

Interne notater

STATISTISK SENTRALBYRÅ

87/32

18. august 1987

KOSTNADSKLASSER FOR SKOG BASERT PÅ REGISTRERING PÅ KART OG FLYBILDER

TOLKING AV TRESLAG I FLYBILDE

AV

Erik Næsset

INNHold

	side
1. Innledning	1
2. Materialet	2
2.1. Utvalg av forsøksflater	2
2.2. Markmålte data	3
2.3. Bildemålinger	4
3. Statistiske modeller	4
3.1. Testing av kontinuerlige data	5
3.2. Testing av kategoriske data	6
4. Resultater og diskusjon	8
4.1. Treslagsvise andeler som kontinuerlige variable ..	9
4.2. Treslagsklasser som kategorisk variabel; et eksempel	14
4.3. Materialets egnethet og nøyaktigheten ved punkt- sampling som i arealregnskapet	20
5. Konklusjon	22
Referanser	23

1. INNLEDNING

I arbeidet med ressursregnskap for skog er det av interesse å klassifisere skogen etter økonomisk verdi (Kristoffersen og Næsset (1985)). I ressursregnskapet har en til nå konsentrert seg om oversikter over skogbeholdningens fysiske størrelser. Klassifisering av skogen etter økonomisk verdi betinger kjennskap til kostnader ved skogproduksjonen samt priser på de ferdige produktene.

I denne sammenheng er det mest naturlig å knytte informasjon om skogens verdi til det samme opplegget for punktsampling som i arealregnskapet slik det er skissert av Engebretsen (1986).

I de tilfellene der det ikke foreligger registreringer egnet til verdiberegninger i form av tradisjonelle takster, er egen datainnsamling nødvendig. Til dette formålet kan registrering på kart og flybilder vise seg å gi noe av den nødvendige informasjonen (Se Næsset (1987)).

Verdien av skogen er bl.a. avhengig av treslag siden både avvirkningskostnader og prisene på de ferdige produktene er treslags-spesifikke. Skal datainnsamling basert på registreringer på kart og flybilder være egnet som informasjonsgrunnlag i verdiberegninger, bør treslagsfordelingen kunne registreres ved flybildetolkning.

Formålet med dette notatet er å undersøke om en flateorientert (i motsetning til bestandsorientert) klassifisering av treslagsfordelingen ved flybildetolkning egnet til et opplegg basert på punktsampling, samsvarer med den faktiske treslagsfordelingen.

Tidligere arbeider basert på en bestandsorientert registrering, som f.eks. Ericson (1984) og Gisnås (1982), har benyttet ulike statistiske modeller i analysearbeidet og fått ulike resultater. I dette notatet vil vi også se nærmere på de ulike statistiske modellenes egnethet i slike analyser belyst ved eksempler hentet fra vårt datamateriale.

I kapittel 2 presenteres datamaterialet anvendt i denne undersøkelsen. Kapittel 3 gir en kort omtale av de statistiske modellene som er brukt, mens resultatene og en kort diskusjon, samt konklusjon framgår av henholdsvis kapittel 4 og 5.

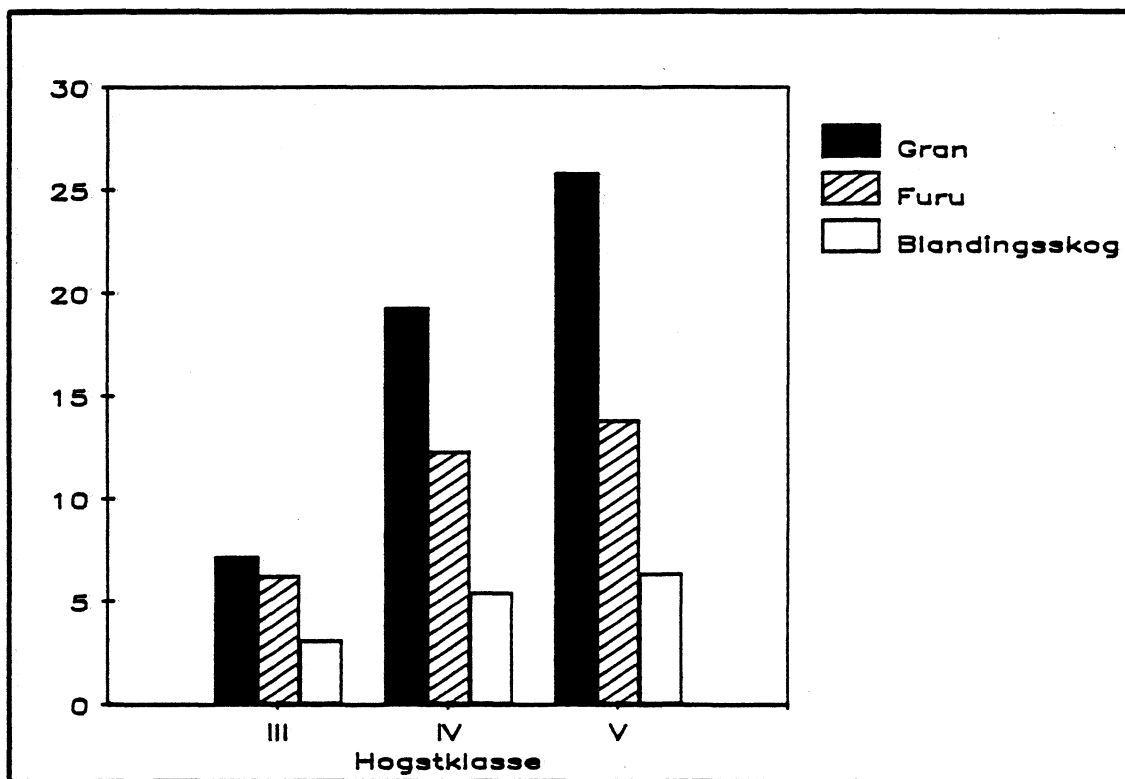
2. MATERIALET

2.1 Utvalg av forsøksflater

Materialet som er benyttet i denne undersøkelsen er tidligere omtalt av Tomter (1987). Det samlede materialet omfatter 937 flater (observasjoner), mens materialet i denne undersøkelsen består av 858 flater.

Materialet er i hovedsak innsamlet på Østlandet, men Sørlandet og Trøndelag er også representert. Tomter (1987) viser fordelingen av materialet på høyde over havet, bonitet og hogstklasse. Spredningen på de ulike høydeler er god. Likeledes er alle boniteter for gran og furu representert, men hovedtyngden av materialet er konsentrert om de midlere boniteter.

Figur 2.1. Fordeling av flatene på treslag og hogstklasser. Prosent

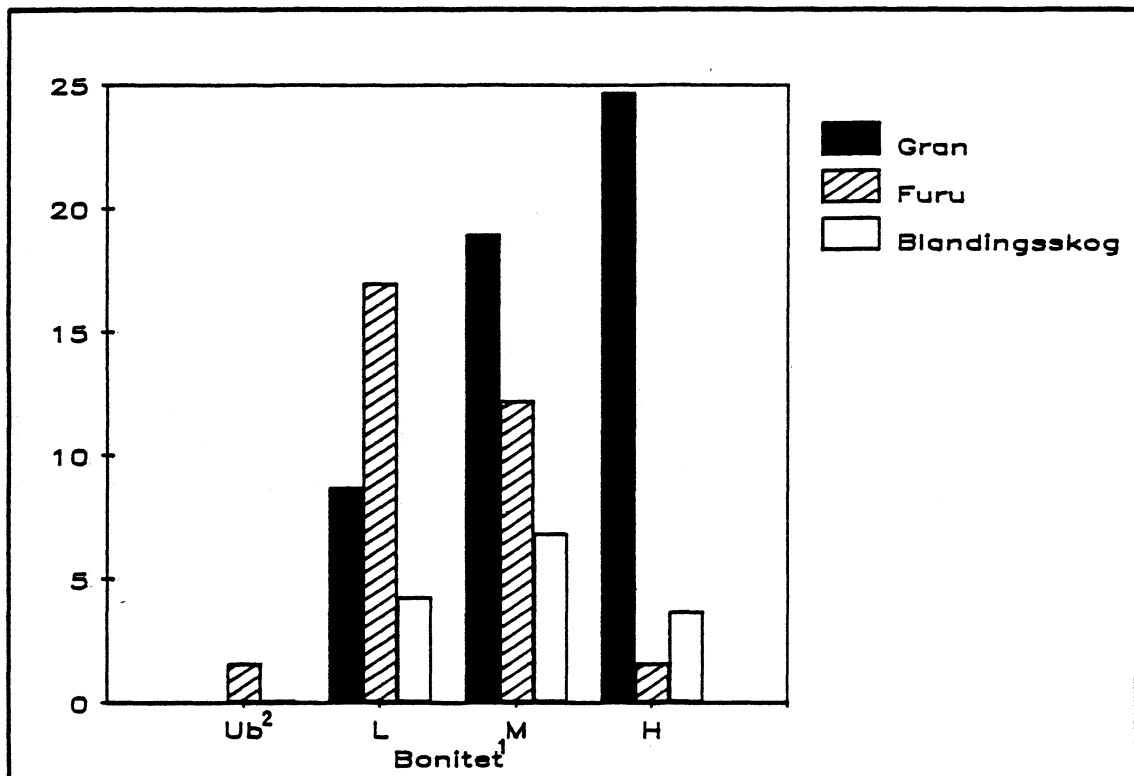


Figur 2.1 viser den prosentvise fordelingen på treslag og hogstklasser for de 858 flatene som inngår i denne undersøkelsen. For gran- og furuflatene utgjør hovedtreslaget minst 75 prosent av volumet på flaten, mens andre flater betraktes som blandingsskog. Flater med

mer enn 10 prosent lauv er ikke representert i materialet. Figuren viser at hogstklassene III til V er representert, men hovedtyngden av materialet er konsentrert om eldre produksjonsskog og hogstmoden skog.

Den prosentvise fordelingen på treslag og boniteter for de 858 flatene i materialet er vist i figur 2.2. Definisjonen av de enkelte treslagsklassene er den samme som i figur 2.1. Boniteten refererer seg til bonitet på Økonomisk kartverk der den enkelte flate er lokalisert.

Figur 2.2. Fordeling av flatene på treslag og boniteter. Prosent



1) Bonitet er registrert på Økonomisk kartverk.

2) Bonitetsklasse for uproduktiv barskog (Se Næsset (1987)).

2.2 Markmålte data

Registreringene i felt er foretatt på flater på henholdsvis 706,9 m² og 1 000 m². På en del av flatene er alle trær med $d_{1,3} \geq 4$ cm klavet og stukket i 2 cm diameterklasser. På de øvrige flatene er minste dimensjon 5 cm og diameterklassen 1 cm. Det er tatt ut mellom 10 og 20 prøvetrær pr. flate, og prøvetrærne er valgt ut med relaskop (Se Tomter (1987)).

Treslagsfordelingen for hver flate er beregnet som treslagsvise andeler av totalt volum for treslagene gran, furu og lauv. De

treslagsvise andelene er avrundet til 10-deler. Disse andelene betraktes i vår undersøkelse som sanne verdier.

2.3 Bildemålinger

Alle registreringene i flybilde er utført på bilder med målestokk ca. 1:15 000, og registreringene er foretatt på flater med størrelse tilsvarende 1 dekar. Noen av flatene har imidlertid et areal tilsvarende ca. 700 m². I registreringene er det benyttet andre ordens analoge stereoinstrument (Wild B8 og Santoni IIc).

Tre ulike observatører har foretatt registreringene. Observatørene har ca. 10 års erfaring. I observasjonsserien for observatør nr. 3 har to ulike personer foretatt målingene. Én har registrert på normalvinkelbilder med dimensjon 18x18 cm, mens den andre har målt på hovedsaklig vidvinkelbilder med dimensjon 23x23 cm.

Observatør nr. 2 og 3 har foretatt målingene under samme innpassing i stereomodellen (Tomter (1987)).

For nærmere omtale av bildemateriale, stereoinstrumentenes egenskaper og tilrettelegging under registreringene, henvises det til Tomter (1987).

Treslagsfordelingen er registrert skjønnsmessig ved tolking i flybilde. Den er uttrykt som andeler av totalt volum målt i 10-deler for treslagene gran, furu og lauv.

Observatørene har i tillegg gitt en vurdering av kvaliteten av bildene i de enkelte flatene, samt spesielle problemer med flatenes beliggenhet i forhold til bestandskant.

3. STATISTISKE MODELLER

De treslagsvise andelene registrert henholdsvis i marka og i flybilde, og gitt i 10-deler, kan oppfattes som kontinuerlige variable.

Hver kombinasjon av andelene av de enkelte treslagene knyttet til en flate vil alltid ha 10 som sum (100 prosent). Hver kombinasjon av treslagsandeler kan oppfattes som en treslagsklasse, og inndelingen i treslagsklasser betraktes som en kategorisk variabel.

Vi er interessert i å undersøke om det er systematiske avvik

mellom observasjonene av treslag i henholdsvis felt og flybilde, og hvor godt samsvar det er mellom registreringene. Nedenfor omtales to enkle statistiske modeller der treslagsandelene betraktes som henholdsvis kontinuerlige og kategoriske variable.

3.1 Testing av kontinuerlige data

I vår undersøkelse har vi parvise observasjoner av treslagsandelene i henholdsvis felt og flybilde. Vi ønsker å teste om differansen mellom forventningene til andelene i felt og flybilde for et gitt treslag er signifikant forskjellig fra null. Anta at markmålt og bildemålt treslagsandel er henholdsvis X_{1i} og X_{2i} , $i=1, 2, \dots, n$. Vi innfører differansen

$$D_i = X_{1i} - X_{2i} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

og forutsetter at D_1, D_2, \dots, D_n er uavhengige $N(\theta, \sigma^2)$. Hypotesetestingsproblemet blir da:

$$(3.1) \quad H_0: \theta = 0 \quad \text{mot} \quad H_1: \theta \neq 0$$

Ved å sette differansen $\theta=0$ som nullhypotese sikrer vi oss at det er liten sannsynlighet for feilaktig å påstå at det er forskjeller.

Spjøtvoll (1979) viser at vi kan forkaste H_0 hvis

$$(3.2) \quad \sqrt{n} \frac{\bar{D}}{S} \geq t_{\frac{1}{2}\alpha}$$

der

$$\begin{aligned} \bar{D} &= \text{gjennomsnittlig differanse} \\ S &= \text{standardavvik, gitt parvise observasjoner} \\ n &= \text{antall observasjoner} \\ t_{\frac{1}{2}\alpha} &= (1 - \frac{1}{2}\alpha)\text{-fraktilen i t-fordelingen med } (n-1)\text{-frihetsgrader} \end{aligned}$$

3.2 Testing av kategoriske data

Hver kombinasjon av andelene av de enkelte treslagene kan oppfattes som en treslagsklasse, og inndelingen i treslagsklasser betraktes som en kategorisk variabel. Avvik og samsvar mellom inndelingen i treslagsklasser ved henholdsvis felt- og bildeobservasjoner kan studeres klassevis i konsistenstabeller. I en konsistenstabell kan også "symmetrien" testes, dvs. om det er systematiske avvik i hele materialet.

En konsistenstabell er en tabell som viser hvordan enheter er klassifisert etter samme kjennemerke i to registreringer (Se Engebretsen og Sæbø (1979)). Tabell 3.1 viser en konsistenstabell der f.eks n_{11} er antall observasjoner klassifisert i klasse 1 i begge registreringene.

Tabell 3.1. Antall observasjoner klassifisert i k klasser i to registreringer

Registrering nr. 2	Registrering nr. 1					
	I alt	Klasse				
		1	2	.....	$k-1$	k
I alt	n	n_{+1}	n_{+2}	.....	n_{+k-1}	n_{+k}
Klasse						
1	n_{1+}	n_{11}	n_{12}	.....	n_{1k-1}	n_{1k}
2	n_{2+}	n_{21}	n_{22}	.....	n_{2k-1}	n_{2k}
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
$k-1$	n_{k-1+}	n_{k-11}	n_{k-12}	.....	n_{k-1k-1}	n_{k-1k}
k	n_{k+}	n_{k1}	n_{k2}	.....	n_{kk-1}	n_{kk}

Marginalene i tabellen gir uttrykk for fordelingen i hver av registreringene. Avvikene kan deles opp i tilfeldige avvik og systematiske avvik. De systematiske avvikene eller skjevhetene estimeres ved hjelp av nettoavviket. Nettoavviket er her andelen klassifisert i en klasse i flybilde minus tilsvarende andel i feltmaterialet. Dette

avviket angir hvor mye en klasse over eller underestimeres ved fly-bildetolkningen i forhold til feltregistreringen.

Anta at f_i er nettoavviket i klasse i , $i=1, 2, \dots, k$. Vi definerer

$$(3.3) \quad f_i = \frac{n_{i+} - n_{+i}}{n} \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Andre mål som ofte brukes i konsistenstabeller, er bruttoavviket og andel likt klassifisert. Bruttoavviket er definert som andel flater som er ulikt klassifisert med hensyn på en klasse i følge de to registreringene. Store bruttoavvik indikerer store tilfeldige avvik.

Vi betegner bruttoavviket i klasse i g_i , $i=1, 2, \dots, k$, og definerer

$$(3.4) \quad g_i = \frac{n_{i+} + n_{+i} - 2n_{ii}}{n} \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Bruttoavviket kan bli stort selv om nettoavviket er lite. I så fall er det omtrent like mange som "feilaktig" tas med i og utelates fra en klasse. Utvalgsvariansen til et nettoavvik kan beregnes med utgangspunkt i bruttoavviket. Sæbø (1977) viser at utvalgsvariansen til nettoavviket tilnærmet er lik bruttoavviket dividert på antall observasjoner. Vi har altså at

$$(3.5) \quad \text{var } f_i = \frac{g_i}{n} \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Det er nå mulig å teste om det er systematiske avvik i en klasse mellom de to registreringene. Dette kan gjøres ved å teste om nettoavviket i en klasse er signifikant forskjellig fra null.

Anta fortsatt at f_i er nettoavviket i klasse i , $i=1, 2, \dots, k$. Nullhypotesen blir da:

$$(3.6) \quad H_0: f_i = 0 \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Vi kan nå forkaste H_0 hvis

$$(3.7) \quad \sqrt{n} \frac{f_i}{\sqrt{g_i}} \geq t_{\frac{1}{2}\alpha} \quad i = 1, 2, \dots, k$$

der

$$\begin{aligned} f_i &= \text{nettoavviket i klasse } i \\ g_i &= \text{bruttoavviket i klasse } i \\ n &= \text{antall observasjoner} \\ t_{\frac{1}{2}\alpha} &= (1 - \frac{1}{2}\alpha)\text{-fraktilen i t-fordelingen med } (n-1)\text{-frihets-} \\ &\quad \text{grader} \end{aligned}$$

Det er også mulig å teste "symmetrien" i hele tabell 3.1, eller mao. om det er systematiske avvik mellom de to registreringene. Dersom tabellen skal være symmetrisk, må summen av elementene på den ene siden av diagonalen $n_{11}, n_{22}, \dots, n_{kk}$ være lik summen av elementene på den andre siden. Gitt at k betegner antall klasser, kan vi formulere nullhypotesen

$$(3.8) \quad H_0: \sum_{q=1}^{k-1} \sum_{p=q+1}^k n_{pq} = \sum_{p=1}^{k-1} \sum_{q=p+1}^k n_{pq}$$

På bakgrunn av Amundsen (1984) kan det vises at nullhypotesen H_0 må forkastes dersom

$$(3.9) \quad \frac{(\sum_{q=1}^{k-1} \sum_{p=q+1}^k n_{pq} - \sum_{p=1}^{k-1} \sum_{q=p+1}^k n_{pq})^2}{\sum_{q=1}^{k-1} \sum_{p=q+1}^k n_{pq} + \sum_{p=1}^{k-1} \sum_{q=p+1}^k n_{pq}} \geq z_{1-\epsilon}$$

Her er $z_{1-\epsilon}$ fraktilen i χ^2 -fordelingen med 1 frihetsgrad.

I samtlige tester i dette notatet er det benyttet 5 prosent nivå dersom ikke annet er angitt.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

I dette kapitlet vil vi først diskutere resultatene av tolkingen av treslagsfordelingen, der de treslagsvise andelene betraktes som kontinuerlige variable. Deretter drøftes en kategorisert treslagsfordeling belyst ved et eksempel fra vårt materiale. Til slutt

diskuteres materialets egnethet og nøyaktigheten av tolkingen av treslagsfordelingen i forhold til en anvendelse innen et opplegg for punktsampling som i arealregnskapet slik det er skissert av Engebretsen (1986).

4.1 Treslagsvise andeler som kontinuerlige variable

Resultatene av testingen om de treslagsvise andelene er forskjellig i henholdsvis felt og flybilde er vist i tabell 4.1. I tabellen er nullhypotesen i (3.1) testet ved hjelp av observatoren i (3.2).

Tabellen viser at det er signifikante forskjeller mellom registreringene i felt og flybilde for samtlige observatører og treslag. Observatør nr. 1 overvurderer granandelen og undervurderer furuandelen, mens observatør nr. 2 og 3 overvurderer furuandelen og undervurderer granandelen. Observatør nr. 1 har de minste systematiske avvikene. Mens observatør nr. 1 gjennomsnittlig har et avvik på 0,6 og 0,8 10-deler for gran og furu, har observatør nr. 2 og 3 et gjennomsnittlig avvik på 0,9-1,5.

Tabell 4.1. Test av differansen mellom forventningene til andelene av de enkelte treslag registrert i felt og i flybilde

	Differansen til forventningene	t-verdi	Signifikans- sannsynlighet
10-deler			
<i>Observatør nr. 1</i>			
Gran	0.60	7.31	0.0001
Furu	-0.76	-9.19	0.0001
<i>Observatør nr. 2</i>			
Gran	-1.50	-16.49	0.0001
Furu	1.02	11.15	0.0001
<i>Observatør nr. 3</i>			
Gran	-1.29	-14.34	0.0001
Furu	0.89	9.61	0.0001

For å belyse resultatene av bildetolkingene innen hver enkelt 10-delsklasse, vil vi nå benytte modellen for testing av kategoriske data omtalt i kapittel 3.2.

Nettoavviket basert på en inndeling i 10-deler for henholdsvis gran og furu er vist i tabell 4.2. Nettoavvik som ikke er signifikant forskjellig fra null basert på observatoren i (3.7), er satt i parentes.

Andel likt klassifisert basert på en inndeling i 10-deler som i tabell 4.2, er vist i figur 4.1. Andel likt klassifisert er her regnet relativt til andel klassifisert i en klasse i feltmaterialet.

Figur 4.1 viser at andel likt klassifisert er meget liten for samtlige observatører og treslag på flater med mer enn ett treslag (klasse 1-9). Tabell 4.2 viser imidlertid at i disse klassene er nettoavviket til dels lite sammenliknet med klasser med bare ett treslag. I mange tilfeller er dessuten nettoavviket ikke signifikant forskjellig fra null. Dette betyr at i de klassene der flatene omfatter mer enn ett treslag, er de systematiske avvikene gjennomgående mindre enn i klasser med bare ett treslag. De tilfeldige feilene i blandingsklassene er derimot store.

I klassene der flatene bare omfatter ett treslag (klasse 0 og 10) er de systematiske avvikene til dels meget store, jf. tabell 4.2, mens figuren viser at andel likt klassifisert er større enn i de øvrige klassene. Dette indikerer at de tilfeldige feilene er mindre enn i klassene der flatene har mer enn ett treslag.

Tabell 4.2. Nettoavvik ved sammenlikning av treslag registrert i felt og i flybilde av tre observatører. Ikke signifikante nettoavvik i parentes. Prosent

Treslags- andel	Observatør nr. 1		Observatør nr. 2		Observatør nr. 3	
	Gran	Furu	Gran	Furu	Gran	Furu
0	-9.1	(-1.9)	4.5	-23.3	3.4	-25.0
1	(-1.9)	5.3	(-1.2)	(-0.5)	-3.4	(-0.7)
2	(1.5)	3.5	4.1	4.7	4.3	7.5
3	(0.2)	3.3	3.8	4.5	4.1	7.5
4	(0.2)	(-0.6)	(1.8)	4.9	(1.1)	2.8
5	(0.4)	(-0.2)	2.0	(1.2)	3.4	(1.8)
6	(1.1)	(0.1)	6.9	3.5	3.4	2.7
7	4.4	(1.4)	2.0	3.2	6.2	5.8
8	4.8	(0.1)	7.6	7.3	8.1	3.6
9	3.3	-4.2	-12.6	-8.4	-10.2	-6.0
10	-5.0	-6.8	-18.9	2.7	-20.4	(-)

1) Treslagsandel er målt i prosent og avrundet til 10-deler.

Samtidig viser fortegnet på nettoavvikene i klassene med bare ett treslag (klasse 0 og 10), at i 7 av 12 tilfeller undervurderes antall flater av det aktuelle treslaget, mens det overvurderes i bare 3 av 12 tilfeller. I 2 av tilfellene er nettoavviket ikke signifikant forskjellig fra null. Dessuten er nettoavvikene gjennomgående små når de er positive, mens de er store når de er negative. Dette indikerer at samtlige observatører, uavhengig av hvilket treslag de i gjennomsnitt over- eller undervurderer, har en tendens til å "legge tolkingen mot midten".

Vi legger dessuten merke til at resultatene for observatør nr. 2 og 3 skiller seg lite fra hverandre. Dette kan skyldes at de har hatt mulighet til å samarbeide under bildetolkingen, siden tolkingen er foretatt under samme innpassing i stereomodellen, jf. kapittel 2.3.

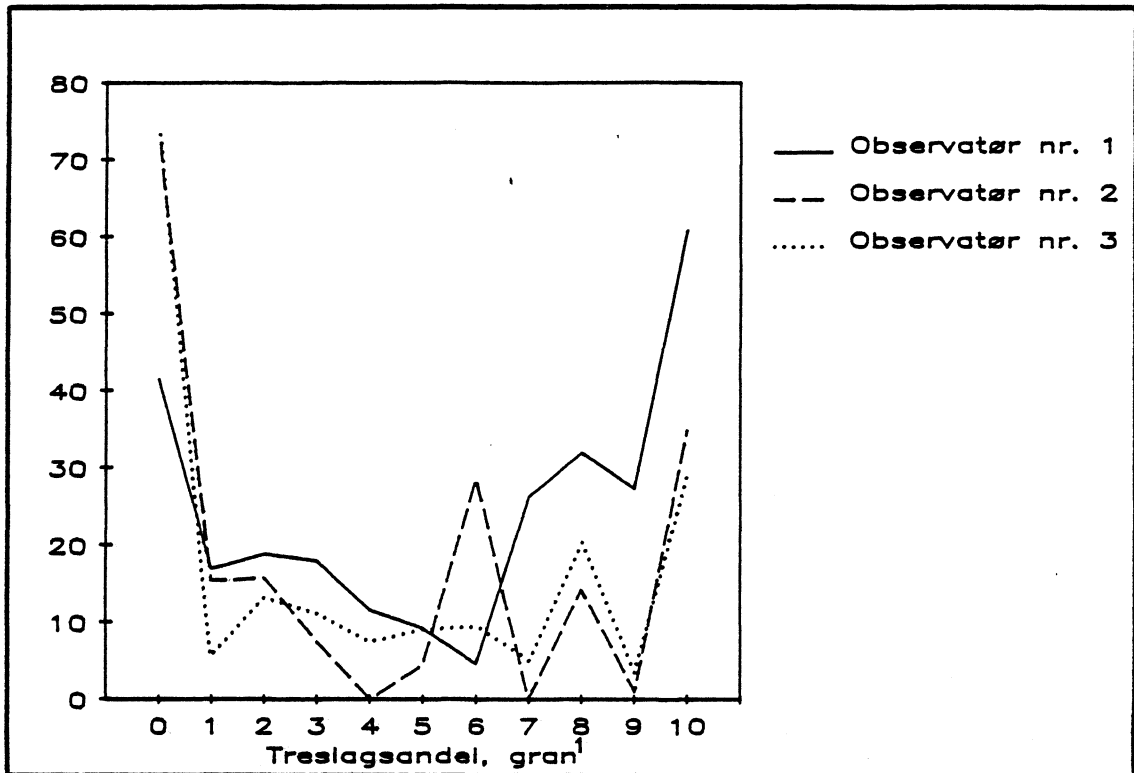
For å få et bedre inntrykk av de feilklassifiseringene som er gjort, har vi sett nærmere på de flatene der de enkelte observatørene har gitt anmerkninger om spesielle problem med bildetolkingen, jf. kapittel 2.3.

Observatør nr. 1, 2 og 3 har gitt anmerkninger om spesielle problem for henholdsvis 185, 71 og 101 av de 858 flatene. Vi har beregnet gjennomsnittlig avvik, andel likt klassifisert og nettoavvik på nytt på samme måte som ovenfor etter å ha utelatt de observasjonene observatørene har hatt problemer med. Resultatene av disse beregningene er tilnærmet like resultatene omtalt ovenfor. Dette tyder på at kvaliteten av treslagstolkingen på flatene med anmerking om dårlig bildekvalitet samt problemer med flatens beliggenhet i forhold til bestandskant er like god som for de øvrige flatene. Observatørens egne anmerkninger om problemer under tolkingen bidrar derfor ikke til å forklare feilklassifiseringene.

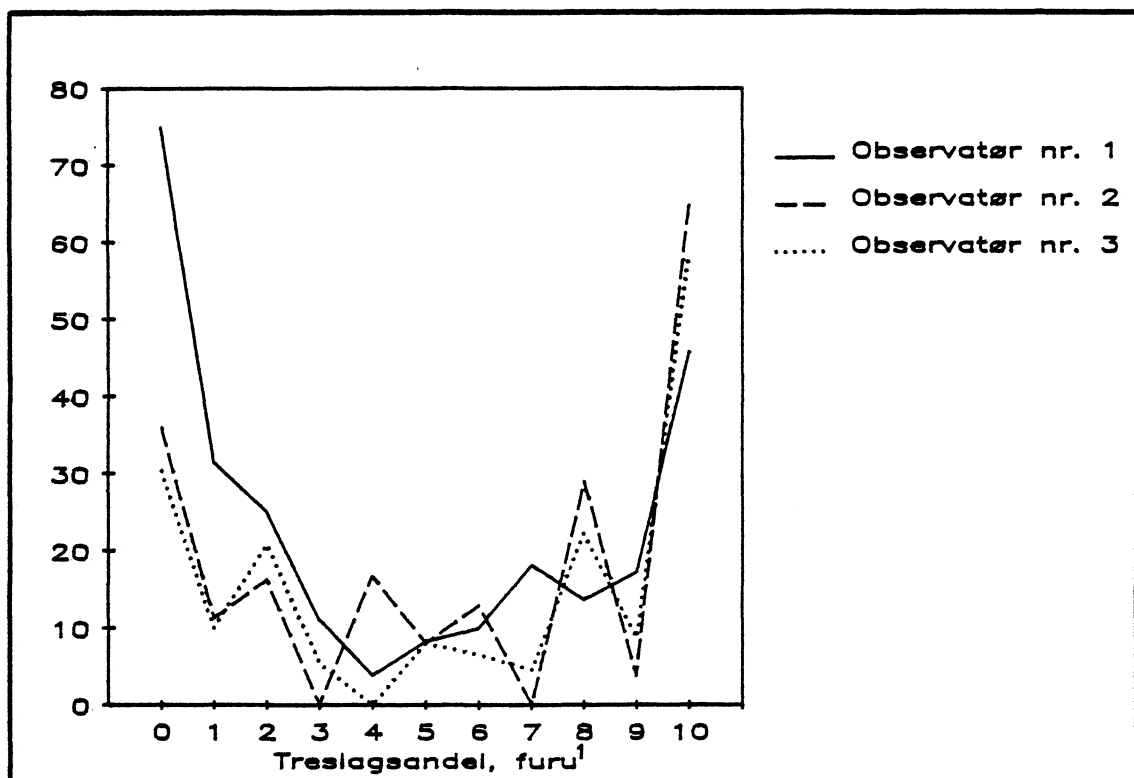
En annen mulig feilkilde i undersøkelsen er uoverenstemmelse mellom flatenes plassering i felt og i bilde. I denne undersøkelsen har vi imidlertid ikke hatt forutsetning for å vurdere omfanget av denne feilkilden.

Materialet i denne undersøkelsen viser således at tolkingen av treslagsfordelingen kan være problematisk både på flater med bare ett treslag og på flater med blanding av gran og furu. Til tross for at de forskjellige observatørene ikke over- og undervurderer de samme treslagene, er det betydelige systematiske avvik i klassene der

Figur 4.1. Andel likt klassifisert ved sammenlikning av treslag registrert i felt og i flybilde av tre observatører. Prosent



1) Treslagsandel er målt i prosent og avrundet til 10-deler.



1) Treslagsandel er målt i prosent og avrundet til 10-deler.

flatene omfatter bare ett treslag. På de øvrige flatene er avvikene mindre. Derimot er andel likt klassifisert meget liten på flatene med blandingsskog, mens den er betydelig høyere på flater med ett treslag. Dette materialet antyder at en ved prediksjon må forvente feil også i klassene bestående av bare ett treslag, selv om andel riktig klassifisert er størst i disse klassene.

I vår undersøkelse overvurderer observatør nr. 1 granandelen og undervurderer furuandelen, mens situasjonen er omvendt for observatør nr. 2 og 3. Også andre undersøkelser viser liknende resultater.

I Sverige fant Ericson (1984) på grunnlag av sitt materiale en gjennomsnittlig overvurdering av furuandelen med 0,4 10-deler, men dette avviket var ikke signifikant forskjellig fra null. I undersøkelserne til Lantmäteriverket (1983 og 1984) ble furuandelen overvurdert med henholdsvis 0,3 og 1,0 10-deler. Moberg og Sundström (1981) viser derimot til en undervurdering av furuandelen i sin undersøkelse med 0,4 10-deler.

Moberg og Sundström (1981) fikk dessuten størst andel riktig klassifisert i bestand med bare ett treslag. Dette samsvarer med vårt resultat, der andel likt klassifisert var størst for klasser der flatene bare har ett treslag. I vårt materiale er imidlertid de systematiske avvikene også størst i disse klassene.

I Norge hevder Boddning (1980) at furuandelen har en tendens til å bli undervurdert i blandingsskog. Det samme hevder Galaaen (1986b), som legger til at denne tendensen er sterkere i hogstklasse III enn i hogstklasse IV og V.

Boddning (1980) hevder også at avvikene ved bildetolking av treslag synes å være avhengig av bonitet. Lineær regresjon basert på vårt materiale, der bonitet registrert på Økonomisk kartverk forklarer avvikene ved bildetolking, viser at koeffisientene til bonitetsleddet er signifikant forskjellig fra null på 5 prosent nivå for samtlige observatører for treslaget gran. For furu er koeffisientene signifikant forskjellig fra null for bare én av observatørene. Avvikene ved bildetolking ble uttrykt som absoluttverdien til differansen mellom andel av de enkelte treslag observert i felt og ved bildetolking. I denne undersøkelsen vil vi imidlertid ikke gå nærmere inn på dette.

På grunnlag av vår og andre undersøkelser er det vanskelig å trekke noen generell konklusjon om gran eller furu har en tendens til

å over- eller undervurderes ved bildetolkning. Tvert imot synes tendensen til over- eller undervurdering av de enkelte treslag å skyldes den enkelte observatørs skjønn.

4.2 Treslagsklasser som kategorisk variabel; et eksempel

Hver kombinasjon av andelene av de enkelte treslagene knyttet til en flate vil alltid ha 10 som sum (100 prosent), og hver kombinasjon av treslagsandeler kan oppfattes som en treslagsklasse. Inndelingen i treslagsklasser må da betraktes som en kategorisk variabel. En slik betraktningssmåte er benyttet av bl.a. Gisnås (1982) for å undersøke samsvaret mellom treslagsklassifisering i flybilde og i felt. I dette kapitlet vil vi belyse denne betraktningssmåten ved et eksempel, og sammenholde resultatene med det vi fant i forrige kapittel, der vi betraktet treslagsandelene som kontinuerlige variable.

Tabell 4.3. De enkelte treslagenes andel ved inndeling i seks klasser

Klasse	Treslagsandel	
	Prosent	
1	Furu	80 - 100
	Gran	0 - 20
	Lauv	0 - 10
2	Furu	60 - 70
	Gran	20 - 40
	Lauv	0 - 10
3	Furu	40 - 50
	Gran	40 - 50
	Lauv	0 - 10
4	Furu	20 - 40
	Gran	60 - 70
	Lauv	0 - 10
5	Furu	0 - 20
	Gran	80 - 100
	Lauv	0 - 10
6	Furu	0 - 90
	Gran	0 - 90
	Lauv	20 - 100

Tabell 4.3 viser et eksempel på de enkelte treslagenes andel ved en inndeling i seks treslagsklasser, mens tabell 4.4 viser en konsistenstabell for feltobservasjonene og observatør nr. 1. Klasseinndelingen i tabell 4.4 bygger på kriteriene i tabell 4.3. Inndelingen i seks klasser er valgt for å få best mulig samsvar med klasseinndelingen i undersøkelsen til Gisnås (1982) (Se nedenfor).

I tabell 4.4 er ingen feltobservasjoner registrert i klasse 6. Dette skyldes at flater med en faktisk lauvandel større enn 10 prosent er utelatt i materialet (Se kapittel 2.1). Tabell 4.4 viser dessuten nettoavvik og andel likt klassifisert. Nettoavvik som ikke er signifikant forskjellig fra null basert på observatøren i (3.7), er satt i parentes.

Som det framgår av tabellen, er nettoavviket signifikant forskjellig fra null og negativt i klasse 1, mens det er positivt i klasse 4 og 5. Sammenholdt med klasseinndelingen i tabell 4.3 betyr dette at antall flater der furu er det dominerende treslaget underverderes ved tolking i flybilde, mens antall flater der gran dominerer oververderes.

Tabell 4.4. Sammenlikning av treslag registrert i felt og i flybilde av observatør nr. 1. Inndeling i seks klasser. Ikke signifikante nettoavvik i parentes

Observatør nr. 1	Feltobservasjoner						
	I alt	Klasse					
		1	2	3	4	5	6
	Antall flater						
I alt	847	277	52	30	41	447	-
Klasse							
1	185	171	7	2	2	3	-
2	62	43	10	4	1	4	-
3	26	9	7	3	2	5	-
4	79	19	13	10	9	28	-
5	469	26	9	11	25	398	-
6	26	9	6	-	2	9	-
		Prosent					
Nettoavvik .....	..	-10.9	(1.2)	(-0.5)	4.5	2.6	3.1
Andel likt klassifisert ...	69.8	61.7	19.2	10.0	22.0	89.0	..

Avvikene mellom feltmålingene og de øvrige flybildeobservatørene er også store, se tabell 4.5. Tabellen viser nettoavvik og andel likt klassifisert for observatør nr. 2 og 3, samt for observatør nr. 1 som også er vist i tabell 4.4. Nettoavvik som ikke er signifikant forskjellig fra null er satt i parentes, mens andel likt klassifisert er regnet relativt til andel klassifisert i en klasse i feltmaterialet.

For observatør nr. 2 og 3 er nettoavviket signifikant forskjellig fra null og negativt i treslagsklasse 5, mens i klasse 1 er det signifikant forskjellig fra null og negativt for observatør nr. 3. Vi legger dessuten merke til at andel likt klassifisert er meget lav i alle klassene med utpreget barblandingsskog (klasse 2, 3 og 4).

Tabell 4.5. Sammenlikning av treslag registrert i felt og i flybilde av tre observatører. Inndeling i seks klasser. Ikke signifikante nettoavvik i parentes. Prosent

	I alt	Klasse ¹					
		1	2	3	4	5	6
<i>Felt/observatør nr. 1</i>							
Nettoavvik .....	..	-10.9	(1.2)	(-0.5)	4.5	2.6	3.1
Andel likt klassifisert	69.8	61.7	19.2	10.0	22.0	89.0	..
<i>Felt/observatør nr. 2</i>							
Nettoavvik .....	..	(-0.9)	3.4	(1.5)	6.9	-25.2	14.3
Andel likt klassifisert	50.9	70.8	11.3	10.0	12.5	49.6	..
<i>Felt/observatør nr. 3</i>							
Nettoavvik .....	..	-4.3	5.1	2.6	8.1	-23.0	11.5
Andel likt klassifisert	52.3	66.3	18.9	16.7	14.6	53.5	..

1) Se tabell 4.3.

Basert på observatøren i (3.9) har vi også testet om det er systematiske avvik mellom feltregistreringene og de enkelte flybildeobservatørene. Vi har altså testet "symmetrien" i tabell 4.4 og tilsvarende tabeller for observatør nr. 2 og 3.

Resultatene av testene er vist i tabell 4.6. Tabellen viser at hypotesen om at det ikke er systematiske avvik mellom feltregistreringene og de enkelte observatørene (Jf. hypotesen i (3.8)) må for-

kastes på 5 prosent nivå, da fraktilen i χ^2 -fordelingen med 1 frihetsgrad er $z_{1-\epsilon} = 3,84$ (Se kapittel 3.2).

Tabell 4.6. Test av systematiske avvik mellom feltregistreringene og flybildeobservatørene

	χ^2 -verdi
Observatør nr. 1	76.6
Observatør nr. 2	13.6
Observatør nr. 3	14.3

I kapittel 4.1 fant vi at på flater med bare ett treslag hadde alle observatørene en tendens til å oppgi en viss andel av det treslaget som i virkeligheten ikke var representert. For f.eks observatør nr. 1 fant vi at antall flater med gran som det eneste treslaget ble systematisk undervurdert med fem prosent (Se tabell 4.1). Resultatene av en kategorisk betraktningssmåte som i tabell 4.5, viste derimot at antall flater der gran var det dominerende treslaget ble overvurdert.

Ved en kategorisk betraktningssmåte omfatter klassen med gran som det dominerende treslaget flater med 80 - 100 prosent gran, mens i det andre tilfellet omfatter den flater med 100 prosent gran. Aggregeringsnivået i eksemplet basert på kategoriske klasser fører således til at informasjon om observatørens tendens til å undervurdere antall flater med bare ett treslag ikke kommer fram.

I kapittel 4.1 fant vi også at de enkelte observatørene hadde en tendens til å over- og undervurdere den gjennomsnittlige andelen av de enkelte treslagene. Dette er nyttig informasjon når man skal vurdere om en tolkingsmetode gir forventningsrette estimater. Uten en kontinuerlig betraktningssmåte som i kapittel 4.1, kan det være vanskelig å ta stilling til om en metode er anvendbar ved prediksjon.

Gisnås (1982) har undersøkt samsvaret mellom treslagsklassifisering i flybilde og i felt basert på en kategorisert treslagsfordeling. Først ble det foretatt bestandsinndeling i flybilde og felt uavhengig av hverandre, og treslagsfordelingen ble observert for hvert bestand ved registreringer i henholdsvis flybilde og felt. Deretter ble treslagsfordelingen ved flybilde- og feltregistreringen

knyttet sammen ved hjelp av et systematisk punktsamlingsnett. Samsvaret mellom registreringene ble vurdert ved hjelp av beregnet samsvar og tilfeldig samsvar (Se Gisnås (1982)). "Samsvar" er det vi har betegnet "andel likt klassifisert", mens "tilfeldig samsvar" er den andel likt klassifisert en kan forvente ved tilfeldig klassifisering. Tilfeldig samsvar er nyttig for å kunne sammenlikne samsvaret ved ulike klassifiseringer når fordelingen på de enkelte klassene er ujevn. Gisnås (1982) foretok derimot ingen klassevis undersøkelse av resultatene slik vi har gjort.

Gisnås (1982) har skilt ut observasjonene i hogstklasse III-V for seg. Dette samsvarer med omfanget av vårt materiale. I klassifiseringen har han benyttet ni treslagsklasser, hvorav fire er bar- eller barblandingsklasser. De øvrige fem er lauv- eller blandings-skogklasser, men det er få observasjoner som er registrert i disse klassene. Gisnås (1982) har ikke dokumentert definisjonen av de kategoriske klassene, men for de fire bar- eller barblandingsklassene er den sannsynligvis ikke ulik definisjonen av de fem barblandingsklassene i vår undersøkelse (Se tabell 4.3).

Tabell 4.7. Sammenlikning av treslag registrert i felt og i flybilde. Prosent

	Andel likt klassifisert	Tilfeldig samsvar
Felt/observatør nr. 1	70	37
Felt/observatør nr. 2	51	26
Felt/observatør nr. 3	52	26
Felt/fullstendig bestandsinndeling i flybilde ¹	55	27

1) Kilde: Gisnås (1982)

2) For definisjon, se Gisnås (1982).

Tabell 4.7 viser andel likt klassifisert og tilfeldig samsvar i undersøkelsen til Gisnås (1982) basert på fullstendig bestandsinndeling i flybilde, og i vårt materiale for samtlige observatører. Tabellen viser god overenstemmelse mellom resultatene til Gisnås (1982) og resultatene for observatør nr. 2 og 3. Resultatene for observatør nr. 1 er noe bedre enn for de øvrige. Gisnås (1982) viser

imidlertid at andel likt klassifisert øker til 66 ved en tilsvarende klassifisering i et skogområde med enklere forhold for treslagsklassifisering.

Resultatene til Gisnås (1982) viser god overensstemmelse med våre, selv om klassifiseringen til Gisnås (1982) er knyttet til en bestandsvis registrering mens vi har knyttet klassifiseringen til flater som er direkte sammenliknbare i flybilde og felt.

Gisnås (1982) hevder at resultatene av undersøkelsen er uventet svake, og at bedre resultater bør kunne forventes under andre skogforhold. Han har imidlertid bare brukt samsvar (andel likt klassifisert) og tilfeldig samsvar som vurderingskriterier. Undersøkelsen gir ingen opplysninger om systematiske skjevheter hverken for gjennomsnittlig treslagsandel for hvert enkelt treslag eller innen klassene. Som vi så i kapittel 4.1, kan nettoavviket i en klasse være lite eller lik null selv om andel likt klassifisert er lav.

Rent hypotetisk kan vi tenke oss at vi ønsker å evaluere en metode for tolking av treslagsfordeling. Gitt at ingen flater blir riktig klassifisert og at ingen nettoavvik er signifikant forskjellig fra null, vil vi ved bare å vurdere andel likt klassifisert hevde at metoden er verdiløs. Hvis vi også vurderer det systematiske avviket, vil vi derimot hevde at metoden er god, siden vi får forventningsrette estimater.

Ericson (1984) har på sin side vurdert kvaliteten av treslagstolking i flybilde ved å undersøke det gjennomsnittlige avviket mellom treslagsandelene for de enkelte treslagene registrert i felt og flybilde basert på en klassifisering i 10-deler. Han fant ingen systematiske avvik (Se kapittel 4.1), og konkluderer med at resultatene er akseptable.

Ericson (1984) har derimot ikke vurdert kvaliteten av bildetolkingen innen de enkelte klassene. Selv om det gjennomsnittlige avviket er lite, kan kvaliteten av tolkingen av treslagsfordelingen være meget lav innen enkelte klasser, slik resultatene i vår undersøkelse viser.

4.3 Materialets egnethet og nøyaktigheten ved punktsamplig som i arealregnskapet

Galaaen (1986a) hevder at flater på 1 dekar som regel er for små til å få tilstrekkelig informasjon om treslagsfordelingen ved klassifisering i flybilde, og at områdene omkring flaten ofte blir tatt med i vurderingen. Det er ikke mulig å kontrollere hvordan treslagsfordelingen er registrert i vårt materiale, men det er i alle fall tatt utgangspunkt i hver enkelt flate. Dette er den mest relevante registreringsmåten for anvendelse knyttet til et opplegg for punktsamplig som i arealregnskapet. Den flateorienterte klassifiseringen i vårt materiale er derfor egnet for vårt formål.

Klassifisering av treslag i flybilde vil trolig kunne forbedres ved å benytte referanseflater med kjente egenskaper, samt ved at observatørene gis anledning til en feltmessig orientering om skogforholdene i det aktuelle området (Tomter (1987)). Ved punktsamplig etter samme opplegg som i arealregnskapet er det ikke realistisk å forvente tilgang til informasjon fra referanseflater og felt. Treslagsklassifiseringen i flybilde i vårt forsøksmateriale er også gjennomført uten tilgang til slik supplerende informasjon. Arbeids-situasjonen i treslagsklassifiseringen i vårt materiale synes således å være relevant for vårt formål.

Kvaliteten av den flateorienterte tolkingen av treslagsfordelingen knyttet til et opplegg for punktsamplig avhenger av nøyaktigheten i selve treslagstolkingen samt den utvalgsfeilen en i alle tilfelle har ved punktsamplig.

Punktsamplig slik det praktiseres i arealregnskapet er en systematisk samplingsmetode. Det foreligger ingen undersøkelser av utvalgsfeilen i forbindelse med treslagsregistrering ved systematisk samplig under norske forhold. Nyssönen et al. (1967) har imidlertid undersøkt nøyaktigheten av volumregistrering ved systematisk samplig basert på kvadratisk forband under finske forhold. Engebretsen (1986) anbefaler 100 meters kvadratisk forband og en minstestørrelse på basisenhetene på 1 km² ved et opplegg for punktsamplig som i arealregnskapet. Gitt disse forutsetningene, samt en flatestørrelse på utvalgsflatene på 1 dekar, viser Nyssönen et al. (1967) at den relative middelfeilen for volum pr. dekar blir ca. 2,5-4,0 prosent

gitt et gjennomsnittlig volum på 10-15 m³ pr. dekar.

Nyysönen et al. (1967) har imidlertid sett bort fra fordelingen på treslag. Svensson (1983) har derimot beregnet den relative middelfeilen for totalt volum fordelt på treslag og den relative middelfeilen for totalt areal for den svenske riksskogtakseringens takster for perioden 1973-1982. På grunnlag av oppgavene til Svensson (1983) har vi med enkle forutsetninger beregnet at den relative middelfeilen for volum pr. dekar for gran og furu er ca. 50-60 prosent større enn den relative middelfeilen for volum pr. dekar uten fordeling på treslag. Beregningene er gjennomført for Värmlands län, som grenser til deler av fylkene Akershus, Hedmark og Østfold.

Dersom det forutsettes at den relative middelfeilen for volum pr. dekar for gran og furu er 60 prosent større enn den relative middelfeilen for volum uten fordeling på treslag også i underøkelsen til Nyysönen et al. (1967), blir den relative middelfeilen basert på undersøkelsen til Nyysönen et al. (1967) ca. 4,0-6,4 prosent.

Det er meget stor usikkerhet knyttet til vår framgangsmåte for å beregne den relative middelfeilen for volum pr. dekar fordelt på treslag. For det første er den svenske riksskogtakseringens samplingsopplegg og samplingsopplegget til Nyysönen et al. (1967) forskjellig. Trolig er også skogforholdene i de to undersøkelsene ulike. På den annen side har vi i beregningen av den relative middelfeilen benyttet et forenklet formelapparat om gir en større middelfeil enn en korrekt beregning. Det er dessuten ikke vår hensikt å gi et nøyaktig estimat for den relative middelfeilen, men kun antyde et mulig nivå.

I vårt materiale er nemlig nøyaktigheten av tolkingen av treslagsfordelingen i flybilde avhengig av observatør og treslag. Ved en klasseinndeling av treslagenes andeler i 10-deler, er nettoavviket for de viktigste klassene i de fleste tilfeller 5-25 prosent, jf. tabell 4.2. I noen tilfeller er nettoavviket ikke signifikant forskjellig fra null. Sammenliknet med en relativ middelfeil for volum pr. dekar for treslagene gran og furu på 4,0-6,4 prosent knyttet til utvalgsmetoden, tyder dette på at nøyaktigheten av den flateorienterte tolkingen av treslagsfordelingen i flybilde trolig er vel så avgjørende for resultatenes kvalitet som utvalgsfeilen knyttet til utvalgsmetode.

5. KONKLUSJON

Når klassifisering av treslag i flybilde skal benyttes i et opplegg for punktsampling som i arealregnskapet, er det mest naturlig å knytte tolkingen av treslagsfordelingen i flybilde til flater og ikke til bestand. Materialet i denne undersøkelsen tyder på at resultatenes kvalitet er mer avhengig av nøyaktigheten av treslagstolkingen i flybilde enn av utvalgsfeilen knyttet til punktsampling, gitt de forutsetningene for punktsampling som er skissert av Engebretsen (1986).

Resultatene av tolkingen er imidlertid sterkt avhengig av observatør. I hvert fall er det tilfellet i denne undersøkelsen, der obseratørene ikke har hatt anledning til å kalibrere sitt skjønn. Mens én observatør har en tendens til å overvurdere andelen av ett treslag, har en annen observatør en tendens til å undervurdere andelen av det samme treslaget. Dessuten er usikkerheten i tolkingen av treslagsfordelingen meget stor på flater med både gran og furu, selv om de systematiske avvikene til dels er små. På flater med bare ett treslag er derimot usikkerheten mindre, men her har observatørene en tendens til å "legge seg mot midten" ved å oppgi en viss andel også av det treslaget som i virkeligheten ikke er representert.

Resultatene tyder på at en klassifisering i 10-deler for de enkelte treslagene, som i denne undersøkelsen, er lite hensiktsmessig siden klassifiseringen av treslagsfordelingen ved flybildetolking viser store avvik fra den faktiske treslagsfordelingen. Ved å innføre en grovere inndeling enn 10-deler vil andel likt klassifisert øke.

Samtidig antyder undersøkelsen at man under studier av tolkingresultater kan tape informasjon ved å aggregere de opprinnelige klassene benyttet under bildetolkingen.

Siden kvaliteten av bildetolkingene varierer fra klasse til klasse, er det dessuten viktig å se nærmere på tolkingresultatene innen de enkelte klassene for å kunne vurdere hvilke treslagssammensetninger som medfører størst usikkerhet i treslagstolkingen.

REFERANSER

- Amundsen, H. T. (1984): Statistiske metoder for analyse av samvariasjon i kategoriske data. Rapport 84/9. Statistisk Sentralbyrå, Oslo
- Bodding, S. (1980): Prøveprosjekt fototakst. Aktuell informasjon - teknikk - økonomi. Norges Skogeierforbund, Stensil, Oslo
- Engebretsen, Ø. (1986): Punktsampling som grunnlag for regional arealbudsjettering. Rapport 86/8. Statistisk Sentralbyrå, Oslo
- Engebretsen, Ø. og Sæbø, H. V. (1979): En vurdering av kvaliteten ved arealklassifisering på flybilder. I Metodehefte nr. 24, 3 notater om punktsampling. Arbeidsnotater 79/6. Statistisk Sentralbyrå, Oslo
- Ericson, O. (1984): Beståndsinventering med flygbild. Redogørelse nr. 8. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten
- Galaaen, R. (1986a): Driftsplanlegging III. Registrering på flybilde. Norsk Skogbruk, 6/7:32, Oslo
- Galaaen, R. (1986b): Driftsplanlegging V. Registrering på flybilde. Norsk Skogbruk, 9:26-27, Oslo
- Gisnås, A. (1982): Skogkartlegging ved fototyding i kartkonstruksjonsinstrument. Rapport 14/82. Norsk institutt for skogforskning, Ås-NLH
- Kristoffersen, I. og Næsset, E. (1985): Ressursregnskap for skog 1970 - 1981. Rapport 85/30. Statistisk Sentralbyrå, Oslo
- Lantmäteriverket (1983): Skogsvärdering med flygbildsteknik. Ett praktikfall från Hammar-Komsta, Ånge kommun, Västernorrlands län. IMV-rapport 1983:4, Gävle
- Lantmäteriverket (1984): Skogsvärdering med flygbildsteknik. Ett försök inom Bonäs-Vårhus omarrondering i Mora kommun, Kopparbergs län. IMV-rapport 1984:12, Gävle
- Moberg, J. og Sundström, T. (1981): Studier av noggrannheten vid Lantmätriverkets metod för skoguppskattning i flygbild. Examensarbete. Institutionen för biometri och skogsindelning, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå
- Nyyssönen, A., Kilkki, P. og Mikkola, E. (1967): On the precision of some methods of forest inventory. Acta forestalia fennica, 81.4:1-60, Helsinki
- Næsset, E. (1987): Kostnadsklasser for skog basert på registrering på kart og flybilder. Estimering av noen skoglige variable med særlig vekt på grunnflatemiddeldiameter Upublisert notat. Statistisk Sentralbyrå, Oslo

- Spjøtvoll, E. (1979): Forelesninger i statistikk for studenter ved Norges landbrukshøgskole. Kompendium. Institutt for matematiske fag. Norges landbrukshøgskole, Ås-NLH
- Svensson, S. A. (1983): Medelfel i riksskogtaxeringens skattningar 1973-82. Rapport 34. Institutionen för skogstaxering. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå
- Sæbø, H. V. (1977): Modell for målefeil i en utvalgsundersøkelse. Upublisert notat. Statistisk Sentralbyrå, Oslo
- Tomter, S. M. (1987): Volumregistrering på flybilder. Manus. Institutt for skogtaksasjon, Norges landbrukshøgskole, Ås-NLH