "ojämnt"
 21, 2, 4, "mellanklass"
 21, 2, 5, "mkt ojämnt"
22, 2, -1, "lutning "
 22, 2, 1, "plan mark"
 22, 2, 2, "mellanklass"
 22, 2, 3, "måttlig lutning"
 22, 2, 4, "mellanklass"
 22, 2, 5, "stark lutning"

23, 1, 0, "extra anteckn. 1" Innan 20/6 anteckningar i denna "Nyckelbiotopskoder".
 Den nedre anteckningsrutan används för att koda nyckelelement och naturvärden.
 Efter den 20/6 sätt i båda dessa anteckningsrutorna en "1" etta framför
 nyckelbiotopskoder (se MoDo's schema för detta) och en "2" tvåa framför
 "nyckelelement" (MoDo) samt en "3" trea framför övriga koder (MoDo's kodlista)
24, 1, 0, "extra ant. 2 "

GPS-positioner

GPS-positioner i rättad form (IP-data med en hel del tillägsvariabler) finns i filerna
 Bratt.mdb och Composite.mdb. Äldre orättade data ligger med i annan katalog (se
 datum). Filerna (de rättade) ligger under GEOP på Salix (där f.ö. det mesta
 användbart finns från brattåker) under biblioteket H:\plan\Brattåkeravdfritt\gpslog
 samlat för både Peter och Patriks inventeringar.

- $\text{Fix X} = \text{GPS fix}(x) - \text{GPS prel}(x) + \text{Apriori X}$
- $\text{Fix Y} = \text{GPS fix}(y) - \text{GPS prel}(y) + \text{Apriori Y}$

där Apriori X(Y) är den i förväg bestämda inventeringspunkten. GPS prel(x,y) är den punkt som GPS:en indikerade när förrättningsmannen satte ned ryggsäcken (en loggning). Från denna position får förrättningsmannen en angivelse om hur han skall gå för att lägga ytcentrum i Apriori X(Y) (avstånd, vinkel). GPS fix(x,y) är medelvärdet av de godkända (se särskild algoritm nedan*) GPS-koordinaterna. Fix X(Y) är då där vi tror att cirkelytans centrum är.

* Så här sorterades avvikande punkter bort:

1. Beräkna medelvärde av samtliga (kvarvarande) punkter
2. Beräkna avvikelse från medelvärdet för samtliga punkter
3. Om sämsta punkten är mer än 15m från medelvärdet så ta bort den och gå till 1.

När ingen punkt finns kvar som är >15 m från medelvärdet beräknas medelvärde, medelfel (div. med 1.4 enligt Bondesson), samt 50% och 95% värden.

Saknade GPS-koordinater

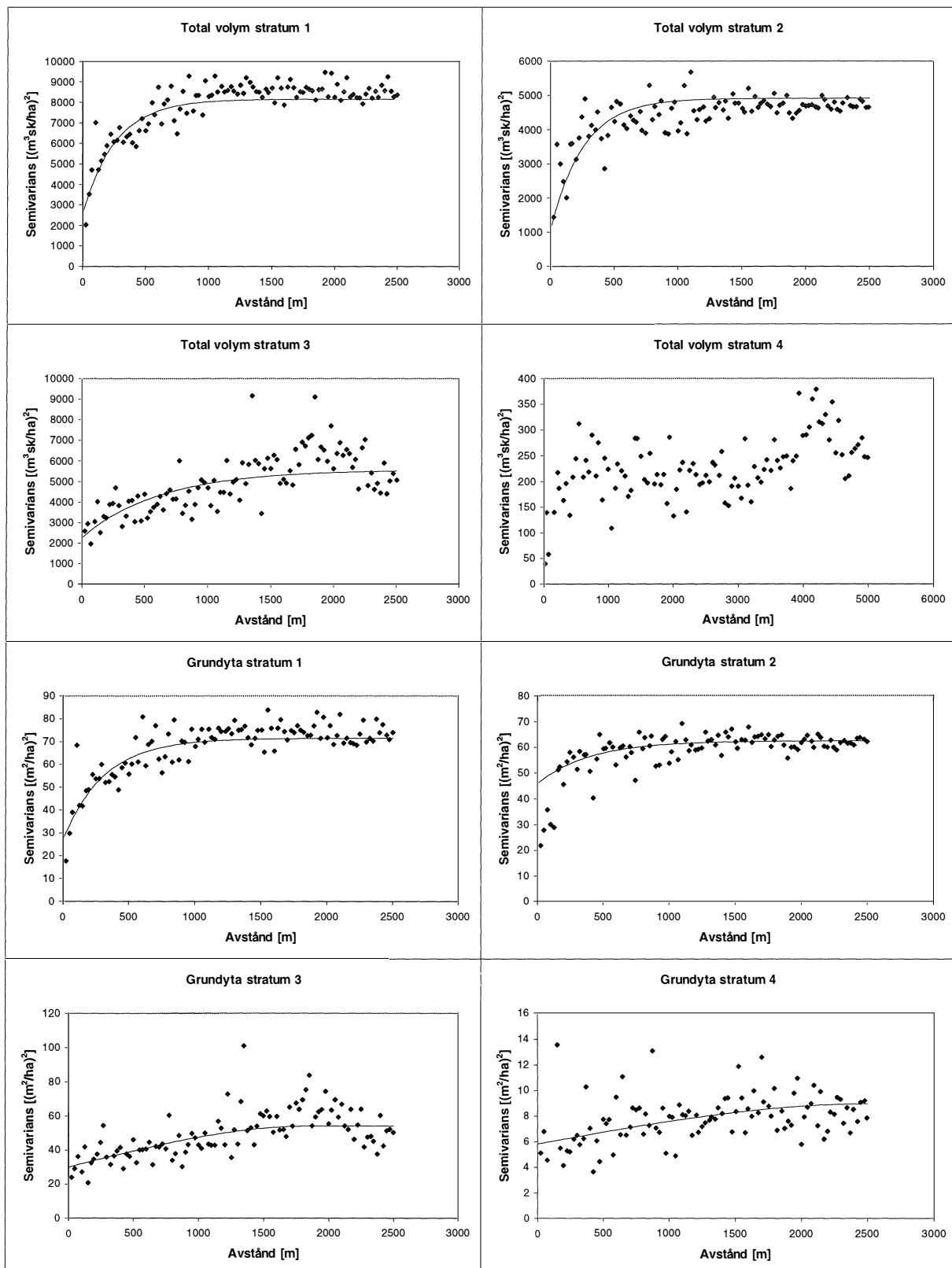
- På 81 av cirkelytorna har GPS-positionerna raderats eftersom dess koordinater av någon anledning var identiska med de från den föregående inventerade cirkelytan. Orsaken är okänd, men troligt är fel i GPS-algoritmen i samband med tappad RDS-kontakt. (ID: 14121, 14111, 18081, 50342, 27431, 31472, 15761, 15541, 42741, 42761, 14701, 42161, 25192, 25231, 25452, 25051, 24421, 24191, 31361, 24641, 13751, 24471, 24431, 23831, 24671, 22531, 13541, 11981, 23912, 50132, 11882, 11821, 40831, 40681, 22931, 12611, 22441, 40321, 40322, 12241, 12232, 50091, 20111, 20891, 41241, 40221, 10421, 40152, 10431, 40162, 40112, 40751, 20202, 20851, 10851, 40271, 10871, 40171, 30081, 40501, 20221, 10371, 10741, 10031, 10231, 10211, 10391, 10121, 10601, 10061, 30072, 30311, 10051, 30111, 30322, 30321, 30191, 30141, 30632, 11501, 30401)
- En ytas GPS-värden har raderats pga för hög standardavvikelse i de loggade koordinaterna (ID: 13021)
- Arton ytors GPS-värden saknades helt. Anledningen är okänd. (ID: 25991, 40362, 10931, 21231, 10331, 10341, 40161, 30892, 41631, 24271, 23841, 15751, 15551, 20232, 22501, 30452, 41552, 42771)

Dessa ytor kan antingen anses som förlorade, eller kan dess koordinater mätas igen i efterhand. Det senare alternativet tar förmodligen ca 1 vecka, men är kanske värt

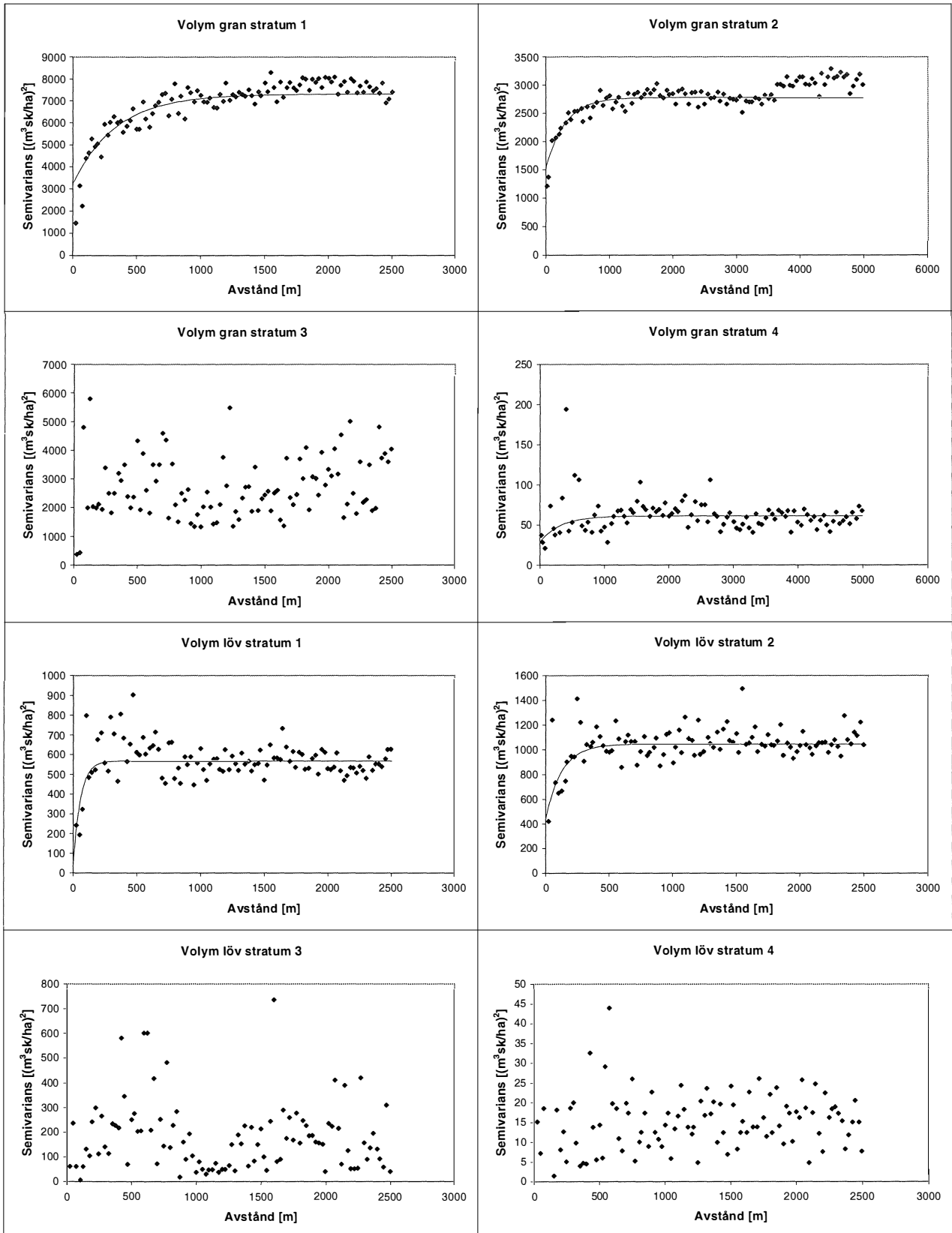
besväret. Utan dessa ytor kommer små "hål" i griden uppstå som ger onödigt stora fel lokalt. Detta gäller speciellt för de data som skall levereras till MoDo.

- Christoffersson, P. & Jonsson, P. 1997. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. SLU, Inst. f. skoglig resurshushållning och geomatik, Arbetsrapport 18.
- Franklin, J. 1986. Thematic mapper analysis of coniferous forest structure and composition. *Int. J. Remote Sens.* 7: 1287-1301.
- Gunnarsson, F., Holm, S., Holmgren, P. & Thuresson, T. 1997. On the potential of Kriging for forest management planning. *Scand. J. For. Res.* (in press)
- Holmgren, P. & Thuresson, T. 1997. Applying Objectively Estimated and Spatially Continuous Forest Parameters in Tactical Planning to Obtain Dynamic Treatment Units. *Forest Science* 43(3):1-10
- Holmgren, P., Thuresson, T. & Holm, S. 1997. Estimating Forest Parameters in Scanned Aerial Photographs with respect to Requirements for Economical Management Planning. *Scand. J. For. Res.* 12: 189-199
- Thuresson, T., Näsholm, B., Holm, S. & Hagner, O. 1996. Using Digital Image Projections to Visualize Forest Landscape Changes due to Management Activities and Forest Growth. *ENVIRONMENTAL MANAGEMENT* 20(1): 35-40.

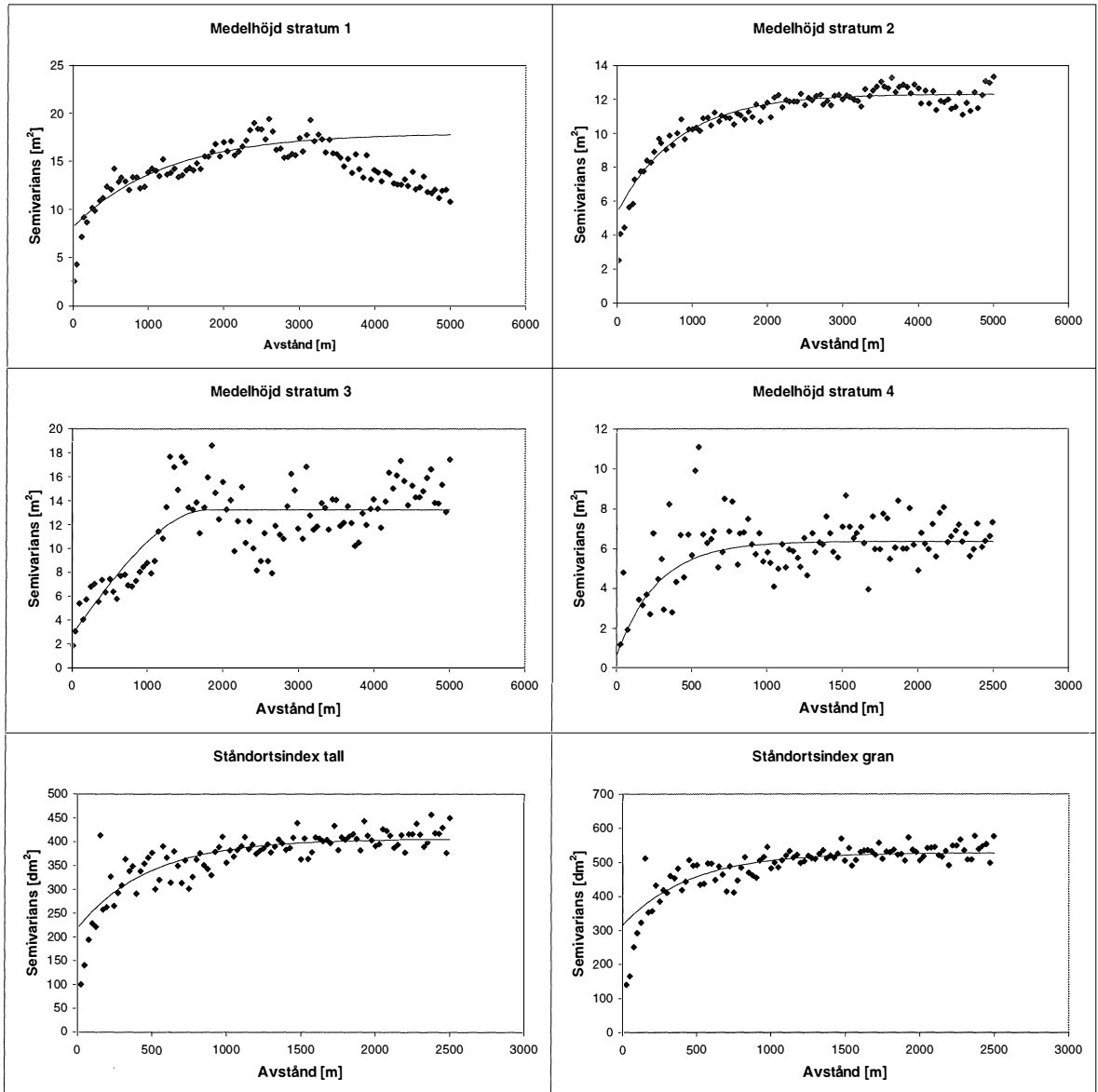
Semivariansdiagram



Figur 1. Observerad semivarians (punkter) och modellerad (linjer).



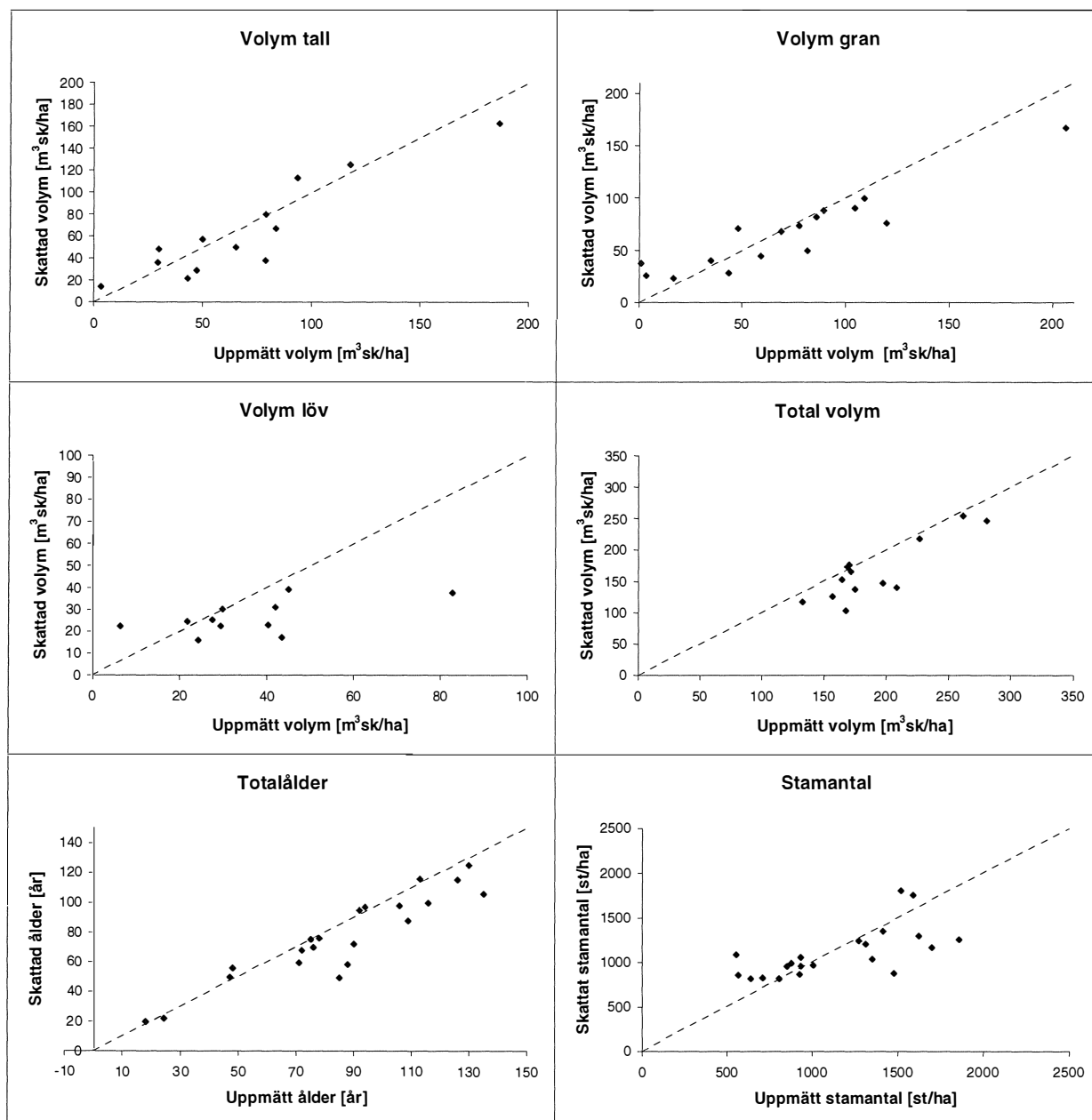
Figur 1. Forts.



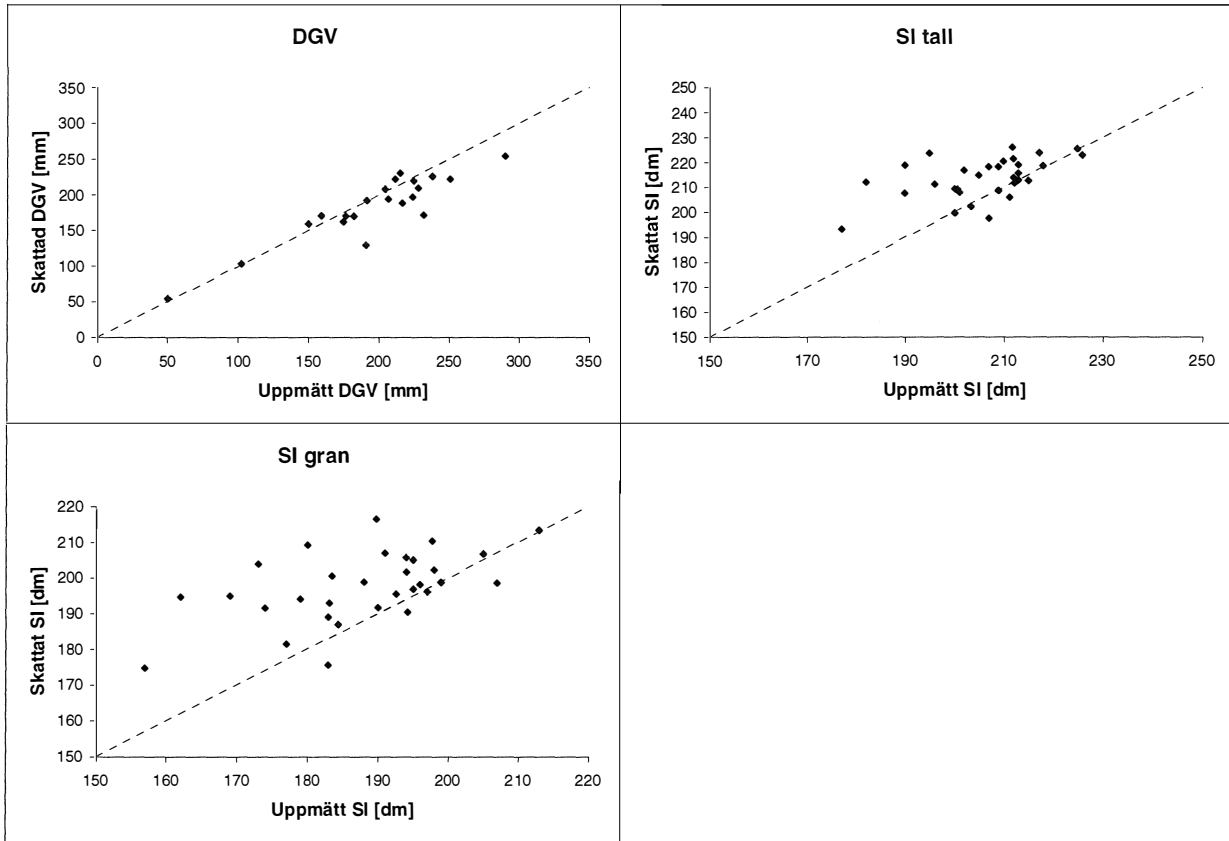
Figur 1. Forts.

Skattningsdiagram

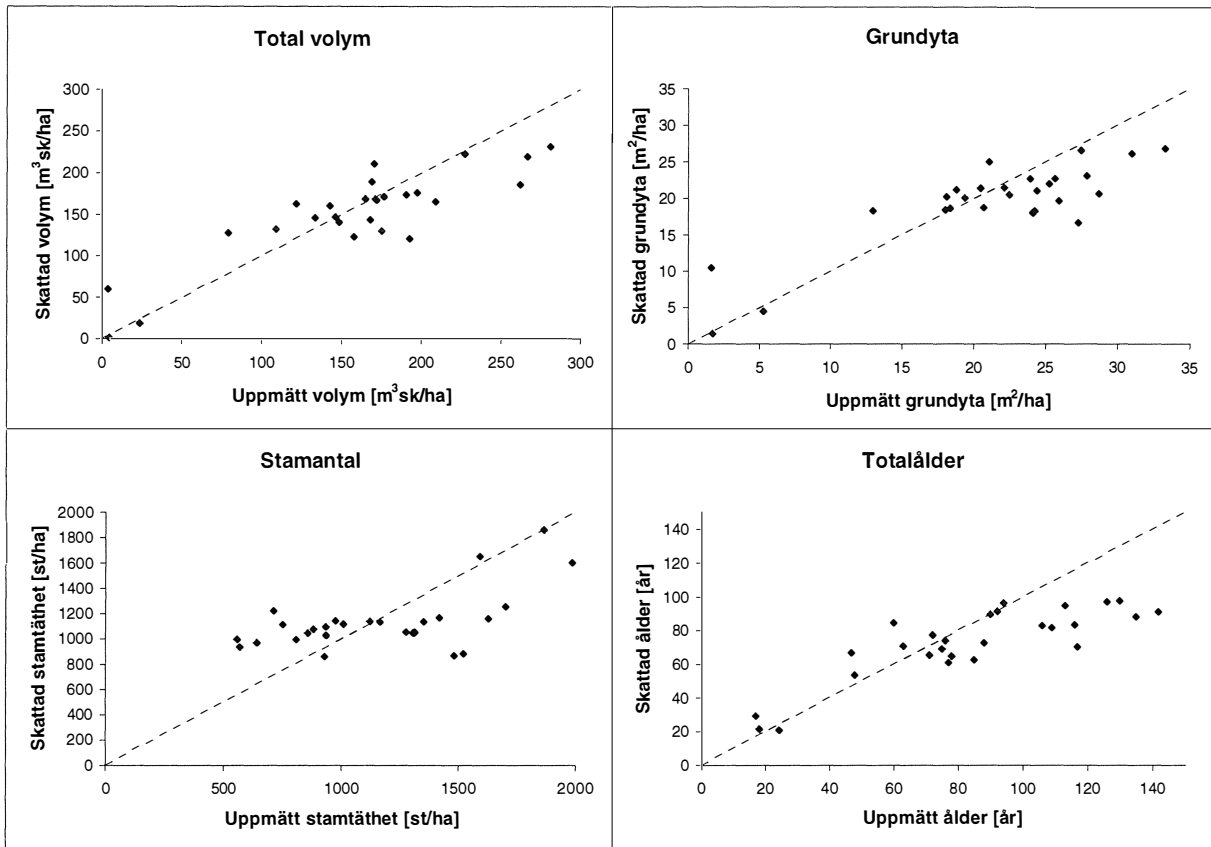
Diagrammen i denna bilaga visar sambanden mellan skattningarna och de framskrivna inventeringsdata för utvärderingsavdelningarna. För varje metod och parameter är största möjliga antal avdelningar använda ("alla avdelningar").



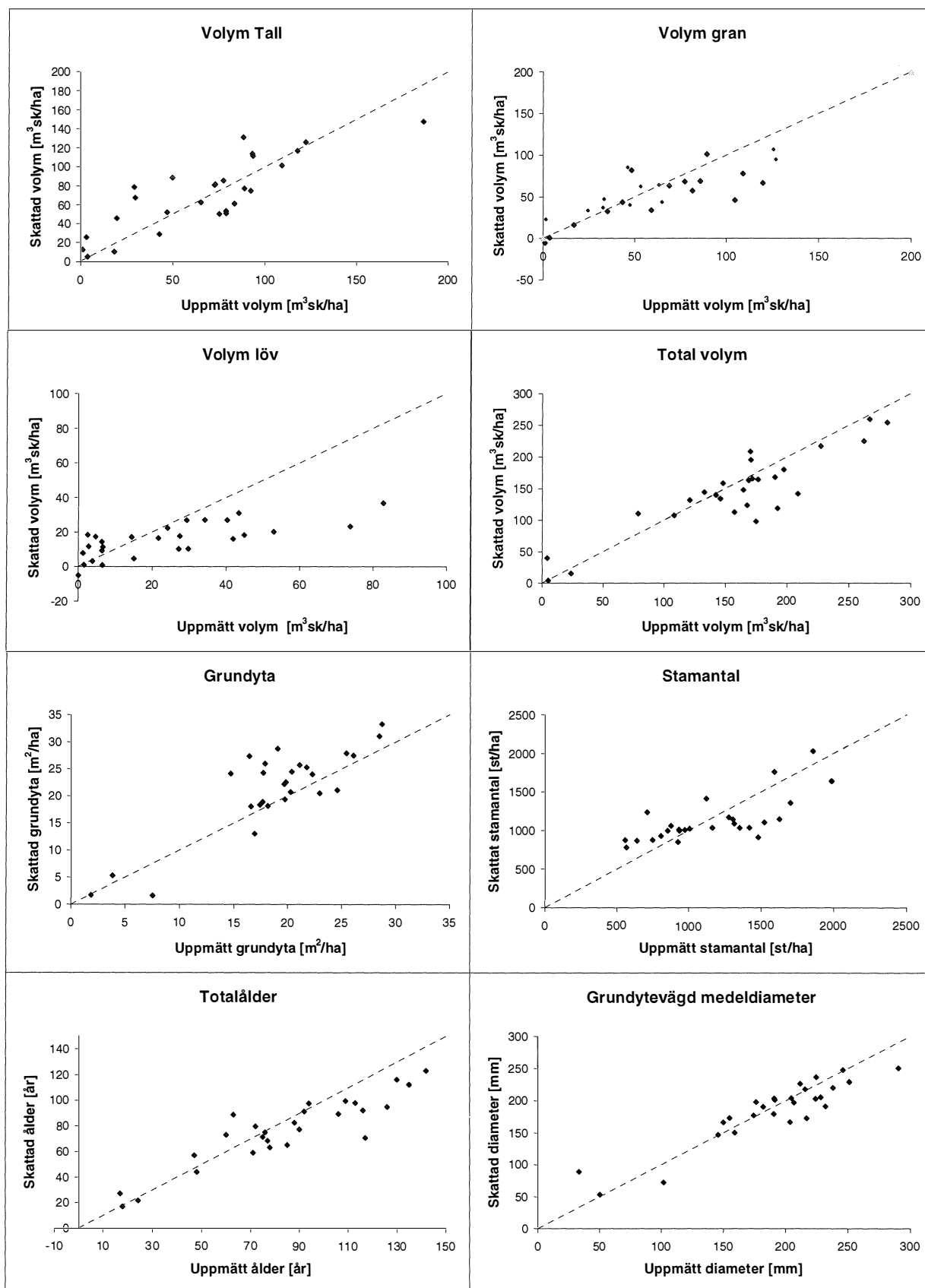
Figur 1. Krigingskattningar.



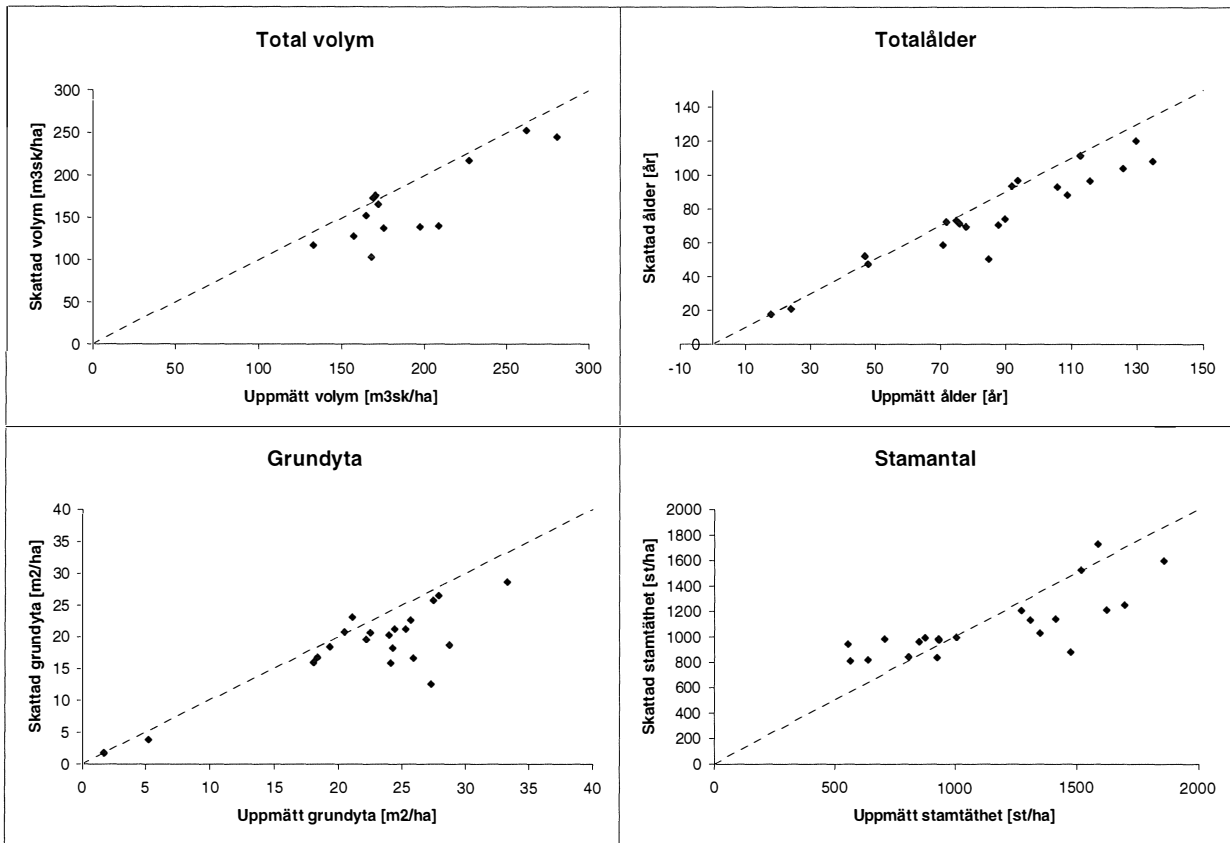
Figur 1, forts.



Figur 2. Skattningar med neuralt nätverk (satellitdata).



Figur 3. Skattningar med neuralt nätverk (satellitdata och förtolkningar).



Figur 4. Kombinationsskattningar.

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt Internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

Riksskogstaxeringen:

- 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.
- 1997 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.
- 1998 30 Fridman, J., Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37 Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.

Planering och inventering:

- 1995 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.
- 1996 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.
- 1997 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.
- 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 dektekering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE

Biometri:

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG-AR--22--SE.

Fjärranalys:

- 1997 28. Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
29. Hagner, O. Textur i flygbilder för skattning av beståndsegenskaper.
ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32. Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--43--SE.

Kompendier och undervisningsmaterial:

- 1996 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.
- 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.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate.
ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.

Examensarbeten:

- 1995 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.
- 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.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädsikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur L.*) Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--35--SE.

- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 1998 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provytor. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.

Internationellt

- 1998 39 Sandewall, M ., Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use. - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.