

LEIF WASTENSON

# BLOCKSTUDIER I FLYGBILDER

En metodundersökning av möjligheten att kartera  
markytans blockhalt från flygbilder

Med två planscher

Summary:

Studies of boulders in aerial photographs  
A methodological study of the possibility of mapping  
the boulder frequency by aerial photo interpretation



STOCKHOLM 1969

LEIF WASTENSON

BLOCKSTUDIER I FLYGBILDER

En metodundersökning av möjligheten att kartera markytans  
blockhalt från flygbilder

Med två planscher

Summary:

Studies of boulders in aerial photographs  
A methodological study of the possibility of mapping  
the boulder frequency by aerial photo interpretation

STOCKHOLM 1969

Manuskript mottaget 12 december 1968

C. DAVIDSONS BOKTRYCKERI AB, VÄXJÖ

## INNEHÅLL

Abstract .....	4
Förord .....	5
Inledning .....	5
De geologiska kartornas blockhaltskartering .....	7
Några allmänna synpunkter på möjligheten att identifiera block i flygbilder .....	10
Bildskala – objektstorlek – upplösningsförmåga .....	10
Gråton – kontrast – filmslag .....	12
Beskuggning – inblickbarhet .....	14
Inblickbarhet i skogsmark vid flygbildstolkning .....	14
Inblickbarhet i skog vid flygfotografering – referat av ett modellförsök .....	15
Tidigare försök med kronslutenhetsmätningar i flygbilder .....	16
Bestämning av inblickbarhet i flygbilder .....	19
Försöksområde och bildmaterial .....	19
Metodik .....	20
Felkällor vid punktgifterbestämning av inblickbarheten .....	22
Noggrannhet och precision vid bestämning av inblickbarhet i flygbilder .....	22
Inblickbarhetens beroende av områdets läge i stereomodellen .....	26
Rimboundetsökningen. Identifieringsmöjligheter av block i olika bildmaterial .....	28
Försöksområde och bildmaterial .....	28
Metodik .....	29
Korrektion för inblickbarhet .....	30
Redovisning av resultat .....	33
Bildskalans betydelse för tolkningsresultatet .....	34
Kontaktkopior .....	34
Jämförelse kontaktkopior – förstoringar .....	39
Jämförelse papperskopior – diapositiv .....	39
Tolkningsresultat i olika filmslag .....	41
Sammanfattning och rekommendationer .....	45
Några metoder för blockhaltskartering från flygbilder .....	47
Metod 1: Totalräkning av blocken inom hela karteringsytan .....	49
Metod 2: Totalräkning av block inom slumpvalda provytor .....	51
Metod 3: Subjektiv avgränsning av områden med homogen blockhalt och totalräkning inom slumpvalda provytor .....	53
Metod 4: Subjektiv bedömning av blockhalten .....	56
Metod 5: Punktgiftermetoden .....	56
Metod 6: Linjetaxering .....	58
Västerås-Barkarökarteringen. En tillämpad kartering av blockhalt från flygbilder enligt metod 4 och jämförelser med konventionell geologisk kartering .....	58
Resultat av flygbildstolkningen .....	59
Den geologiska karteringen av moränens blockhalt inom Västerås-Barkaröområdet .....	61
Sammanfattning av möjligheten att med olika metoder kartera markytans blockhalt från flygbilder .....	63

Specialstudier av blockmark i flygbilder .....	66
Kartering av ändmoräner .....	66
Studier av blockorientering inom några olika moränformer .....	69
Blockorientering på drumliniserad Rogenmorän .....	69
Blockorientering på "fluted moraine surfaces" .....	72
Blockorientering på drumlins .....	74
Studier av blockfördelningen på några åspartier i Uppland .....	75
Mehedeområdet .....	76
Tärnsjöområdet .....	78
Studier av blockens storleksfördelning på en talusbrant .....	80
Inventering av blocksänkor .....	82
Summary: Studies of boulders in aerial photographs .....	84
Litteratur .....	89
Bilagor: Data om flygbildsmaterial .....	91

Textkartorna godkända för spridning i rikets allmänna kartverk den 26.3.1969.

*ABSTRACT.* Since 1963 investigations of the possibilities of using different kinds of aerial photographs in geological and geomorphological mapping have been going on at the Department of Physical Geography at the University of Stockholm. The first study dealt with outcrops of bedrock (Wastenson 1966).

This paper deals with the possibility of mapping boulder frequency by aerial photo interpretation. The first chapter deals with the conventional geological mapping in Sweden of the amount of boulders on the surface of the till. In chapter two, the author gives some theoretical views on the possibilities of identifying boulders from aerial photographs.

In order to find the best conditions for the identification of boulders, different kinds of aerial photographs with varying scales, films, and photographic qualities have been examined. In forested areas, the identification of boulders by necessity depends on the ground visibility. The author has tested two methods of measuring the ground visibility in aerial photographs. Before comparing different interpretations of different kinds of aerial photographs, the results of boulder identification have been corrected with regard to ground visibility.

Six different methods of mapping the boulder frequency from aerial photographs have been tested. The results have been compared with detailed field checks and also with the conventional geological mapping of boulder frequency.

In the last chapter, some applied investigations are presented, i. e. studies of boulder orientation on different kinds of moraines, the boulder distribution on some eskers, and the possibilities of mapping end moraines and boulder depressions by interpreting aerial photographs.

## FÖRORD

Föreliggande arbete utgör en sammanställning av de studier av markytans blockhalt i flygbilder som förf. bedrivit sedan 1965.

Undersökningarna har utförts inom ramen för den forskningsassistentbefattning i flygbildstolkning, som inrättades vid Naturgeografiska institutionen vid Stockholms universitet fr.o.m. den 1/7 1964 med anslag från Statens naturvetenskapliga forskningsråd. Fältarbeten och införskaffandet av flygbilder har möjliggjorts genom anslag och stipendier från matematisk-naturvetenskapliga fakulteten vid Stockholms universitet, C. F. Liljevalch J:rs stipendiefond, Svenska sällskapet för antropologi och geografi och A. Lagrelius' fond för geografisk forskning. Sveriges geologiska undersökning har möjliggjort publicering av denna uppsats.

Professor G. Hoppe – initiativtagare till undersökningen – har nära följt arbetet och ständigt bistått med värdefulla uppslag, råd och anvisningar. För uppläggningsen av den statistiska bearbetningen har fil. kand. Göran Nilsson vid Institutionen för matematisk statistik varit till stor hjälp. Kartor och diagram har ritats av fru E. Kuldver, fru B. Hansson och fru S. Bergfeldt. Värdefulla idéer och råd har i samband härmed erhållits. Den engelska texten har granskats av fru Å. Ericsson, Bromma. Till samtliga personer och institutioner som bidragit vid tillkomsten av denna uppsats riktas ett varmt tack.

## INLEDNING

Inom stora delar av vårt land utgör blocken ett högst påtagligt inslag i terrängen. Kännedom om markytans blockhalt är viktig bl. a. för bedömning av framkomligheten i denna, t. ex. inom det moderna mekaniserade skogsbruket för planläggning av basvägssystem och indelning i drivningstrakter. Inom det militära området är bedömning av framkomlighet för olika fordon väsentlig för planläggning av operationer. Vid projektering av vägar och annan geoteknisk verksamhet är markens blockhalt av stort intresse.

I Sveriges geologiska undersöknings kartblad redovisas numera moränens blockhalt. I ett inledande kapitel ges en tillbakablick över utvecklingen fram till nuvarande karteringsprinciper för moränens blockhalt vid geologisk kartering.

Det föreliggande arbetet syftar till att pröva olika metoder att med hjälp av flygbildstolkning utföra kartering av markytans blockhalt. Undersökningen har begränsats till att gälla block  $> 0.5$  m i diameter, då det bedömts som omöj-

ligt att med någon större framgång identifiera mindre block annat än i extremt storskaliga bilder. Block mindre än 0.5 meter är också av mindre intresse ur framkomlighetssynpunkt. Storleksgränsen sammanfaller för övrigt väl med gränsen för medelstora block, vid klassificeringen i SGU Ser. Ae.

I undersökningens grundläggande skede har prövats möjligheterna att identifiera block av olika storlek under beaktande av följande faktorer:

- a. fotograferingshöjd och bildskala
- b. bildslag (papperskopia–diapositiv; kontaktkopia–förstoring)
- c. filmslag.

Hänsyn måste härvid tas till inblickbarhetsmöjligheterna i skogsmark, varför en specialundersökning av dessa utförts. Denna presenteras relativt ingående i uppsatsen.

Den teknik som i huvudsak använts i Rimboundersökningen innebär en utomordentligt tidskrävande registrering av varje identifierat block i ett stort antal provytor i flera olika bildmaterial och i fält. Som exempel kan nämnas att inom ett försöksområde vid Rimbo, där 200 provytor – med upp till 123 block i en provyta – bearbetats i elva olika bildmaterial. I varje bildmaterial har för de 200 provytorna vidare inblickbarheten vid stereobetraktande undersökts, varvid vanligen 100 punkter detaljstuderats i varje provyta.

Endast i undantagsfall kan för praktiska ändamål den tidskrävande metoden med registrering av varje enskilt block komma att användas. Olika förenklingar i karteringsmetodiken har därför prövats och resultatet redovisas i avsnittet "Några metoder för blockhaltskartering från flygbilder". Tidsåtgång och noggrannhet vid användning av olika karteringsmetoder redovisas där.

Den här föreliggande undersökningen har givetvis begränsats av tidsmässiga och ekonomiska faktorer. Antalet försöksområden har måst hållas nere; med enstaka undantag har i och för sig i hög grad önskvärda specialfotograferingar icke kunnat företas utan undersökningarna måste falla tillbaka på redan befintligt bildmaterial. Tillgången på ett differentierat dylikt har i stor utsträckning styrt valet av försöksområden med de vanskligheter som följer härav. En jämförelse mellan redan befintliga bildmaterial kompliceras bl.a. av att variablerna inte blir renodlade.

I uppsatsens senare del presenteras några tillämpningsområden, där utarbetade karteringsmetoder har utnyttjats för detaljstudier av markytans blockhalt eller av egenskaper hos blocken. Härvid har olika detaljer av geomorfologiskt intresse studerats, t.ex. blockens orientering inom några olika moränformer och blockens fördelning på några åspartier i Uppland. Möjligheten att i olika flygbildsmaterial kartera ändmoräner ("De Geer-moräner") och blocksänkor har också undersökts.

## DE GEOLOGISKA KARTORNAS BLOCKHALTSKARTERING

I SGU:s kombinerade jord- och bergartskartor i skala 1:50 000 (SGU, Ser. Aa) har en systematisk kartering av moränens blockhalt skett först under senare årtionden. Det skall dock framhållas att Munthe redan på kartbladet Skara (SGU, Ser. Aa, N:o 116) markerade "blocksamlingar". I beskrivningen till kartbladet (Munthe 1903, s. 23) meddelas att områden, där moränen är mycket sten- och blockbunden, delvis har blivit utmärkta på kartan. En sådan markering sker sedan på flertalet av Munthes blad, men däremot endast sporadiskt på övriga samtida kartblad. I bladet Sövdeborg (SGU, Ser. Aa, N:o 142, 1920) använder Munthe beteckningen blockrik mark, dock utan att närmare definiera vad som avses härmed.

I beskrivningen till kartbladet Filipstad (Granlund 1928) finns i fig. 30 en kartbild av olika moräntypers utbredning på kartbladet. Följande indelning av moränen användes: Blockfri-mjälig, mycket blockfattig, blockfattig, normalblockig, blockig-grusig, blockrik och ursköld morän. "Någon egentlig kartering låg dock inte till grund för denna textbild i Filipstadsbeskrivningen" (Lundqvist 1946a, s. 271).

På Malingsbobladet (SGU, Ser. Aa, N:o 168) genomfördes i samband med revisionen för första gången en systematisk kartering av moräntyperna i skalan 1:50 000. Moränen indelades dels efter kornstorlek i grusig, sandig, moig, mjälig och lerig, dels efter blockens storlek och frekvens. "Å kartan ha storblockiga områden urskilts för sig. Blocken är där i genomsnitt 1 m eller mer i diameter. Vanligtvis är blockfrekvensen inom de storblockiga områdena riklig. Inom de övriga är frekvensgraderna rikblockig, normalblockig och blockfattig (inklusive blockfri)" (Lundqvist 1930, s. 71). Den normalblockiga moränen definieras som uppvisande en blockfrekvens av genomsnittstyp. "I stort kan man säga, att här uppsticker c:a 1 större block per kvadratmeter" . . . "Inom de rikblockiga områdena ligga blocken så tätt att de helt täcka marken (fig. 32). I sin högre utbildningsform är områdena således av en sådan typ, att det bereder svårigheter att passera dem . . ." (Lundqvist 1930, s. 74). "Den blockfattiga moränen bildar vanligen jämna fält utan eller med endast ett och annat synligt block (fig. 33)." (Lundqvist 1930, s. 77).

Den klassificering av moränen som introducerades i Malingsbobladet har sedermera blivit den gängse använda på kartbladen i Ser. Aa. Den framlades i fullständig form av G. Lundqvist 1940. Klassificeringen avser förhållandena i de ytliga lagren. "I den storblockiga och rikblockiga moränen ligger de flesta blocken mycket ytligt, ofta fria och löst staplade på varandra. Ju mindre blockhalten blir desto djupare nedsänkta i marken blir blocken." G. Lundqvist har

studerat blockhalt och kornstorlekssammansättning i Bergslagen. Inom detta område påvisas "en tydlig konformitet mellan storblockig och grusig morän, rikblockig och grusig-sandig morän, normalblockig och sandig och sandig-moig morän, blockfattig och moig och moig-lerig morän" (Lundqvist 1940, s. 22-23). Undersökningen ger inte svar på huruvida dessa samband gäller generellt och för alla bergartstyper. Ett liknande samband har dock påvisats på det småländska höglandet (Thaning 1940, s. 142) och i Västerbotten (Granlund 1943, s. 49). Om detta samband är allmängiltigt, är blocken en utmärkt indikator på moränens nedkrossningsgrad och dominerande kornstorlekar.

I den av SGU 1964 påbörjade nya serien av kombinerade berg- och jordarts-kartor i skalan 1:50 000 (Ser. Ae) bibehålles de fyra klasserna blockfattig, normalblockig, blockrik och storblockig. I beskrivningen till det första bladet i denna serie anmärkes att indelningen ej är fullt logisk men praktisk. "Beteckningen 'blockrik' innebär att frekvensen av medelstora block är så hög, att det är svårt att gå på ytan, 'blockfattig' innebär att endast ett fåtal block förekommer och 'normalblockig' blir då det givna mellantinget. Storblockig kallas en yta med hög halt av block, som är större än 1 m<sup>3</sup>." (Möller 1964, s. 91.)

Även vid länskarteringar i mindre skala användes numera som regel samma indelningsgrund av moränen med avseende på blockhalten. I "Beskrivning till jordartskarta över Norrbottens län nedanför lappmarksgränsen" (Fromm 1965, s. 95) ges t. ex. följande definitioner: "De olika graderna kunna definieras på så sätt, att storblockighet innebär riklig förekomst av block om 1 m<sup>3</sup> eller större, rikblockighet att marken är tätt beströdd av måttligt stora block (fig. 48), normalblockighet mera glest utspridda block, så att marken är relativt lättframkomlig med blocken likväl synliga överallt (se fig. 44), blockfattig morän slutligen, att block i markytan är sällsynta."

Enligt de här refererade indelningsgrunderna för moränens blockhalt är uppdelningen i storblockig, rikblockig, normalblockig och blockfattig i praktiken relativt diffus. Subjektiviteten vid kartörens bestämning blir därför redan av detta skäl stor och risk föreligger för olikheter i bedömningsgrunden mellan olika kartblad och t. o. m. inom samma kartblad. Kartkonsumenten får ingen objektiv bild av blockhalten och vad den kan innebära t. ex. för framkomligheten i terrängen. Svårigheterna med dessa karteringsprinciper belyses väl av ett försök under G. Lundqvists ledning att med geologiskt oskolad personal göra en bedömning av moränens blockhalt i Blekinge i samband med riksskogstaxeringen 1945. "Ursprungligen skrevs en instruktion byggd på min indelning av blockfrekvensen: storblockig, rikblockig, normalblockig och blockfattig. Denna indelning befanns emellertid icke nog preciserad för en geologiskt oskolad personal och den måste därför omarbetas med hänsyn därtill. Sålunda ansågs nödvändigt att ange storleksordning och täckningsgrad." (Lundqvist, 1946 b, s. 4.) Lundqvist angav i samband med dessa försök följande gränser för de olika blockklasserna:

	täcknadsgrad	blockstorlek
storblockig	$> \frac{1}{2}$	$> 1 \text{ m}^3$
rikblockig	$> \frac{1}{2}$	0.25–1.0 $\text{m}^3$
normalblockig	$\frac{1}{2} - 1/16$	0.25–1.0 $\text{m}^3$
blockfattig	$< 1/16$	0.25–1.0 $\text{m}^3$

Täcknadsgraden anger blockens sammanlagda del av observationsytan. Det finns anledning att här uppehålla sig något vid denna i sitt slag troligen ensamma undersökning.

Blekinge indelades i kvadrater med 2.5 km sida. Observationer utfördes utmed kvadratens begränsningslinje av olika arbetslag, som kontrollerade varandra. Det visade sig att förrättningsmännen i stor utsträckning angivit storblockighet, där sådan enligt Lundqvist endast sällan förelåg. Den angivna täcknadsgraden för storblockighet visade sig alltså i praktiken dåligt stämma med Lundqvists uppfattning om storblockighet. Att det förelåg skillnader i arbetslagens bedömningar är på intet sätt förvånande, då det fortfarande är frågan om en subjektiv bedömning av blockhalten, även om klassgränserna fixerats.

Med utgångspunkt från markeringarna längs observationslinjerna (= kvadratsidorna) framställdes sedan en kartbild på följande sätt. För den del av linjen, som låg inom morän beräknades hur stor procent som markerats med respektive blockfrekvensklass. Varje klass gavs sedan ett siffervärde: storblockig = 6, rikblockig = 4, normalblockig = 2 och blockfattig = 1. Genom att multiplicera dessa siffror med respektive procenttal och summera produkterna erhöles för varje sida i kvadraten ett siffervärde, som representerade blockhalten längs linjen. Medelvärde för kvadratens sidor gav ett mått på blockfrekvensen inom kvadraten. Med dessa medelvärden som utgångspunkt utfördes sedan en isaritmering. För att nå överensstämmelse med Lundqvists fältiakttagelser vid översiktsturer fastställdes följande klassgränser vid isaritmeringen: ”storblockig 4.5–6, rikblockig 3.0–4.4, normalblockig 1.5–2.9, blockfattig  $< 1.5$ ” (Lundqvist 1946 b, s. 4).

En klar fördel med den i Blekinge prövade karteringsmetoden är, att man preciserat klassgränserna så att även icke geologiskt skolad personal kan utföra karteringen. Den subjektiva bedömningen kvarstår visserligen. Observationsnätets gleshet gör givetvis också att karteringen blir ytterst översiktlig.

Flygbildskartering av blockhalt har utförts i av Vattenfallsstyrelsen utgivna kvartärgeologiska kartor över vissa älvdalar i Norrbottens län. Blockmark (t. ex. blocksänka) ges en särskild markering. Moränen uppdelas i blockrik-storblockig morän och övrig morän samt de tre moränformerna drumlins, Rogenmorän och Veikimorän (Bergström 1961, s. 4). ”Det är sannolikt att

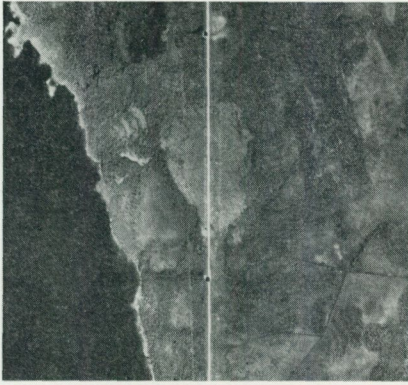
skillnaderna mellan dessa moräntyper icke inskränker sig till de rent morfologiska. Sålunda tycks Rogenmoränen normalt vara rik- och storblockig och ha mycket litet av finfraktioner. Veikimoränen däremot är mera normalblockig och håller åtskilligt finmaterial. . . ”I den mån dylika samband mellan form och kornstorlekssammansättning kan konstateras, innebär det naturligtvis att också flygbildstolkningen kan föras längre än tidigare” (Hoppe 1959, s. 311). En tolkning av moränformerna skulle således kunna ge vissa informationer om blockhalten.

## **NÅGRA ALLMÄNNA SYNPUNKTER PÅ MÖJLIGHETEN ATT IDENTIFIERA BLOCK I FLYGBILDER**

### **Bildskala — objektstorlek — upplösningsförmåga**

Möjligheten att i flygbilder identifiera block är i första hand beroende av blockens storlek, bildskalan och bildmaterialets upplösningsförmåga. Upplösningsförmågan hos objektiv och negativmaterial vid användande av modernt material är 0.01–0.02 mm. Dessa värden skall jämföras med ögats monokulära synskärpa, som möjliggör identifiering av objekt som är ungefär 0.08 mm vid betraktning på avståndet för normalt tydligt seende (ca 25 cm). För att ögat skall kunna tillgodogöra sig den fotografiska bildens detaljrikedom bör betraktning därför ske under viss förstoring, minst 4–6 ggr (Hallert 1964, s. 87). För att en identifiering av de minsta avbildade föremålen skall kunna ske krävs vidare att de är väl avgränsade från omgivningen genom form och gråton. I praktiken torde man – beroende på t.ex. vibrationer i flygplan, rörelseoskärpa och vanskligheter i den fotografiska bearbetningen – kunna räkna med att de minsta identifierbara detaljerna har en diameter av 0.03 mm i bilden. Detta innebär, att man i negativskalan 1:5 000 bör kunna identifiera välavgränsade stenar som är 0.15 meter eller ungefär lika med nedre gränsen för blockfraktionen (0.20 m). I negativskalan 1:10 000 blir motsvarande gräns 0.3 m, i 1:20 000 0.6 och i 1:30 000 0.9 m. I den sistnämnda skalan kan man således endast identifiera ”stora block” enligt våra moderna geologiska kartors terminologi.

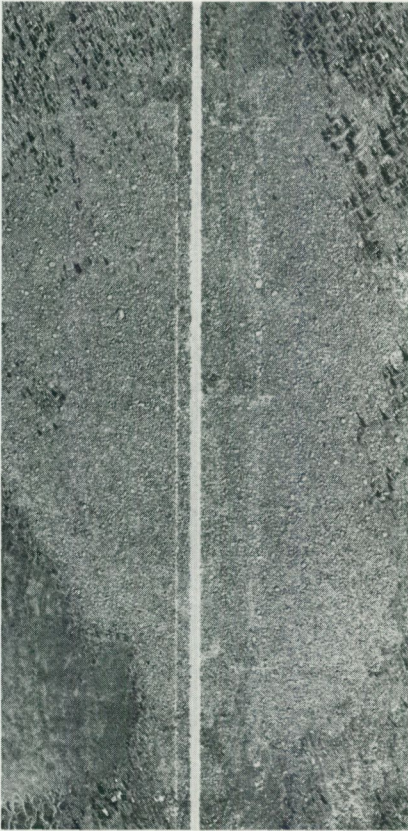
För att illustrera negativskalans betydelse för identifieringsmöjligheten visas i fig. 1 ett blockrikt område – en blocksänka vid Luleluspen, Norrbotten med dominerande blockstorlek 0.5–1 m – fotograferat från tre olika flyghöjder, vilka ger negativskalorna 1:30 000, 1:20 000 och 1:6 000. Dessutom återges en förstoring från 1:20 000 till 1:6 000. När blockhalten – som här – är hög, kan redan i 1:30 000 en viss textur iaktas, vilket kan möjliggöra en riktig tolkning, fast de enstaka blocken i många fall inte ens ses med instrumentförstoringen 4–6 ggr. I det storskaliga bildmaterialet kan dessa däremot identifieras. En förstoring från negativskalan 1:20 000 till 1:6 000 sänker gränsen för minsta identifierbara objekt, då negativets upplösningsförmåga är bättre än fo-



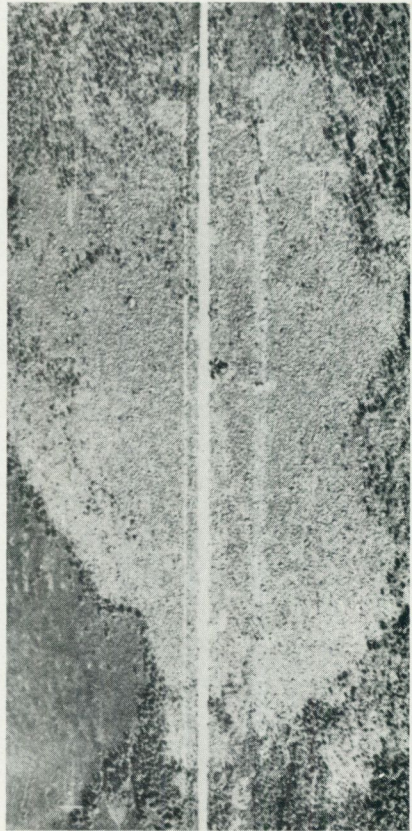
a. 1:30 000



b. 1:20 000



c. 1:6000



d. 1:6000 (förstoring)

Fig. 1. Blocksänka vid Luleluspen, Lapland, fotograferad från tre flyghöjder. Bild a-c är kontaktkopior, bild d är en förstoring från negativskalan 1:20 000. Flygfoto: Rikets allmänna kartverk år 1965.

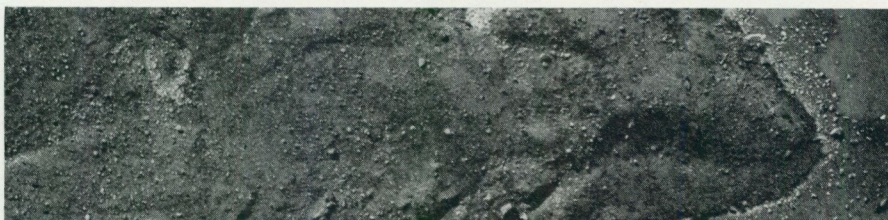
*Boulder depression at Luleluspen, Swedish Lapland, photographed from three altitudes. Photos a-c are contact prints, photo d is an enlargement from the negative scale 1:20 000.*

topapperets. Negativet är därför också överlägset kontaktkopian vid identifiering av små objekt. Jämförelsen mellan kontaktkopian och förstoringen i 1:6 000 visar att det är negativskalan som har den avgörande betydelsen för identifieringsmöjligheten. Det skall i detta sammanhang dock påpekas, att fotograferingen i 1:20 000 utförts med en äldre kamera med sämre prestanda än moderna kameror, med vilka övriga bilder har fotograferats. Vid reproduktionen går givetvis många detaljer i fig. 1 förlorade.

#### Gråton — kontrast — filmslag

Även om ett block med 1 m diameter i och för sig är tillräckligt stort för att kunna avbildas i ett flygbildsnegativ i skalan 1:30 000 kan andra faktorer förhindra möjligheten att identifiera det. Om kontrasten – gråtonskillnaden – mot bakgrunden är för liten framträder inte blocken i svartvit film. Den gråton med vilken ett block återges i negativet är beroende på blockets remissionsegenskaper, den använda film-filterkombinationen och exponeringen. Blockets remission beror på bergarten och den eventuella beklädnaden av lavar, mossor eller annan vegetation. Block av de i vårt land vanligaste bergarterna, främst granit och gnejs, men även många andra, återges på pankromatisk och ortokromatisk film i en ljus gråton, som gör att de framträder om kontrasten i bilden är tillräckligt stor. I infrarödkänslig svartvit film avtecknas block liksom berghällar i positiv bild i en relativt mörk gråton (Wastenson 1966 a, s. 6–7). Då dessutom skuggan i skogsområden på ”infrabilder” blir kompakt svart och ogenomtränglig, följer redan härav, att dessa inte är lämpliga för kartering av blockmark i skogtäckt terräng. Sådan film har därför inte testats i fortsättningen.

Ett negativ förmår inte återge alla nyanser hos ett motiv i skilda gråtoner. Nyanserna i de extremt ljusa och mörka delarna av motivet framträder normalt dåligt. En papperskopia har ett mindre svärtningsomfång – ett mindre antal tonnyanser – än såväl negativ som diapositiv, varför de senare rent allmänt oftast är att föredra ur tolkningssynpunkt. Då ett motiv med ett givet svärtningsomfång i negativet kopieras på respektive hårt, normalt och mjukt papper erhålles olika svärtningsomfång i de tre kopiorna. Vid kopiering på hårt papper ökar svärtningsomfånget och därmed kontrasten. Fig. 2 illustrerar hur fotopapperets hårdhetsgrad inverkar på möjligheten att identifiera block; exemplet är hämtat från ett försöksområde vid Letsitjaure i Sarek. Inom en slumpmässigt utvald provyta räknades antalet identifierade block i enkelbild under lupp i kopiorna med olika hårdhetsgrad. På hårt papper identifierades 215 block, på normalpapper 182 block och på mjukt papper 155 block. Med det här aktuella negativet gav sålunda den hårda kopian bäst tolkningsmöjligheter. Papperets hårdhetsgrad har i det följande inte blivit föremål för ytterligare studier utan tolkningen har genomgående gjorts i kopior på normalpapper.



Mjukt papper



Normalt papper



Hårt papper

Flygfoto: Norrbottens flygflottilj år 1964.

Fig. 2. Ett mycket blockrikt område norr om sjön Letsitjaure, Lappland. Bilderna är kontaktkopior från samma negativ (skala 1:5 700), men kopierade på papper med olika hårdhetsgrad. *An area with a very high frequency of boulders north of Letsitjaure, a lake in Swedish Lapland. The aerial photographs are contact prints from the same negative (scale 1:5 700) but printed on different kinds of paper, counted from the top: soft, medium, and hard paper.*

Ett block, som till delar är nedsänkt i marken och därtill delvis lav- och mossbevuxet, kan vara synnerligen svårt att identifiera i svart-vita flygbilder. Förutsättningen för identifiering är något bättre i färgfilm som bättre återger nyansskillnader mellan block och omgivande vegetation. Färgfilmerna har under senare år väsentligt förbättrats; kornigheten har minskat och känsligheten ökat. Förutom förbättringar av den konventionella färgfilmen har framkommit förbättringar av färgfilmer med känslighet inom den infraröda delen av spektrum, s. k. spektrozonalfilm eller "false color"-film. De nya filmtyperna tillåter fotografering från högre flyghöjd med bibehållen god bildkvalité. Detta har ökat deras konkurrenskraft och det har därför ansetts motiverat att här pröva såväl den konventionella färgfilmen som spektrozonalfilmen.

### Beskuggning — inblickbarhet

I öppen terräng underlättar blockens skugga identifieringen i flygbilden. I skogtäckt terräng kan skuggan vara till nackdel, då den helt kan förhindra insyn mot marken. Om hänsyn till beskuggningen sker vid exponering och kopiering kan skuggans negativa inflytande undvikas. Generellt gäller dock att vid tolkning i skogklädd terräng bilder med liten relativ skugglängd bör väljas.

I den skogbevuxna terrängen avskärmas delar av markytan av träden. Hårt beskuggade områden omöjliggör också insyn mot markytan. Möjligheten till insyn i skogtäckt terräng i flygbilder — inblickbarheten — är av så stor betydelse för tolkningsmöjligheterna av markytans blockhalt att ett särskilt kapitel ägnats åt denna faktor.

### INBLICKBARHET I SKOGSMARK VID FLYGBILDSTOLKNING

Som inblickbar avses i det följande den del av markytan, som syns i flygbilder vid stereobetraktning. Den kan uttryckas i procent av hela ytan. Inblickbarheten är beroende av såväl avskärmningseffekten som beskuggningen.

Med inblickbarhet i enkelbild avses den del av markytan, som är synlig från en observationspunkt (fig. 3a) och med stereoinblickbar yta avses den del av markytan, som är synlig från två observationspunkter — fotograferingspunkterna (fig. 3b). Avståndet mellan dessa punkter, d. v. s. graden av bildövertäckning, inverkar givetvis på stereoinblickbarheten.

I första hand påverkas inblickbarheten av skogens täthet (kronslutenheten) och trädens fördelning inom ytan. Även andra faktorer inverkar, såsom art sammansättning, trädhöjd och fotograferingshöjd. Områdets läge i flygbilden inverkar givetvis också, då flygbilden är en centralprojektion och avskärmningseffekten blir större, ju längre från bildcentrum ett område är beläget. Upplösningsförmågan i objektiv och negativmaterial — tidigare diskuterad — har också betydelse för hur små öppningar i skogtäcket som kan observeras i bilden. I bilder där beskuggning hindrar insyn mot marken är givetvis fotograferingstidpunkten och den därav beroende relativa skugglängden av betydelse.

Då det är uppenbart att inblickbarheten har avgörande betydelse för möjligheten att kartera markytans blockhalt, har denna faktor ägnats relativt ingående studier. Den primära målsättningen för dessa studier har varit att undersöka möjligheten att i flygbilder bestämma inblickbarheten — ett villkor för ett korrektionsförfarande vid blockfrekvenskartering.

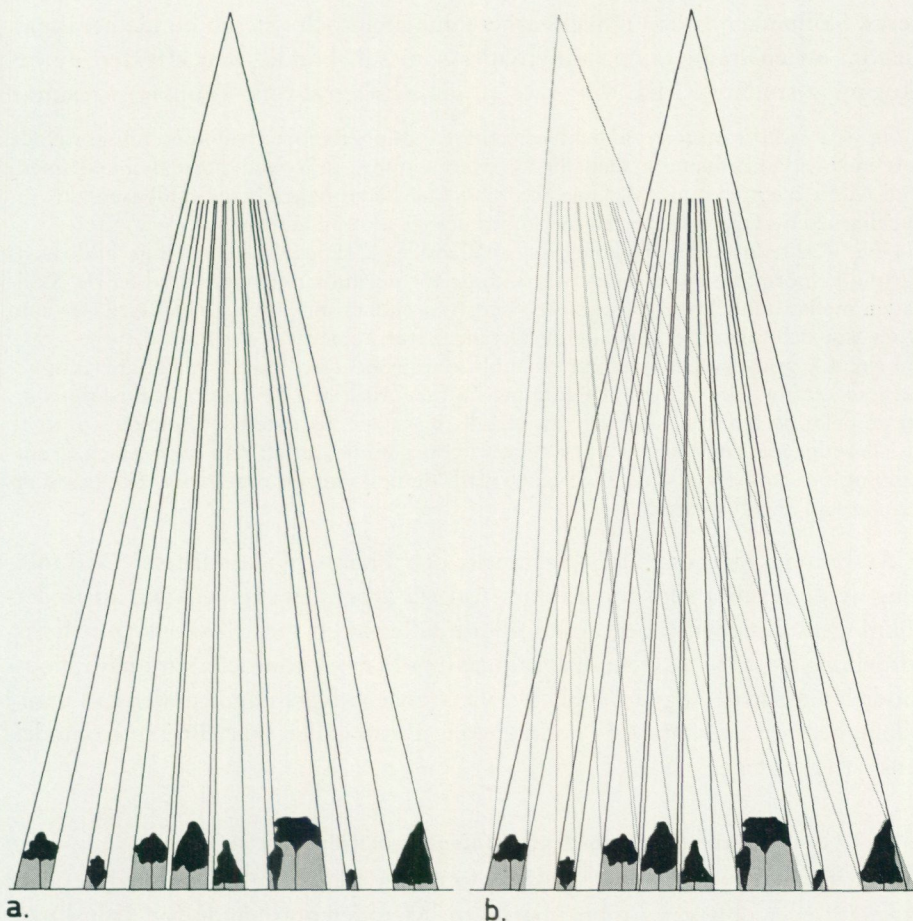


Fig. 3. a. Inblickbarhet i enkelbild. b. Inblickbarhet i stereo. De avskärmade delarna av markytan markeras med gråton.

*a. Ground visibility in a single photo. b. Ground visibility in stereo. Not visible areas are marked with a grey tone.*

#### **Inblickbarhet i skog vid flygfotografering — referat av ett modellförsök**

I modellförsök har Kvarnbrink och Thunberg (1952) studerat hur inblickbarheten varierar inom ett skogsområde. Därvid arbetade man med en modell i skalan 1:200 av en granskog i Västerbotten. Modellträden (577 st av 6 olika storlekar) placerades systematiskt och likformigt på en plexiglasskiva. Lampor placerades skalenligt i punkter motsvarande kamerans lägen vid fotografering av ett stereobildpar. Under modellskogens plexiglasskiva placerades fotopapper och när lamporna tändes, exponerades belysta delar av modellskogens markyta (fotopapperet). Genom ytmätning av de exponerade delarna kunde inblickbarheten beräknas. Genom att modellskogen förflyttades, kunde inblickbarhetens beroende av provytans läge i förhållande till bildcentrum stu-

deras. Skillnaden mellan inblickbarhet i enkelbild och i stereo kunde beräknas. Genom att en tredje lampa utnyttjades som sol, kunde även effekten av beskuggning studeras. I fig. 4 återges en del av Kvarnbrink-Thunbergs resultat.

Fig. 4 a redovisar stereoinblickbarhetens variationer inom flygbilder fotograferade dels med vidvinkelkamera med 80 % övertäckning, dels med normalvinkelkamera med 65 % övertäckning. Maxima för inblickbarheten ligger längs bildbasen och inblickbarheten avtager sedan relativt kontinuerligt mot bildkanten.

I fig. 4 b redovisas inblickbarhetsförhållandena i skogsmodellen längs bildbasens mittpunktsnormal med en längsövertäckning för normalvinkelbilder med 65 %. Skillnaden mellan inblickbarheten i stereo och från endera av exponeringsorterna är som synes stor och relativt oberoende av avståndet från bildbasen.

I fig. 4 c visas skuggans effekt på inblickbarheten. Den stereoinblickbara ytan reduceras kraftigt, när skugga förekommer. Kvarnbrink och Thunberg förutsätter här, att de delar av marken, som är beskuggade, ej kan synas i stereo. Möjligheten att se in i beskuggade områden är dock relativt god i bildmaterial, där exponering, framkallning och kopiering skett med hänsyn till de beskuggade områdena. Skuggans intensitet kan därtill variera.

Avslutningsvis framhåller Kvarnbrink och Thunberg i sitt arbete: "Vid tolkning av de resultat som framkommit i detta arbete, måste beaktas, att undersökningens giltighet är begränsad till att gälla för en speciell skogstyp och viss fördelning av träden." Genom avsaknad av större luckor mellan träden i skogsmodellen torde de angivna inblickbarhetsvärdena ligga något under vad man i allmänhet har att vänta sig i verkligheten. Detta gäller speciellt i stereomodellens ytterkanter.

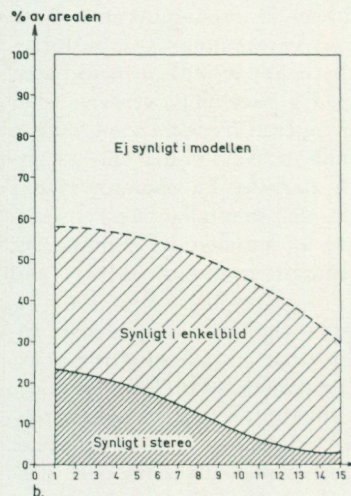
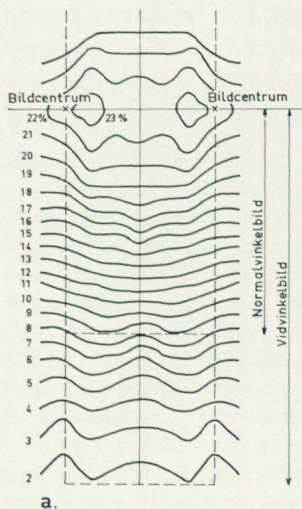
#### **Tidigare försök med kronslutenhetsmätningar i flygbilder**

För kartering av markytans blockhalt krävs en relativt enkel och snabb metod att mäta eller uppskatta inblickbarheten. Metoder utarbetade för kronslutenhetsbestämningar torde vara användbara och därför presenteras i detta avsnitt ett referat av försök att i flygbilder bestämma kronslutenheten i skogsmark.

Kronslutenheten definieras som krontaketets areal i procent av hela ytans areal. Kronslutenheten för ett område kan mätas i flygbilder, genom att man lägger ut ett antal punkter över området och under stereoskop bestämmer hur många av dessa, som faller på trädkronor och sätter dem i relation till det totala antalet punkter över området. Det kronslutenhetsmått man på detta sätt erhåller är behäftat med vissa fel, då man i själva verket registrerar centralprojktionen av krontaket i stället för ortogonalprojktionen. Den ovan beskrivna metodiken användes internationellt för noggranna kronslutenhetsmätningar (Spurr 1952, s. 26, 1960, s. 468). Metoden kräver en viss träning och är relativt tidskrävande, varför den mest användes för kontroller av noggrannheten i enklare bestämningsmetoder, såsom okuläruppskattning i flygbilder under stereoskop med eller utan användande av s. k. täthetsskala. Denna kan

a. Isolinjer utvisande stereoinblickbarheten i en modellskog med konstant kronslutenhet i olika delar av stereomodellen.

*Iso lines showing the ground visibility in stereo vision of a model forest with constant crown density in different parts of the stereo model.*



b. Inblickbarheten i skogsmodellen i enkelbild och i stereo. Siffrorna vid x-axeln anger punkter längs bildbasens mittpunktsnormal; siffran 1 vid bildbasen och 15 vid bildkanten.

*The ground visibility in the forest model in a single print and in a stereo model. The figures at the x-axis mark points on the mean point normal of the photo-base; figure 1 at the photo-base and 15 at the margin of the photo.*

c. Stereoinblickbarheten längs bildbasens mittpunktsnormal. Den övre kurvan anger resultatet då skugga ej förekommer i bilderna och den undre då relativa skugglängden är 1.0 under antagandet att beskuggade marktytor ej kan ses i flygbilder.

*The ground visibility in stereo along the mean point normal of the photo-base. The upper curve shows the result without any shadow and the lower one when relative length of shadow is 1.0 and under the assumption that shadowed areas are not visible in aerial photographs.*

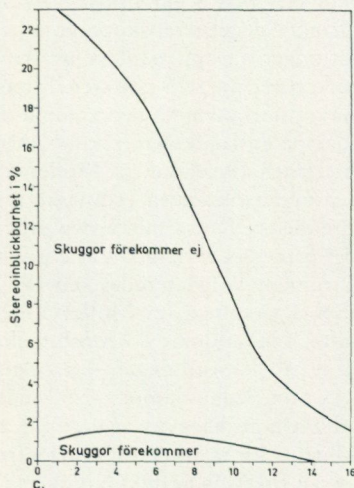


Fig. 4. Resultat av en modellundersökning av inblickbarhetens variationer i vidvinkelbilder med 80 % övertäckning och normalvinkelbilder med 65 % övertäckning (efter Kvarnbrink o. Thunberg).

*Results of a model study of the variations of the ground visibility in aerial photographs from a wide angle camera with 80 % overlap and photographs from a normal angle camera with 65 % overlap (according to Kvarnbrink and Thunberg).*

bestå av utskurna rutor från flygbilder över skogsmark med känd slutenhet eller av svärtade ruttmönster med olika täthet (Moessner 1949, s. 569).

För att ge ett mått på noggrannheten vid kronslutenhetsmätningar i flygbilder har olika försök gjorts, varav några skall refereras.

En amerikansk undersökning, omfattande 93 provytor med en kronslutenhet varierande mellan 10 och 100 % och med flertalet omkring 50 %, gav följande resultat. Tre olika operatörer mätte vardera två gånger, dels med punktgitte, dels med täthetsskala. Mätningarna utfördes på provytor belägna nära bildcentrum. Standardfelet för en tolkare mellan två mätningar var 9.5 % för punktgittemetoden och 10.4 % för metoden med täthetsskala. Skillnaden mellan de två felen är inte signifikanta. Standardfelet kan enligt denna undersökning för en enstaka bestämning av kronslutenheten sägas ligga på cirka 10 % för en viss operatör beroende av vilken metod som användes. Olika operatörer har en tendens att antingen konsekvent överdriva eller underskatta kronslutenheten. Skillnaden mellan olika operatörer och även mellan olika mätningar av samme operatör beror främst på alla de tveksamma fall, då gittepunkter faller på begränsningslinjen mellan träd och markyta. En operatör räknar punkten som fallande på marken, medan en annan räknar den som fallande på en träd-krona. Man anser det vara möjligt, att genom förfining av mätmetoden komma ner till ett fel under fem procent vid användning av punktgittemetoden (Meyer and Worley 1955, s. 374–375).

Noggrannheten i bildmätta kronslutenhetsvärden behandlas även i en svensk undersökning av Axelsson o. Möller (1962). Kronslutenheten har bestämts för 109 provytor inom två försöksområden vid Skinnskatteberg i Västmanlands län. Den har mätts dels i enkelbild med Leitz mätmikroskop och dels med punktgitte under spegelstereoskop. Här skall endast resultatet av punktgittemetoden refereras, då bästa resultatet erhöles med denna metod. "Vid mätning med spegelstereoskop användes dels glasdiapositiv och 8 ggr optisk förstoring och dels pappersbilder och 3 ggr optisk förstoring. Spegelstereoskopmätningen på diapositiv har utförts av två operatörer och mätningen i pappersbilder av tre operatörer. Mätningen har skett med hjälp av ett punktgitte med 25 punkter. Eftersom storleken på provytorerna varierar har tre olika punktgitte använts med samma antal punkter. Vid mätningen har varje punkt, som faller på en träd-krona räknats. För varje punkt har denna räkning utförts i tre olika gitte-lägen (Axelsson o. Möller 1962, s. 420). För samtliga provytor i Skinnskattebergsundersökningen redovisar Axelsson o. Möller även fältmätta värden på kronslutenheten. Dessa fältvärden erhöles genom att ett punkt nät utlades över provytorerna i 5 × 5 meters förband. Varje punkt i nätet uppsöktes och med ett specialkonstruerat instrument konstaterades om det på lodlinjen över punkten fanns krontak eller fri himmel (Axelsson o. Möller 1962, s. 399). En jämförelse mellan på detta sätt fältmätta och bildmätta kronslutenhetsvärden visar, att vid bildmätningen varierande fel av storleksordningen 6 procentenheter har erhållits (Axelsson o. Möller 1962, s. 421). Som redan nämnts är fältmätta och bildmätta kronslutenhetsvärden ej fullt jämförbara utan hänsynstagande till avskärmningseffekten beroende på provytorernas läge i bilden i förhållande till bildcentrum. En subjektiv uppskattning och korrigerig med hänsyn till denna effekt har skett i samband med bildbestämningen. Denna subjektiva korrigerig torde vara orsaken till en stor del av det förekommande felet av storleksordningen 6 % vid bildbestämningen. Skillnaden i mätresultatet mellan olika skalor och olika personer är relativt små och icke signifikanta (Axelsson o. Möller 1962, s. 421).

### Bestämning av inblickbarhet i flygbilder

Vad som ovan refererats angående kronslutenhetsbestämningar i flygbilder torde i princip gälla även vid bestämning av inblickbarhet med motsvarande metoder. Det har dock syntts angeläget att fastställa precisionen i de inblickbarhetsbestämningar, som senare kommer att användas för korrekationer av antalet i flygbilder identifierade block vid framräkning av den verkliga blockhalten i ett område. Den vid kronslutenhetsbestämningarna använda metodiken har därvid förfinats. Den i Axelsson-Möllers undersökning införda subjektiva korrektionen för avskärmningseffekten är inte aktuell vid inblickbarhetsbestämningar, då det är inblickbarheten i provytans aktuella läge i bilden som skall bestämmas. Detta torde innebära, att det systematiska felet reduceras vid inblickbarhetsbestämningarna.

### FÖRSÖKSOMRÅDE OCH BILDMATERIAL

För att en undersökning av inblickbarhetsbestämningar i flygbilder över skogtäckt mark skall bli meningsfull, erfordras ett relativt stort antal provytor av terräng med varierande skogtäckningsgrad och skogstyp. Den här framlagda undersökningen har bedrivits inom tre försöksområden.

Område I och II ligger i närheten av Skinnskatteberg i Västmanlands län. Dessa försöksområden är identiska med de tidigare av Axelsson och Möller utnyttjade skogliga försöksområdena. Deras läge framgår av bilaga 2 a i Axelsson och Möller 1962, s. 437. Genom tillmötesgående från Nämnden för skoglig flygbildsteknik har fältdata från dessa studier ställts till förfogande. De två försöksområdena uppvisar i fråga om topografi, geologi och skogens sammansättning vissa variationer, som gör dem lämpliga för de aktuella inblickbarhetsstudierna. Studierna har bedrivits inom samma provytor som tidigare använts för de skogliga metodundersökningarna. Vid valet av provytor hade man följande målsättning: "Provytorna borde representera skog med normala variationer i fråga om bonitet, ålder, virkesförråd m.m. Provytorna borde vidare förläggas till enhetliga delar av bestånden för att undvika variationer inom en provyta." Ytan varierar från 30×30 m till 70×70 m bl. a. beroende på stamantalet. (Axelsson o. Möller 1962, s. 391–392.)

*Område I (Främshyttan)* omfattar 49 provytor, vilkas läge framgår av bil. 2 b och c i Axelsson o. Möller 1962. Försöksområdet är kuperat och jordarten är sandig-moig svallad morän. Skogen utgöres av blandskog, som domineras av gran.

*Område II (Riddarhyttan)* omfattar 60 provytor (Axelsson o. Möller 1962, bil. 2 d och e). Topografin är flack och jordarten utgöres av isälvsmaterial med kornstorleken grus. Skogen består av en tallskog med inslag av gran och enstaka lövträd.

*Område III (Rimbo)* (fig. 10 och 11, s. 28) omfattar 200 provytor av storleken 35×35 m. Området är flackt och jordarten är huvudsakligen morän. Skogen består till större delen av blandskog, men rena tallbestånd förekommer också.

Rimboområdet har i första hand valts med tanke på blockundersökningen. Variationer i skogtäcknad inom provytorna förekommer, då ytorna ligger i anslutning till varandra och försök ej gjorts att välja ytor med homogen skogtäcknad. Inom detta område finns inte några skogliga fältdata att tillgå och det har bedömts vara alltför tidsödande att insamla ett sådant fältmaterial. Rimboområdet har därför endast utnyttjats i försöken att bestämma inblickbarheten från flygbilder, medan försöksområde I och II även utnyttjats för studier av hur olika faktorer påverkar inblickbarheten (Wastenson 1966 b).

I bilaga 1 A redovisas data om det bildmaterial, som utnyttjats i inblickbarhetsundersökningarna inom de tre försöksområdena.

#### METODIK

För bestämning av inblickbarheten i skogsmark vid flygbildstolkning har två olika metoder använts. Den ena innebär bestämning med hjälp av punkt-gitter, medan den andra är en mera subjektiv bedömning av inblickbarheten med stöd av täthetsskala. Precisionen i de två metoderna har undersökts. I anslutning till dessa försök har genom studier direkt i flygbilder några av de faktorer, som påverkar inblickbarheten i skogsmark närmare undersökts.

Bestämning av inblickbarhet med hjälp av punkt-gitter har utförts inom samtliga provytor inom de tre försöksområdena och i allt det bildmaterial, som redovisats i bilaga 1 A.

Vid gitterbestämningen har ett transparent gitter med en punkttäthet av 100 punkter på en yta av  $50 \times 50$  mm använts. Punkterna är symmetriskt fördelade över ytan och deras diameter är 0.08 mm. I de få fall provytornas utsträckning varit större än 50 mm i bilden – det gäller endast 7 provytor – har en polett med glesare punktnät (100 punkter på en yta av  $80 \times 80$  mm) använts. Mätningarna har skett i papperskopior samt i stereoskop av typ Jungner Sterant med 4 gångers förstoring. Vid mätningen har registrerats antalet punkter, som träffar markytan. Värdena har sedan ställts i relation till totala antalet punkter inom provytan.

$$\text{Inblickbarheten} = \frac{\text{antalet punkter mot markytan} \times 100}{\text{totala antalet punkter i provytan}} \%$$

För varje provyta har registrering skett tre gånger med viss förskjutning av gittret mellan varje registrering. Beskuggade områden har registrerats som inblickbara endast då markytan kan iaktas genom skuggan. För att så noggrant bildmätta värden som möjligt skall erhållas har en viss förfining av den i tidigare, refererade undersökningar använda metoden för kronslutenhetsbestämning skett. Dels är antalet undersökta punkter större – vanligen 60–100 st mot 25 i Axelsson o. Möllers undersökningar – och dels har vid bedömningen av s.k. gränsvärden punkterna konsekvent förts åt det håll, där mer än 50 % av

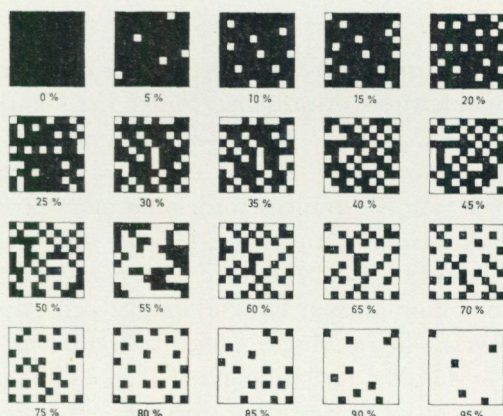


Fig. 5. Täthetsskala.  
Density scale.

punktytan varit belägen. Den senare noggrannheten gäller framför allt försöksområde I och II. Denna noggrannhet har gjort mätningarna tidsödande, men är önskvärd i en metodstudie av detta slag.

Vid den mera subjektiva metoden med täthetsskala har en skala av den typ som visas i fig. 5 med 20 täthetsklasser använts. De svärtade partierna har utvalts helt slumpmässigt. Skalan läggs intill provytan på flygbilden och bestämningen sker under stereoskop. Bestämning med täthetsskala har endast utförts inom försöksområde II (Riddarhyttan).

I undersökningen av inblickbarhetens beroende av provytans läge i bilden användes följande metod för lägebestämning. Bildbasen, d. v. s. sammanbindningslinjen mellan bildcentrum i en bild och ett från grannbilden i stråket överfört bildcentrum, har markerats i den bild där provytorna inlagts. Bildbasens mittpunkt har därefter tagits som centralpunkt för koncentriska cirklar med 1 cm mellanrum. Provyrtornas läge fastställes sedan med en centimeters noggrannhet (fig. 6).

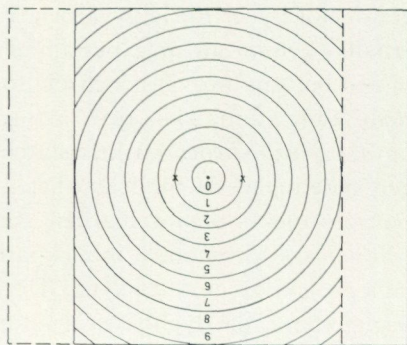


Fig. 6. Mall för lägesbestämning av provytorna i stereomodellen. Kryssen markerar bildcentra och siffrorna anger avståndet från bildbasens mittpunkt i cm.

Template for classification of the position of the test areas in the stereo model. The crosses mark the principal points and the figures the distance from the middle of the photo-base in cm.

## FELKÄLLOR VID PUNKTGITTERBESTÄMNING AV INBLICKBARHETEN

Felkällorna vid bestämningen av inblickbarheten ligger huvudsakligen i själva punktgittrats utformning. Punkterna i gittret är systematiskt ordnade, vilket kan vara en orsak till att fel i bestämningen kan uppstå. De punkter, i vilka registreringen sker, är med andra ord inbördes inte slumpmässigt utlagda inom provytan. Då trädens fördelning inom provytan i allmänhet torde kunna betraktas som slumpmässig, kan det dock vara försvarbart att använda ett systematiskt gitter. Planterad systematiskt ordnad skog förekommer inte inom försöksområdena. Punktavståndet och gitterpunkternas storlek kan möjligen inverka så att mindre inblickbara ytor inte registreras. För att motverka detta har de olika registreringarna skett i olika gitterlägen. Antalet punkter i varje registrering är dessutom stort. Om ett systematiskt fel beroende på gittrets utformning föreligger, torde det sålunda vara av mycket begränsad storlek.

Den inblickbarhet, som registreras, omfattar huvudsakligen den stereoinblickbara ytan. Med den använda punktgittermetodiken med gittret applicerat på bästa enkelbild är det dock sannolikt, att en registrering av ytor, som enbart är inblickbara i enkelbild, till en del äger rum. Inblickbarhetsbestämningen kan sägas omfatta vad man ser av markytan vid studium av flygbilder i stereoskop. För erhållande av korrektionsfaktorn vid blockhaltskartering är en registrering av detta slag tillfyllest, då blocken ibland kan identifieras även i enkelbild.

Operatörens förtrogenhet med metoden är en förutsättning för såväl noggrannhet som precision i bestämningarna.

NOGGRANNHET OCH PRECISION VID BESTÄMNING AV  
INBLICKBARHET I FLYGBILDER

Då de vid flygfotograferingen faktiskt rådande inblickbarhetsförhållandena från exponeringsorterna mot den skogbevuxna markytan inte är kända, är det inte möjligt att exakt ange noggrannheten i inblickbarhetsbestämningen i flygbilderna. Däremot kan precisionen i de två använda bestämningsmetoderna fastställas genom upprepade bestämningar i samma provytor. Systematiska fel kan emellertid förekomma; den använda registreringsmetoden kan konsekvent ge för höga eller för låga värden. Ett närmevärde på noggrannheten kan dock erhållas genom att man bestämmer inblickbarheten i flygbilder för centralt i bilden belägna provytor och jämför dem med kända fältmätta värden på vad man skulle kunna kalla den "ortogonala inblickbarheten". Denna erhålles lätt, om fältmätta värden på kronslutenheten föreligger. Smärre avvikelser föreligger visserligen, då inblickbarheten i flygbilder bestäms av trädskronornas centralprojektion mot marken med projektionscentrum i flygkamerans lins och den s. k. ortogonala inblickbarheten bestäms av trädskronornas ortogonala projektion mot markytan. Dessa avvikelser torde dock vara i det närmaste negligerbara, då flyghöjden är stor i förhållande till trädhöjden. Allvarligare

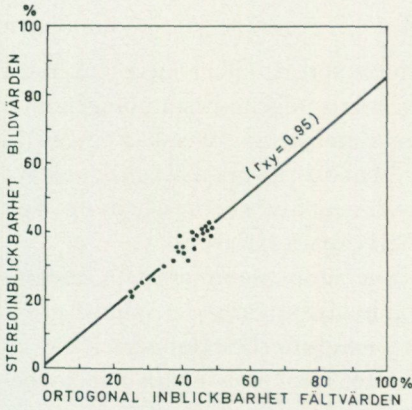


Fig. 7. Sambandet mellan fältbestämd "ortogonal inblickbarhet" och bildbestämd stereo-inblickbarhet med gittermetoden för 24 centralt i flygbilderna belägna provytor.

*The connection between "orthogonal ground visibility" (X-axis) measured in the field and ground visibility in stereo (Y-axis) measured in aerial photographs with the dot grid method in 24 test areas in a central position of the aerial photographs.*

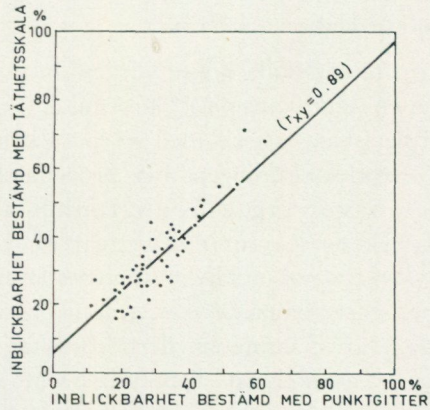


Fig. 8. Jämförelse av inblickbarhetsbestämning i bildskalan 1:10000 med punkt-gitter- och täthetsskalemeter i 53 provytor inom Riddarhytteområdet.

*A comparison of the determination of ground visibility in the air photo scale 1:10 000 with the dot grid method (X-axis) and the density scale method (Y-axis) in 53 test areas within the Riddarhyttan region.*

är de systematiska skillnader, som föreligger mellan fältmätta ortogonala inblickbarhetsvärden och bildmätta inblickbarhetsvärden beroende på beskuggningen. Där skuggan är ogenomtränglig, betraktas inblickbarheten som noll i flygbilden. Bildvärdena bör därför ge lägre inblickbarhetsvärden än fältvärdena.

*Noggrannheten* i inblickbarhetsbestämningen i flygbild med hjälp av punkt-gitter kan därför endast belysas med de risker för fel, som har angivits. En jämförelse har likväl ansetts meningsfull och ges i fig. 7, som redovisar sambandet mellan bildbestämd inblickbarhet och den "ortogonala inblickbarheten" för 24 centralt belägna provytor i försöksområdena vid Riddarhyttan och Främshyttan. De bildmätta värdena är medelvärden av tre bestämningar. Provytorna ligger inom 3 cm från bildbasens mittpunkt. Korrelationskoefficienten  $r_{xy}$  och linjens läge visar på utomordentligt högt samband mellan de två slagen av bestämningar. De bildmätta värdena ligger i denna jämförelse systematiskt under den "ortogonala inblickbarheten", vilket förefaller naturligt med hänsyn till beskuggningens inverkan. Det förefaller befogat att dra slutsatsen att gittermetoden har en hög grad av noggrannhet.

I fig. 8 redovisas resultat av en jämförelse mellan inblickbarhetsbestämning med punkt-gitter och med stöd av täthetsskala. Den har utförts på ett bildmaterial i skalan 1:10 000 inom försöksområde II (Riddarhyttan). Bestämningen med täthetsskala genomfördes före punkt-gitterbestämningen. Sambandet mellan de två bestämningsskalorna är, som regressionsanalysen visar, linjär med

en korrelationskoefficient ( $r_{xy}$ ) på 0.89. I 37 av 53 provytor gav bestämningen med täthetsskala högre värden än punktgittermetoden, vilket med teckentest ger en signifikans på 1 %-nivån, d. v. s. att överskattningen i bestämningen med täthetsskala fastslås med 99 % säkerhet. Den systematiska överskattningen är av storleksordningen 3–5 procentenheter. Metoden med täthetsskala ger något lägre noggrannhet än gittermetoden, men torde för flertalet karteringsuppgifter vara tillfredsställande.

*Precisionen* i inblickbarhetsbestämningen kan mätas genom att man bestämmer storleken på avvikelserna mellan upprepade mätningar inom samma provyta. Därvid måste emellertid beaktas att för punktgittermetoden är en del av avvikelserna beroende på att punktgitret förskjutes något mellan bestämningarna. Tre bestämningar har utförts för varje provyta och aritmetiska medelvärdet har beräknats. För angivande av mätfelets storlek har spridningsmåttet standardavvikelse och varians (= kvadraten på standardavvikelsen) beräknats för varje provyta.

I tabell 1 anges högsta och lägsta värde på standardavvikelsen ( $s$ ) samt variationsvidden i de tre bestämningarna för respektive försöksområde och bildmaterial.

**Tab. 1. Precisionen i inblickbarhetsbestämningar från flygbilder**

*The precision in measuring of ground visibility in aerial photographs*

Försöksområde <i>Test region</i>	Antal provytor <i>Number of test areas</i>	Bildskala <i>Photo scale</i>	Metod <i>Method</i>	Standardavvikelse <i>Standard deviation</i>		Variationsvidd <i>Variability</i>
				$s_{\max}$	$s_{\min}$	
I. Främshyttan	89	1:10 000	Punktgitter <i>Dot grid</i>	3.10	0.00	3.10
I. Främshyttan	11	1:10 000F	Punktgitter	2.45	0.58	1.87
II. Riddarhyttan	55	1:10 000	Punktgitter	3.98	0.58	3.40
II. Riddarhyttan	59	1:10 000	Täthetsskala <i>Density scale</i>	7.50	0.00	7.50
III. Rimbo	200	1:7 000	Punktgitter	5.03	0.00	5.03
III. Rimbo	200	1:9 000	Punktgitter	8.44	0.00	8.44
III. Rimbo	200	1:10 000F	Punktgitter	7.60	0.00	7.60

F = förstoring från negativskalan 1:30 000.

*enlargement from the negative scale 1:30 000.*

För att ge ett begrepp om, huruvida skillnader i precisionen beror på skilda mätmetoder, mätningar i olika bildmaterial eller slutligen ordningsföljden av mätningarna, har en detaljgranskning av värdena utförts. Medelvärdet för variansen har beräknats för samtliga bestämningar. Måttet varians har valts, då det är medelvärdesriktigt till skillnad från standardavvikelsen. En klassindel-

**Tab. 2. Precisionen i inblickbarhetsbestämningen med olika metoder i olika bildmaterial med hänsyn till inblickbarhetens storlek och operatörens erfarenhet**

*The precision in measuring ground visibility with different methods in aerial photographs of different scales with regard to the degree of ground visibility and the operator's experience.*

Ordningsföljd <i>In sequence</i>	1		2		3		4		5		6		7	
Försöksområde <i>Test region</i>	Rimbo		Rimbo		Rimbo		Främshyttan		Främshyttan		Riddarhyttan		Riddarhyttan	
Bildskala <i>Photo scale</i>	1:9 000		1:10 000 F		1:7 000		1:10 000		1:10 000 F		1:10 000		1:10 000	
Metod <i>Method</i>	Punktgitter <i>Dot grid</i>		Punktgitter <i>Dot grid</i>		Punktgitter <i>Dot grid</i>		Punktgitter <i>Dot grid</i>		Punktgitter <i>Dot grid</i>		Punktgitter <i>Dot grid</i>		Täthetskala <i>Density scale</i>	
Inblickbarhet <i>Ground visibility</i>	Antal ytor <i>Numb. of areas</i>	Medelvarians <i>Mean of variance</i>	Antal ytor <i>Numb. of areas</i>	Medelvarians <i>Mean of variance</i>	Antal ytor <i>Numb. of areas</i>	Medelvarians <i>Mean of variance</i>	Antal ytor <i>Numb. of areas</i>	Medelvarians <i>Mean of variance</i>	Antal ytor <i>Numb. of areas</i>	Medelvarians <i>Mean of variance</i>	Antal ytor <i>Numb. of areas</i>	Medelvarians <i>Mean of variance</i>	Antal ytor <i>Numb. of areas</i>	Medelvarians <i>Mean of variance</i>
0.0–9.9 %	–	–	–	–	–	–	5	0.950	–	–	–	–	–	–
10.0–19.9 %	2	3.550	–	–	–	–	14	2.397	–	–	7	2.089	7	10.810
20.0–29.9 %	21	10.149	18	4.947	24	5.652	30	2.593	1	0.750	22	2.971	18	17.557
30.0–39.9 %	53	10.376	59	8.443	59	7.357	31	2.150	4	2.078	16	3.668	15	12.378
40.0–49.9 %	39	13.759	58	8.344	52	6.460	7	1.910	5	4.081	7	4.339	12	18.168
50.0–59.9 %	39	12.840	38	9.640	30	10.860	2	1.360	–	–	2	2.930	4	19.750
60.0–69.9 %	14	17.367	8	7.256	16	6.341	–	–	1	5.065	1	5.766	1	12.335
70.0–79.9 %	13	4.347	13	11.528	12	6.808	–	–	–	–	–	–	1	19.000
80.0–89.9 %	9	2.883	2	13.790	6	3.703	–	–	–	–	–	–	1	8.335
90.0–99.9 %	6	1.703	4	1.970	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
100 %	4	0.000	–	–	1	0.000	–	–	–	–	–	–	–	–
	200	10.717	200	8.404	200	7.184	89	2.223	11	3.139	55	3.285	59	15.492
Standardavvik. <i>Standard deviation</i>	s = 3.27		s = 2.90		s = 2.68		s = 1.49		s = 1.77		s = 1.81		s = 3.94	

F = förstoring från negativskalan 1:30 000.  
*enlargement from the negative scale 1:30 000.*

ning av inblickbarhetsvärdena har skett, då man kan misstänka, att precisionen i bestämningarna varierar med skogens täthet. Resultatet av denna granskning redovisas i tabell 2, där bestämningarna upptas i den ordningsföljd i vilken de utförts.

Ur variansvärdena kan utläsas en svag tendens till större precision i bestämningen av mycket höga och mycket låga inblickbarhetsvärden. Variansens medelvärden är låga, vilket visar, att precisionen i bestämningarna är hög. Värdena i tabellen visar, att för punktgittermetoden möjliggen en inläringseffekt föreligger, då variansen är störst i det bildmaterial, som först bearbetats och sedan avtar för att bli relativt konstant i bestämning 4-6. Skillnaden i mättelets storlek vid punktgitte- resp. täthetsskalebestämning är anmärkningsvärt liten. Någon större skillnad i precision beroende på bildmaterialets negativskala kan vidare inte påvisas. Nederst i tabellen redovisas de standardavvikelsevärden, som medelvärdet av variansen för samtliga provtytor i ett bildmaterial ger. Ur tabellen framgår också frekvensen av de olika inblickbarhetsvärdena. Allmänt kan sägas, att precisionen i bestämningarna efter en viss inläringstid är anmärkningsvärt god för båda metoderna. Täthetsskalebestämningen är betydligt snabbare och rekommenderas därför för praktiska karteringsuppgifter.

#### INBLICKBARHETENS BEROENDE AV OMRÅDETS LÄGE I STEREOMODELLEN

Punktgittermetoden möjliggör registrering av små skillnader i inblickbarhet, vilket har utnyttjats för studier av hur olika faktorer påverkar inblickbarheten i skogsmark. I detta sammanhang skall endast en av de studerade faktorerna behandlas, nämligen betydelsen av läget i bilden.

Genom att man med punktgittermetoden registrerar inblickbarheten för en provyta i så många olika lägen som bildmaterialet tillåter, kan inblickbarhetens beroende av läget i stereomodellen renodlas. Det blir då samma skogsavsnitt som studeras och faktorer som kronslutenhet, trädens fördelning inom provytan, beståndshöjd och artsammansättning är konstanta. Av tidsskäl har dessa studier endast utförts i ett fåtal provtytor inom försöksområde I (Främshytan). Två flygbildsstråk (Ueq 59 32 och 32 b) har utnyttjats. De har fotograferats från flyghöjden 1500 m och med 80 % längsövertäckning. Den stora övertäckningen möjliggör studium av provytan i många olika lägen i modellen. Läget har som nämnts på s. 21 bestämts genom mätning av det radiella avståndet från bildbasens mittpunkt i stereoparet.

I fig. 9 återges markbilder från tre provtytor med varierande kronslutenhet. I diagramform redovisas hur inblickbarheten varierar beroende på läget i stereomodellen. Medelbeståndshöjden i de tre provtytorerna är likartad (14.5-16.0 m) och provtytorerna är även i övrigt likartade med undantag för kronsluten-

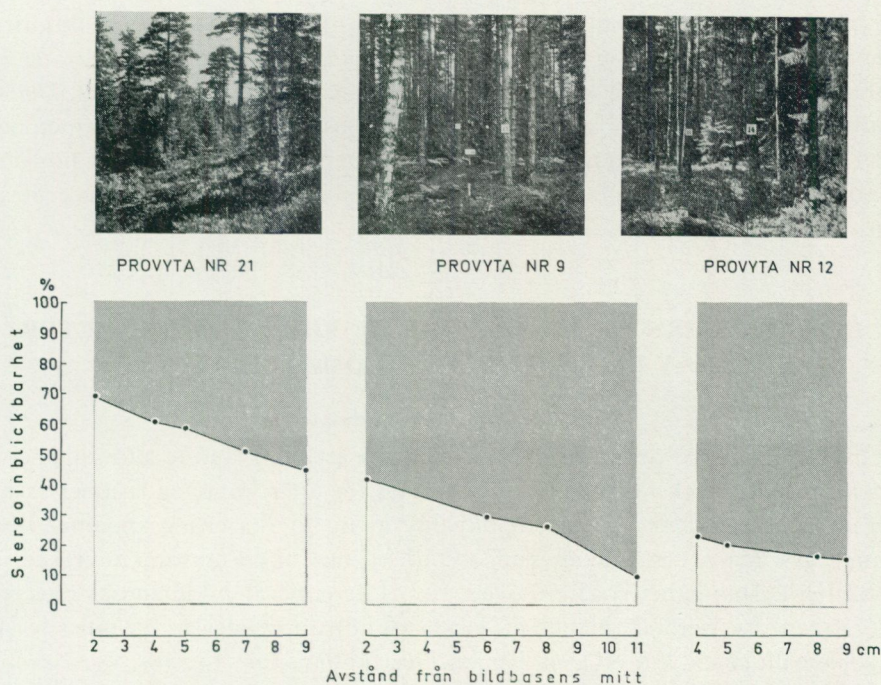


Fig. 9. Sambandet mellan stereoinblickbarhet i bildskalan 1:10 000 och provytans läge i stereomodellen. Inom tre provytor i Främshyttan-området har inblickbarheten bestämts i 4–5 olika lägen. Ej inblickbar andel av provytorna har markerats med gråton. Kronslutenheten för respektive provyta är 21 %, 58 % och 73 % och medelbeståndshöjden är 15.5 m, 14.5 m och 16.0 m.

*The ground visibility is strongly dependent on the position of the test area in the stereo model. In three test areas in the Främshyttan region the ground visibility has been determined in 4–5 different positions. Not visible area is marked with a grey tone. The crown density of the three test areas are 21 %, 51 %, and 73 % respectively and the mean stand height are 15.5 m, 14.5 m, and 16.0 m.*

heten. De i fig. 9 redovisade provytorna förekom i 4–5 olika lägen i det befintliga flygbildsmaterialet. Varje diagram åskådliggör inblickbarhetens avtagande, när provytorna "flyttas" mot bildkanten. Centrala lägen är tyvärr dåligt representerade. Vid en så hög kronslutenhet som 73 % är gradienten för inblickbarhetens avtagande mot bildkanten lägre än i glesare bestånd, vilket torde ha sin förklaring i att utrymme inte finns för den mot bildkanten ökade avskärmningseffekten.

Det är svårt att direkt jämföra här redovisade resultat med dem som redovisats i tidigare refererade modellförsök (s. 16). Dessa utfördes i en speciell skog med symmetriskt fördelade träd och med möjligheter att med säkerhet skilja mellan vad som var synligt i stereo och från endera av exponeringsorterna. I den ovan redovisade undersökningen har som nämnts registrering huvudsakligen skett av vad som är synligt i stereo, men därutöver förmodligen delvis

också sådana ytor, som enbart är synliga i den enkelbild, på vilken punktgitret applicerats. En jämförelse mellan fig. 4 och fig. 9 visar dock, att likartade resultat erhållits vad gäller inblickbarhetens avtagande mot bildkanten. Denna samstämmighet är också ett tecken på, att registreringen med gittermetoden sker med betydande noggrannhet. De båda undersökningarna påvisar nödvändigheten av att man vid bildtolkning av skogtäckt terräng arbetar så centralt som möjligt i flygbilderna.

## RIMBOUNDERÖKNINGEN. IDENTIFIERINGSMÖJLIGHETER AV BLOCK I OLIKA BILDMATERIAL

### Försöksområde och bildmaterial

Målsättningen med denna delundersökning är ett klargörande av möjligheten att identifiera block i olika flygbildsmaterial för att rekommendationer framförallt om lämplig skala, film, bildkvalité m. m. för karteringsändamål skall kunna ges. För att man skall kunna studera, hur olika faktorer inverkar på identifieringsmöjligheterna, krävs ett rikt differentierat bildmaterial över ett område med varierande blockhalt. Dessa villkor uppfylldes av ett område vid Nydals hållplats, 7 km NO om Rimbo i Stockholms län (fig. 10). Försöksom-

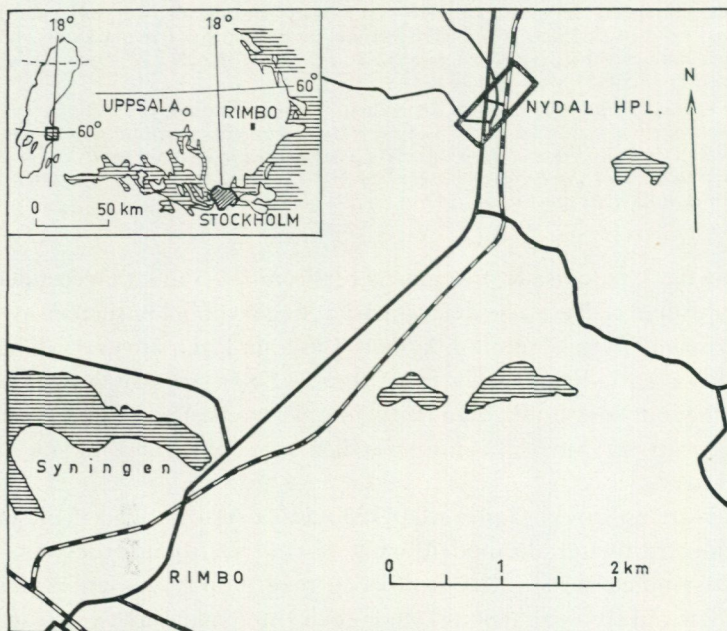


Fig. 10. Karta över Rimboområdets läge vid Nydals hållplats.  
*Map of the position of the Rimbo area at Nydal.*



ställdes högt. Uppskattningsvis kan fel på upp till 0.1 mm ha uppkommit. Det därefter följande egentliga tolkningsarbetet utfördes i stereoskop Sterant (Nife Jungner) med 4 ggr förstoring. När intet annat påpekas, har tolkningen skett i kontaktkopior på papper.

Antalet iakttagbara block större än 0.5 m räknades i samtliga provytor och bildmaterial och redovisas i fortsättningen under beteckningen "bildvärden". Vid identifieringen särskildes blocken i tre storleksklasser med längsta axel som mått: block större än 0.5 m, större än 1 m och större än 3 m. Som tidigare nämnts, användes mängden medelstora block för blockhaltskarteringen i SGU:s Serie Ae. Ur denna synpunkt synes 0.5 m vara en lämplig gräns. Gränsen 1 m motsvarar den vid geologiska karteringen använda gränsen för storblockighet. I denna undersökning har även funnits behov av en avgränsning av mycket stora block för att ge en uppfattning av hur dessa påverkar tolkningsresultatet. Denna gräns har relativt godtyckligt satts vid 3 m. Som stöd för storleksklassificeringen i flygbilden användes en transparent mall med punkter och cirklar av olika storlek. Givetvis är metoden ganska subjektiv och smärre fel i storleksklassificeringen måste anses oundvikliga.

Tolkningen började i det småskaliga bildmaterialet och fortsatte med allt storskaligare bilder. För att motverka den eventuella minnesbild, som kan förekomma från föregående tolkningar, har provytornas ordningsföljd varierats och minst en vecka har förflutit mellan tolkningarna i två olika bildmaterial. Block, som legat på provytornas begränsningslinjer, har konsekvent förts nedåt respektive åt höger i rutsystemet. Samtliga bildmaterial utom spektrozonalbilderna har bearbetats före fältkontrollen. Spektrozonalbilderna erhöles först ett år efter fältarbetet genom en specialfotografering, varför risk för påverkan från fältarbetet torde vara utesluten.

När samtliga tolkningar utförts, markerades provytorna i terrängen. Därvid användes flygbilder i skalan 1:3 300 som "karta" och vid markeringarna av hörnpunkterna i fält identifierades dessa med hjälp av fickstereoskop på ett för ändamålet monterat stereogram. Denna identifiering var tidskrävande, då kravet på överensstämmelse med bildens ytor måste sättas mycket högt. Felen vid fältmarkeringen av hörnpunkterna torde ligga inom 1 m. Inom varje sålunda avgränsad provyta räknades sedan antalet block i de olika storleksklasserna. Dessa värden redovisas i fortsättningen som "fältvärde".

#### KORREKTION FÖR INBLICKBARHET

Vid flygbildstolkningen i de olika bildmaterialen kan givetvis endast block på de inblickbara delarna av markytan identifieras. En kartering av markytans blockhalt måste emellertid även omfatta icke inblickbara delar. Under förutsättning att inblickbara och närliggande icke inblickbara ytor har samma blockhalt, är en uppräknig av antalet i flygbilder identifierade block möjligt enligt

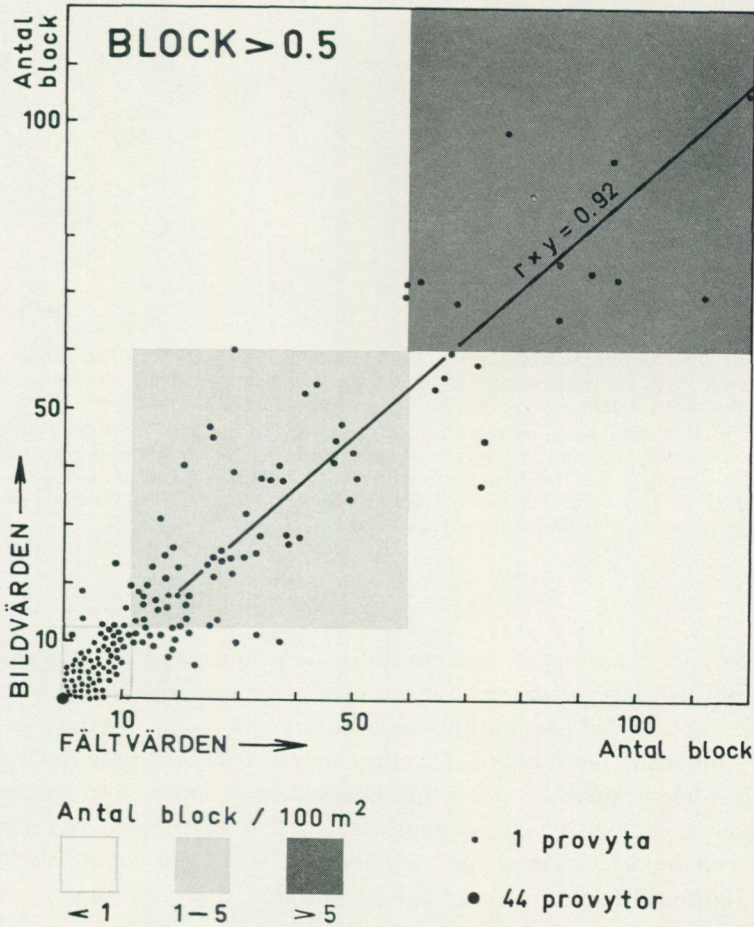


Fig. 12. Jämförelse mellan fältvärden och för inblickbarheten korrigerade bildvärden (1:7 000) av blockhalten inom Rimbo-områdets 200 provytor.

A comparison of field values (X-axis) and air photo values (Y-axis) of the number of boulders >0.5 m in the 200 test areas of the Rimbo region. The photo values are from the scale 1:7 000 and they are corrected for the ground visibility. The boulder frequency classes are marked with grey tones. Each small dot represents one test area. The large dot in origo represents 44 test areas.

formeln  $B_{\text{korr}} = \frac{B_{\text{id}} \cdot 100}{I}$ , där  $B_{\text{korr}}$  betecknar korrigerade bildvärden,

$B_{\text{id}}$  i flygbilden identifierade block och  $I$  procenttalet för inblickbarheten.

Det skulle krävas mycket omfattande specialundersökningar för att pröva om en sådan uppräknig verkligen kan betraktas som generellt tillätlig, med andra ord om de inblickbara ytorna normalt är representativa även för närlig-

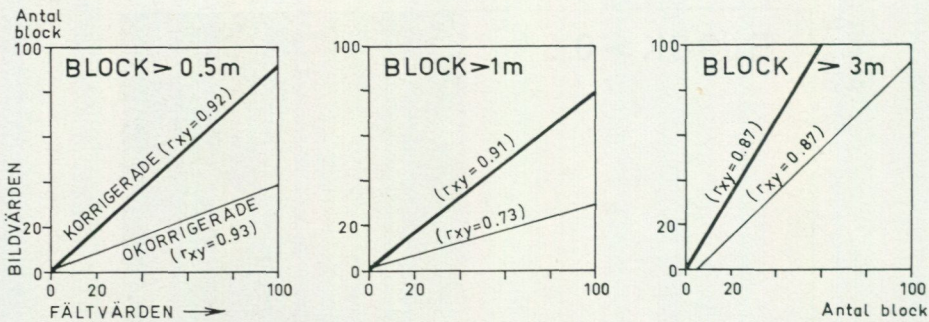


Fig. 13. Effekten av inblickbarhetskorrektionen på bildvärden (1:7 000) för antalet block i olika storleksklasser. Regressionslinjerna i de två vänstra diagrammen representerar 200 provtytor och i det högra diagrammet 54 provtytor från Rimbo-området.

*The effect of the ground visibility correction of air photo values in 1:7 000 for different sizes of boulders. The thin lines are the regression lines before and the thick lines after the corrections has been applied. The diagrams for boulders > 0.5 m and > 1 m are based on 200 test areas and for boulders > 3 m (the right diagram) on 54 test areas in the Rimbo region. Field values at the X-axis and photo values at the Y-axis.*

gande icke inblickbara ytor. Det efterföljande resonemanget tjänar dock till, att i någon mån belysa frågeställningen och att ge berättigande åt förfarings-sättet, åtminstone vad gäller Rimboundersökningen.

Fig. 12 innehåller en jämförelse mellan uppräknade bildvärden och fältvärden för Rimboområdets 200 provtytor; jämförelsen avser block större än 0.5 m. Tolkningen har utförts på ett bildmaterial i 1:7 000. En regressionsanalys visar på ett starkt linjärt samband mellan fältvärden och uppräknade bildvärden; korrelationskoefficienten ( $r_{xy}$ ) är så hög som 0.92. Förutom uppräkningsförfarandet utgör eventuella fel i provytornas avgränsning och i blockstorleksbedömningen förklaringar till punktsvärmens spridning. Det framgår vidare av fig. 12, att vid en indelning av blockhalten i tre klasser – den indelning som senare kommer att användas – en alldeles övervägande del av provytorna blivit korrekt klassificerade vid bildtolkning-uppräkningsförfarandet.

Självklart kan det tänkas, att en mycket hög blockhalt eller rent lokala anhopningar av stora block förhindrar skogsväxt; att alltså blockhalten som sådan påverkar inblickbarheten. I sådana fall blir ett uppräkningsförfarande vanskligt, då det alltså kan orsaka en överskattning av blockhalten. I fig. 12 framkommer inte något som tyder på en överskattning speciellt i de blockrika provytorna; inom försöksområdet finns dock – måste det anmärkas – inte provtytor med en blockhalt överstigande 10 block/100 m<sup>2</sup>. I fig. 13 återges sambandet mellan fältvärden och bildvärden före och efter uppräkningsförfarandet för olika blockstorlekar. Det visar sig, att endast för block större än 3 m ger uppräkningsförfarandet en överskattning av blockhalten. Totalt förekommer dock endast

126 block  $> 3$  m fördelade på 54 av försöksområdets 200 provytor, varför en försiktighet i tolkningen av detta resultat är nödvändig. De stora blocken representerar en möjlig felkälla, som emellertid torde kunna försummas i Rimboundersökningen. Inom rik- och storblockiga terrängområden måste dock uppräkningsförfarandet användas med viss urskillnad.

Bestämningen av inblickbarheten har i Rimboundersökningen utförts med punktgittermetoden för samtliga provytor i samtliga bildmaterial, då provytornas läge varierar i bildmaterialen och då gallring eller igenväxning av skogen kan ha skett mellan fotograferingstillfällena. Varje bildvärde måste korrigeras med hänsyn till det aktuella inblickbarhetsförhållandet. Vid inblickbarhetsbestämningen har sådana delar av provytorna, där block rimligen inte kan förekomma, främst vägas, uteslutits.

#### REDOVISNING AV RESULTAT

I fortsättningen kommer de faktorer, som påverkar tolkningsmöjligheten av markytans blockhalt, att belysas genom jämförelser av tolkningsresultatet i olika bildmaterial. Inblickbarhetens betydelse har redan behandlats och denna faktor kommer i fortsättningen att hållas konstant genom korrektionsförfarandet. Vid undersökningen av övriga faktorerers inverkan är det önskvärt, att jämförelser göres med bildmaterial, där endast en faktor varierar, medan övriga hålles konstanta. Detta önskemål har, som tidigare påpekats, inte helt kunnat tillgodoses, då undersökningen med ett undantag varit hänvisad till redan befintligt bildmaterial. Vanligen har dock endast små variationer av de övriga, för tillfället icke studerade faktorerna behövt accepteras.

Efter korrektionen för inblickbarheten kvarstår bildskala, filmslag och bildslag (förstoring – kontaktkopia; papperskopia – diapositiv) som faktorer av större betydelse för tolkningen av markytans blockhalt.

Det är angeläget att framhålla, att de här presenterade resultaten inte får hårddragas, då redan påpekade brister i bildmaterialiets jämförbarhet och i storleksklassificeringen av blocken föreligger. Därtill kommer de likaledes tidigare framhållna felen i överföringen av provytorna mellan olika bildmaterial och från flygbild till terräng samt approximationen vid korrektionsförfarandet.

För varje provyta erhålles således uppräknade bildvärden och fältvärden på antalet block. Varje provytas värden inprickas i ett koordinatsystem med bildvärden längs ordinatan och fältvärden längs abskissan. Den sålunda erhållna punktsvärmen utjämnas till en rät linje – regressionslinje – med minsta kvadratmetoden och korrelationskoefficienten ( $r_{xy}$ ) beräknas enligt Pearson's korrelationsformel (Henrysson 1961, s. 51).

Redovisningen av undersökningsresultaten har gjorts så enhetligt som möjligt i enlighet med principen i fig. 14. Av teckenförklaringen framgår, att redovisning sker av

1. Antalet provytor inom respektive blockhaltsklass
2. Antalet provytor utan något block inom klass A
3. Regressionslinjen med dess korrelationskoefficient
4. Antalet vid flygbildstolkningen rätt klassificerade provytor
5. Antalet vid flygbildstolkningen fel klassificerade provytor

### Bildskalans betydelse för tolkningsresultatet

#### KONTAKTKOPIOR

I fig. 14 och 15 redovisas resultatet av tolkningen i fyra olika bildskalor – 1:3 300, 1:7 000, 1:13 000 och 1:19 400 – dels för block större än 0.5 m, dels för block större än 1 m. Av bilaga 1 B framgår, att i dessa bildmaterial inte endast negativskalan varierar utan också fotograferingstidpunkt och relativ skugglängd. Samtliga bildmaterial har fotograferats med den pankromatiska filmen Kodak Super XX. Bildmaterialet i 1:7 000 har fotograferats den 4/7 1960 och har en relativ skugglängd på 0.8. De övriga bildmaterialen är fotograferade 4–6/6 1959 med relativa skugglängden 1.4–1.5. Likvärdiga kameror har använts vid de fyra fotograferingarna. Skillnaden i relativ skugglängd torde, beroende på inblickbarhetskorrektionen, vara negligerbar i detta sammanhang, varför det här utnyttjade bildmaterialet har bedömts vara användbart.

Bildmaterialet i skalan 1:3 300 täcker endast 96 provytor. I övriga skalor har samtliga 200 provytor kunnat bearbetas. I stapeldiagrammen i vänstra delen av fig. 14 och 15 redovisas förekomsten av olika blockhalter enligt fältvärdena. Härav framgår, att provytor inom klass A ( $< 1$  block/100 m<sup>2</sup>) är långt talrikare än inom andra klasser och att ett relativt stort antal provytor helt saknar block större än 0.5 m.

Regressionslinjerna för sambandet mellan fältvärden och korrigerade bildvärden visar, att tolkningsresultatet är gott i bildskalorna 1:3 300 och 1:7 000. De höga korrelationskoefficienterna ( $r_{xy}$ ) visar också, att spridningen kring linjerna är liten. Till en del orsakas naturligtvis de höga koefficienterna av den

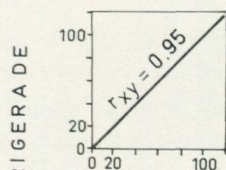
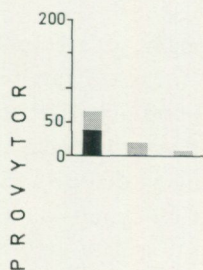
Fig. 14. Tolkningsresultat av block  $> 0.5$  m i olika bildskalor. I skalan 1:3 300 täcker bildmaterialet endast 96 provytor. I övriga skalor har samtliga 200 provytor i Rimbo-området bearbetats.

*The results of air photo interpretation of boulders  $> 0.5$  m in different photo scales. In the scale of 1:3 300 the aerial photographs cover only 96 test areas. In the other scales all of the 200 test areas in the Rimbo region have been studied. Field values at the X-axis and corrected photo values at the Y-axis.*

*The legend contains the three frequency classes A ( $< 1$  boulder/100 m<sup>2</sup>), B (1–5 boulders/100 m<sup>2</sup>), and C ( $> 5$  boulders/100 m<sup>2</sup>) as well as the following symbols: 1. Number of test areas. 2. Number of test areas without any boulder. 3. Regression line with the correlation coefficient  $r_{xy}$ . 4. Number of correctly classified test areas. 5. Number of wrongly classified test areas.*

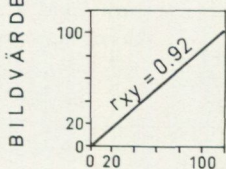
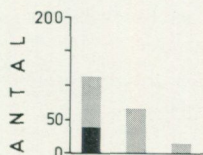
BLOCK > 0.5m

1 : 3 300



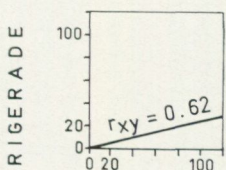
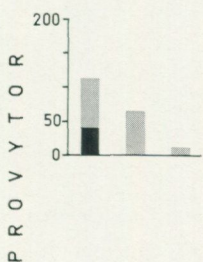
A			4
B	5	19	1
C	64	3	

1 : 7 000



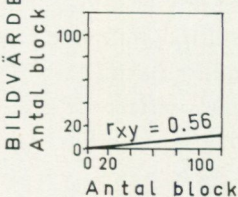
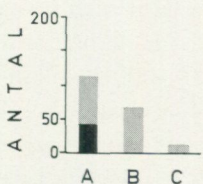
A		3	9
B	10	52	5
C	107	14	

1 : 13 000



A			
B	2	13	9
C	115	56	5

1 : 19 400



A			
B		8	6
C	117	61	8

FÄLTVÄRDEN →

BLOCK-KLASS

A < 1 block / 100m<sup>2</sup>

B 1-5 block / 100m<sup>2</sup>

C > 5 block / 100m<sup>2</sup>

1. Antal provytor

2. Antal provytor utan block

3. Regressionslinje för 200 provytor

25 4. Antal rätt klassificerade provytor

44 5. Antal fel klassificerade provytor

stora andelen provytor, som helt saknar block. Tolkningsresultatet i bildskalorna 1:13 000 och 1:19 400 måste å andra sidan anses som föga tillfredsställande.

Av diagrammen till höger i fig. 14 och 15 framgår, att i 1:3 300 och 1:7 000 en mycket stor del av provytorerna kommer att föras till rätt blockhaltsklass, medan träffsäkerheten är påtagligt sämre i 1:13 000 och 1:19 400. Inom klass A blir andelen rätt klassade provytor dock stor, då en underskattning av blockhalten inte kan ske. I tabell 3 ges sammanställning av den procentuella andelen provytor, som vid bildtolkning har förts till rätt blockhaltsklass.

**Tab. 3. Klassificeringsnoggrannhet vid bestämning av blockhalten i olika flygbildskalor inom Rimbo-området**

*The precision in classifying the boulder frequency in different scales of aerial photographs in the Rimbo region.*

Bildskala <i>Photo scale</i>	Antal provytor <i>Number of test areas</i>	Procentuell andel rätt klassificerade provytor <i>Correctly classified test areas in percent</i>	
		Block > 0.5 meter <i>Boulders &gt; 0.5 metre</i>	Block > 1 meter <i>Boulders &gt; 1 metre</i>
1:3 300	96	91 %	97 %
1:7 000	96	89 %	98 %
1:7 000	200	84 %	92 %
1:13 000	200	64 %	77 %
1:19 400	200	63 %	77 %

En detaljgranskning av tolkningsresultatet visar, att de provytor, som förts till fel klass vid tolkningen i 1:3 300 och 1:7 000, vanligen ligger mycket nära klassgränsen. När så inte är fallet, gäller det provytor med mycket låg inblickbarhet. En relativt tillfredsställande återgivning av blockhalten för block större än 1 m synes ske i bildskalorna 1:13 000 och 1:19 400. Det skall dock framhållas, att flertalet rätt klassificerade provytor hör till klass A och blir rätt klassificerade, även om några block överhuvud taget inte kan identifieras.

Rimboundersökningen visar, att om man önskar återge blockhalten för block mellan 0.5 och 1 m krävs en bildskala, som inte får vara mycket mindre än 1:7 000. Önskvärt vore, att undersökningen hade utförts även i 1:10 000, då mycket tyder på en kritisk gräns för tolkningsmöjligheten av de medelstora blocken mellan 1:7 000 och 1:13 000. Lämpligt bildmaterial för en sådan undersökning har emellertid inte funnits över undersökningsområdet.

Redan i anslutning till fig. 13 har anförts, att en korrektion för inblickbarheten i bildskalan 1:7 000 ger en överdriven återgivning av block större än 3 m och att detta måste bero på att blockhalten varit större i de betraktade avsnitten än i de icke inblickbara, vilket är rimligt, då block av denna storleksordning

BLOCK > 1 m

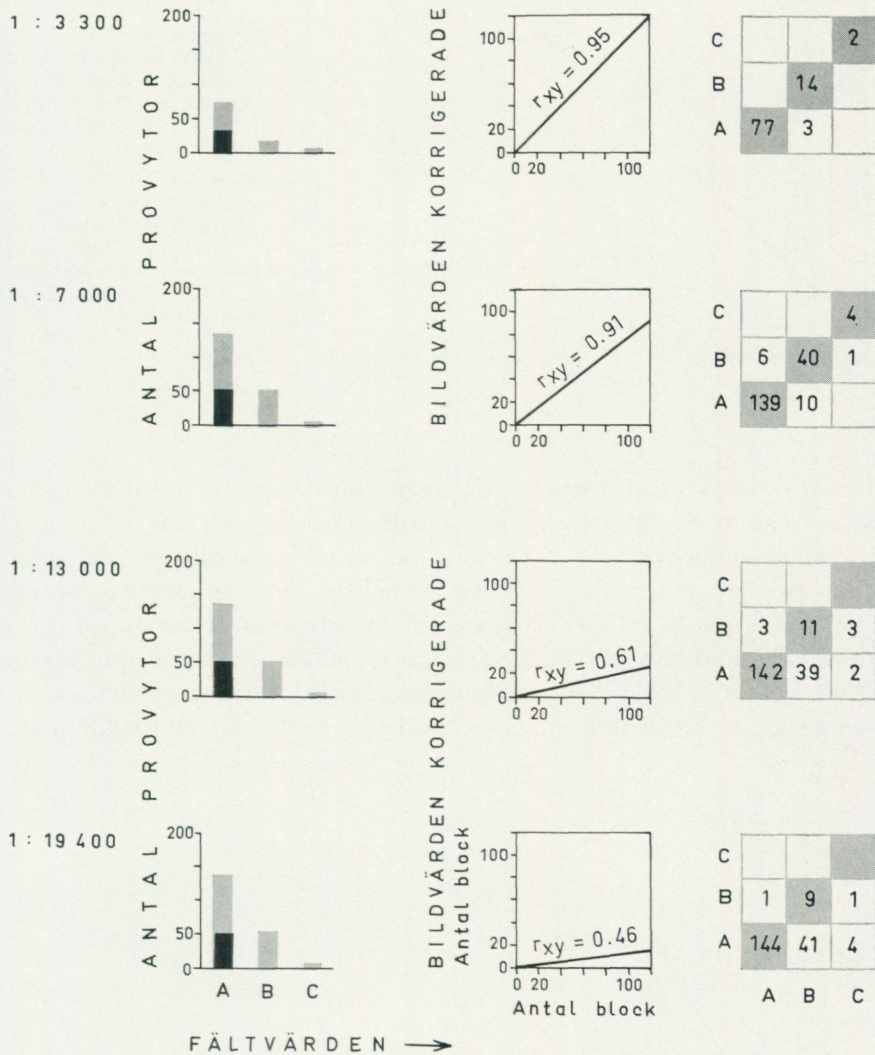


Fig. 15. Tolkningsresultat av block > 1 m i olika bildskalor. Teckenförklaring, se fig. 14, s. 35.

The results of air photo interpretation of boulders > 1 m in different photo scales. Legend, see Fig. 14, p. 35.

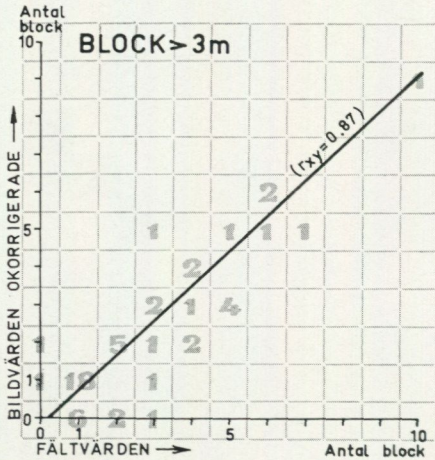


Fig. 16 Jämförelse mellan fältvärden och okorrigerade bildvärden av antalet block > 3 m i 54 provytor i Rimbo-området. Flygbildsskala 1:7 000. Siffrorna i gråton anger antalet provytor.

Comparison of field values (X-axis) and not corrected photo values (Y-axis) of the number of boulders > 3 m in 54 test areas in the Rimbo region. Aerial photo scale 1:7 000. The figures in gray tone show the number of test areas.

påverkar skogens täthet. I fig. 16 visar regressionslinjen på en god återgivning utan korrektion. En detaljgranskning av siffrvärdena visar, att 32 av de 126 förekommande blocken (25 %) ej identifierats eller har deras storlek underskattats vid klassificeringen i bild. I fig. 17 redovisas regressionslinjen för bildskalorna 1:7 000 och 1:13 000 efter sedvanligt korrektionsförfarande. I den senare bildskalan förbättras tolkningsresultatet, medan i den förra en försämring erhålles. För att ge bästa möjliga tolkningsresultat av block större än cirka 3 m rekommenderas korrektion för inblickbarheten endast för bildskalor mindre än 1:10 000.

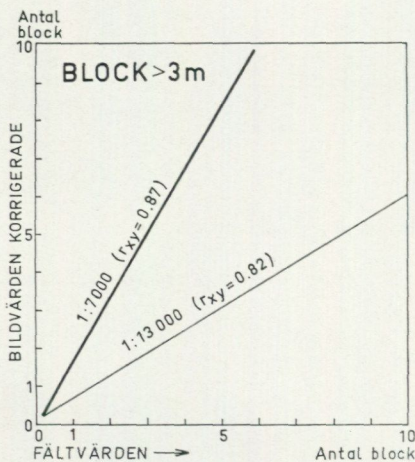
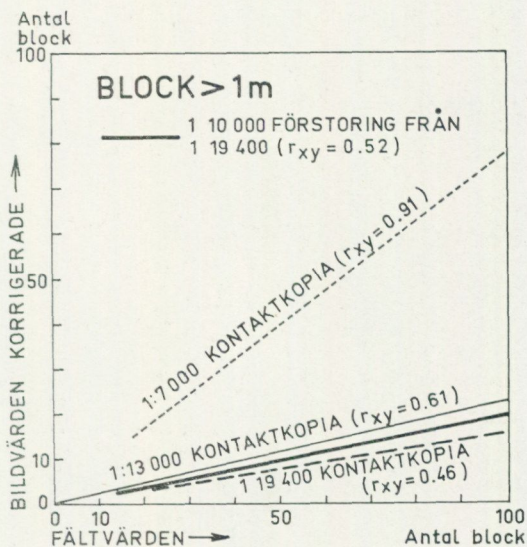


Fig. 17. Jämförelse mellan fältvärden och korrigerade bildvärden av antalet block > 3 m i bildskalorna 1:7 000 och 1:13 000.

Comparison of field values (X-axis) and corrected photo values (Y-axis) of the number of boulders > 3 m in the photo scales 1:7 000 and 1:13 000.

Fig. 18. Tolkningsresultat av block  $> 1$  m i kontaktkopior i 1:19 400 och förstoring från samma negativ till 1:10 000. Som jämförelse har inlagts regressionslinjerna för tolkning i kontaktkopior i 1:7 000 och 1:13 000.

*The interpretation results of boulders  $> 1$  m in contact prints at 1:19 400 (the thin line) and enlargements from the same negatives to 1:10 000 (the thick line). As a comparison the regression lines of interpretation in contact prints at 1:7 000 and 1:13 000 are shown.*



#### JÄMFÖRELSE KONTAKTKOPIOR—FÖRSTORINGAR

Tolkningsmöjligheten av block större än 1 m har undersökts i kontaktkopior från negativskalorna 1:19 400 och 1:30 000, samt i förstoringar från dessa till bildskalan 1:10 000. Bearbetningen utfördes i instrumentförstoringen 4 ggr.

I fig. 18 redovisas tolkningsresultatet i bilderna från negativskalan 1:19 400. Regressionslinjen för kontaktkopior ligger något under den för förstoringen gällande. Skillnaden kan dock inte sägas vara statistiskt säkerställd. Som jämförelse har inlagts tolkningsresultatet i kontaktkopior i skalorna 1:13 000 och 1:7 000, då jämförbart bildmaterial i negativskalan 1:10 000 inte funnits. Jämförelsen visar, att det är negativskalan, som är avgörande för tolkningsresultatet.

Kontaktkopior från negativskalan 1:30 000 liksom förstoringar av dessa till 1:10 000 visade sig vara praktiskt taget oanvändbara för tolkning av blockhalten i terräng med så tät skog som inom Rimboområdet. Erfarenheter från andra områden med mycket gles eller ingen skog visar dock, att möjlighet att med framgång identifiera block  $> 1$  m i 1:30 000 finns, om en instrumentförstoring på 6–8 ggr utnyttjas.

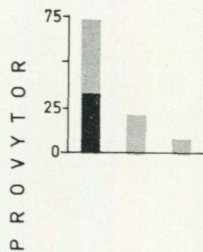
#### Jämförelse papperskopior — diapositiv

Det har i annat sammanhang visats, att vid tolkning av berghällar diapositiv är klart överlägsna papperskopior (Wastenson 1966 a, s. 35). Anledningen härtill är dels att man arbetar i genomfallande ljus, dels att diapositiv återger ett större svärtningsomfång än papperskopior.

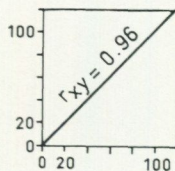
## BLOCK &gt; 0.5 m

1 : 7 000

DIAPOSITIV

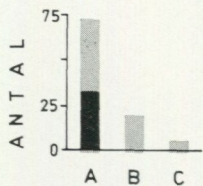


KORRIGERADE

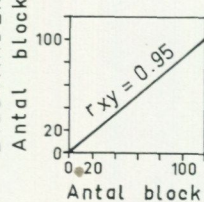


C		1	7
B	12	20	
A	60		

1 : 7 000

PAPPERS-  
KOPIA

BILDVÄRDEN



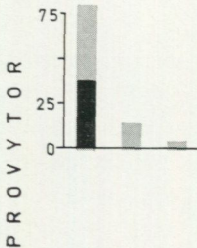
C		1	5
B	6	18	2
A	66	2	

FÄLTVÄRDEN →

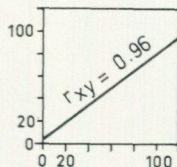
## BLOCK &gt; 1 m

1 : 7 000

DIAPOSITIV

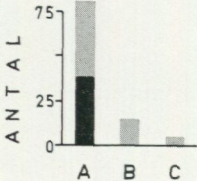


KORRIGERADE

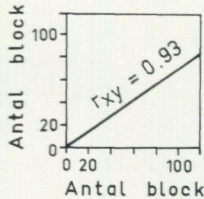


C			3
B	7	14	1
A	74	1	

1 : 7 000

PAPPERS-  
KOPIA

BILDVÄRDEN



C			3
B	6	12	1
A	75	3	

FÄLTVÄRDEN →

Fig. 19. Tolkingsresultat av block > 0.5 m och block > 1 m i kontaktkopior på papper och glasdiapositiv i skalan 1:7 000. Teckenförklaring, se Fig. 14, s. 35.

The interpretation results of boulders > 0.5 (upper diagram) and > 1 m (lower diagrams) in contact prints on paper and diapositives on glass in the scale 1:7 000. Legend, see Fig. 14, p. 35.

I bildskalan 1:7 000 har en jämförande studie genomförts av tolkningsmöjligheten av block  $> 0.5$  m respektive  $> 1$  m i papperskopior och diapositiv från samma negativ. Jämförelsen har av tidsskäl endast utförts i 100 av försöksområdets 200 provtytor. Tolkningen i diapositiv har skett över ljusbord med samma stereoskop (Jungner Sterant) som vid tolkningen av papperskopiorna. Resultatet redovisas i fig. 19, där regressionslinjerna visar en obetydlig överlägsenhet för diapositiv. Tolkningsresultatet mätt som andelen rätt klassificerade provtytor ger företräde åt papperskopior för block  $> 0.5$  m och åt diapositiv för block  $> 1$  m, vilket framgår av följande sammanställning:

Bildmaterial	Procentuell andel rätt klassade provtytor	
	Block $> 0.5$ m	Block $> 1$ m
Diapositiv	86 %	91 %
Papperskopior	89 %	90 %

Skillnaden i tolkningsmöjligheten är som synes så liten i den undersökta bildskalan, att den på intet sätt är statistiskt säkerställd. Orsaken är säkerligen att bildskalan 1:7 000 redan i papperskopior ger så gott resultat att utrymme inte finns för att diapositivets fördelar skall framträda klart. Skillnaden torde vara större i ett mera småskaligt bildmaterial, men av tidsskäl har sådant inte undersökts.

#### Tolkningsresultat i olika filmslag

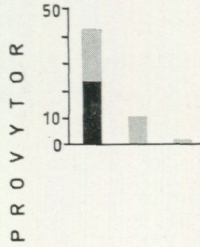
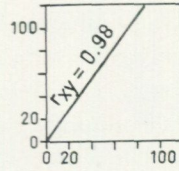
Jämförelse av tolkningsresultatet i olika filmslag har begränsats till kontaktkopior i papper av färgfilmen Agfa Color och den pankromatiska filmen Kodak Super XX i skalan 1:3 300. Därtill kommer en jämförelse i negativskalan 1:13 000 mellan kontaktkopior på papper från Kodak Super XX och diapositiv från spektrozonalfilmen Kodak Ektrachrome Infrared. Det sistnämnda bildmaterialet har specialfotograferats för ändamålet.

Jämförelsen i 1:3 300 har utförts i bildmaterial med liknande fotograferingsdata (bilaga 1 B). Specialfotograferingen med spektrozonalfilmen utfördes 1967 – ett år efter fältarbetet – och jämförelser har gjorts med en fotografering utförd 1959 från samma flyghöjd och vid ungefär samma tidpunkt på året.

I fig. 20 redovisas tolkningsresultatet för *färgfilmen* och den pankromatiska filmen i 1:3 300. Färgbilderna ger för båda undersökningsobjekten (block  $> 0.5$  resp.  $> 1$  m) obetydligt bättre identifieringsmöjligheter än de pankromatiska bilderna. I färgbilderna har samtliga provtytor (100 %) klassificerats rätt för block större än 1 m och 98 % för block större än 0.5 m. Detta resultat skall jämföras med 96 % respektive 91 % för de pankromatiska bilderna. Man kan förmoda, att skillnaderna mellan filmslagen blivit större i mera småskaliga bilder.

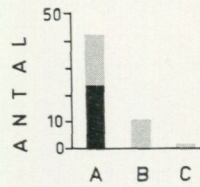
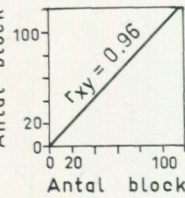
## BLOCK &gt; 0.5 m

1 : 3 300

AGFA  
COLORBILDVÄRDEN  
KORRIGERADE

C			1
B	1	11	
A	41		

1 : 3 300

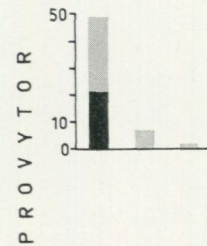
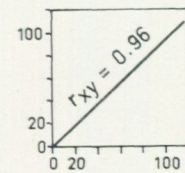
KODAK  
SUPER XXBILDVÄRDEN  
KORRIGERADE

C			1
B	3	9	
A	39	2	

FÄLTVÄRDEN →

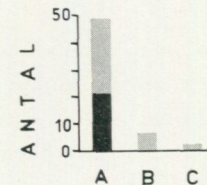
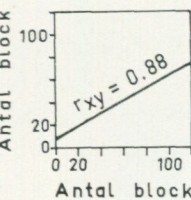
## BLOCK &gt; 1 m

1 : 3 300

AGFA  
COLORBILDVÄRDEN  
KORRIGERADE

C			
B		6	
A	48		

1 : 3 300

KODAK  
SUPER XXBILDVÄRDEN  
KORRIGERADE

C			
B		4	
A	48	2	

FÄLTVÄRDEN →

Fig. 20. Tolkningresultat av block > 0.5 m och > 1 m i pankromatiska bilder (Kodak Super XX) och färgbilder (Agfa Color). Tolkningen har skett i kontaktkopior på papper i bildskalan 1:3 300. Teckenförklaring, se Fig. 14, s. 35.

The interpretation results of boulders > 0.5 m (upper diagrams) and > 1 m (lower diagrams) in panchromatic (Kodak Super XX) and color (Agfa color) photographs. The interpretation has been done in contact prints on paper in the scale 1:3 300. Legend, see Fig. 14, p. 35.

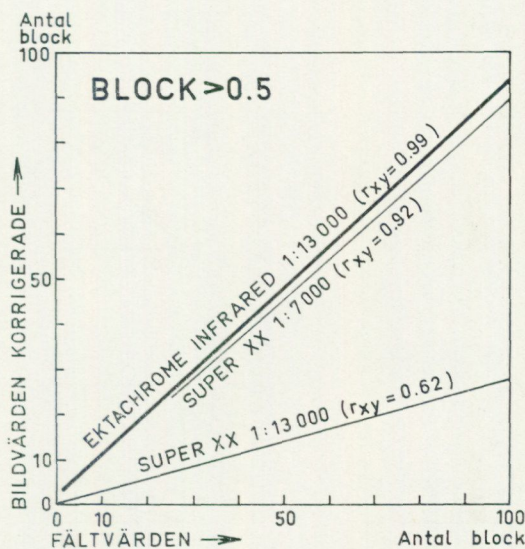


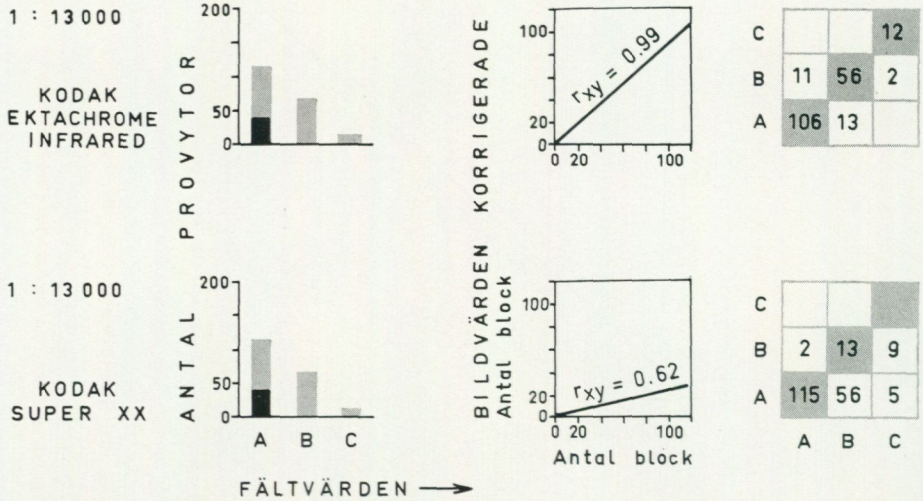
Fig. 21. Jämförelse av tolkningsresultat i diapositiv från Kodak Ektachrome Infrared (1:13 000) och papperskopior i Kodak Super XX (1:7 000 och 1:13 000) för 200 provtytor i Rimbo-området.

*Comparison of the interpretation results in diapositives of Kodak Ektachrome Infrared (1:13 000) and paper prints of Kodak Super XX (1:7 000 and 1:13 000) in 200 test areas in the Rimbo region. Field values at the X-axis and corrected photo values at the Y-axis.*

*Spektrozonalfilmens* överlägsenhet gentemot den pankromatiska filmen framgår tydligt ur fig. 21 och 22. Det måste dock påpekas, att tolkningen av spektrozonalbilderna skett i diapositiv i genomfallande ljus, vilket kan ha påverkat tolkningsresultatet gynnsamt. Av diagrammet i fig. 21 framgår, att tolkningen i spektrozonalbilder i 1:13 000 (diapositiv) ger ungefär samma tolkningsresultat som i pankromatiska bilder i 1:7 000 (papperskopior). För jämförelser med diapositiv i 1:7 000 från pankromatisk film hänvisas till fig. 19. Flyghöjden kan alltså fördubblas från 1000 till 2000 meter med bibehållet tolkningsresultat om diapositiv från spektrozonalfilm användes i stället för papperskopior från pankromatisk film.

Tolkningsjämförelser, inom ett område vid Markim i Stockholms län, mellan vanlig färgfilm (Kodak Ektachrome) och spektrozonalfilm (Kodak Ektachrom Infrared) i bildskalan 1:11 000 visar, att dessa filmtyper är jämgoda vid tolkning av markytans blockhalt, och överlägsna pankromatisk film (Kodak Double X).

BLOCK > 0.5 m



BLOCK > 1 m

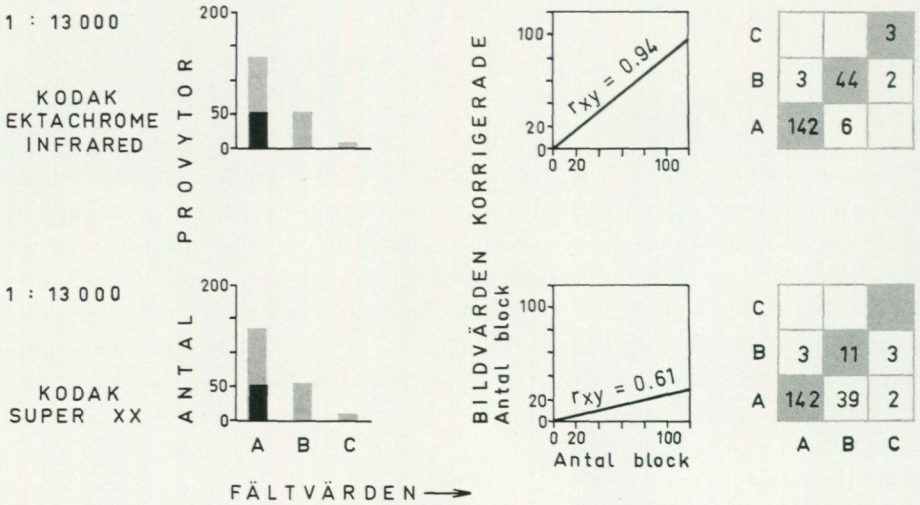


Fig. 22. Tolkningsresultat av block > 0.5 m och > 1 m i spektrozonalbilder (Kodak Ektachrome Infrared) och pankromatiska bilder (Kodak Super XX). Tolkningen har skett i diapositiv respektive papperskopior i bildskalan 1:13 000. Teckenförklaring, se Fig. 14, s. 35.  
*The interpretation results of boulders > 0.5 m (upper diagrams) and > 1 m (lower diagrams) in spectrozonal (Kodak Ektachrome Infrared) and panchromatic (Kodak Super XX) photographs. The interpretation has been done in diapositives respectively paper prints in the scale 1:13 000. Legend, see Fig. 14, p. 35.*

### Sammanfattning och rekommendationer

Felkällor i t.ex. inblickbarhetsbestämningar och storleksklassificeringar och bristen på specialfotograferingar har framhållits ett flertal gånger. Dessa fel-faktorer gör att små skillnader i tolkningsresultat inte får hårddragas. Rimbo-undersökningen kan dock ligga som grund för vissa rekommendationer av lämpligt bildmaterial för blockhaltskarteringar.

Rimboundersökningens resultat kan inte ges en helt allmängiltig innebörd, då den täta skogen gör, att inblickbarheten inom området är låg; 75 % av försöksområdet har 20–50 % inblickbarhet. En liten del av provytorna har därför ofta fått bestämma blockfrekvensen. Säkerheten i karteringen blir givetvis större i ett glesbevuxet eller helt skogsfritt område. Av tids- och kostnads-skäl har det tyvärr inte varit möjligt att bedriva undersökningar av detta meto-diska slag i flera försöksområden. De rekommendationer, som här ges, gäller alltså i allmänhet för terräng av samma typ som Rimboområdets.

Generellt kan sägas, att för att ge en rättvisande kartbild över markytans blockhalt krävs en inblickbarhet som överstiger 20 procent.

Rimboundersökningen ger vad beträffar *valet av bildskala* för blockstudier underlag för klara rekommendationer. Vid användning av pankromatisk film för tolkning av såväl block > 0.5 m som > 1 m måste bilderna vara storskali-gare än 1:13 000; bildskalan 1:7 000 ger mycket goda resultat och bildskalan 1:10 000 torde vara tillfyllest för flertalet ändamål. Användes färgfilm, kan tolkning ske i något mindre skala; skalor mindre än 1:15 000 kan dock inte re-kommenderas för områden med tät skog.

Negativskalan är avgörande för tolkningsresultatet. Utnyttjas en instrument-förstoring på 6–8 ggr, tillgodogör man sig den detaljåtergivning, som negati-vets upplösningsförmåga ger. En förstoring från negativet innehåller fler små-detaljer än kontaktkopian. I Rimboundersökningen erhöles vid tolkning av för-storingar från 1:19 400 till 1:10 000 obetydligt bättre resultat än vid tolkning i kontaktkopior i 1:19 400. Instrumentförstoringen 4 ggr användes.

*Diapositiv* ger bättre tolkningsmöjligheter än papperskopior. I bildskalan 1:7 000, som undersökts i de båda bildslagen, är skillnaden ringa, beroende främst på att redan papperskopiorna gav mycket goda tolkningsmöjligheter. Vid tolkning i småskaligare bilder inom andra områden synes skillnaden vara större, även om någon kvantifiering härav inte utförts.

Undersökningen av *filmvalets betydelse* för tolkningsresultatet visar klart, att såväl konventionell färgfilm som spektrozonalfilm är överlägsen pankroma-tisk film. Rimboundersökningen visar, att vid tolkning i diapositiv fotografe-ringshöjden kan ökas från 1000 meter till 2000 meter med bibehållet tolknings-resultat, om diapositiv från spektrozonalfilm användes i stället för pappersko-

pior från pankromatisk film. Valet mellan färgfilm och pankromatisk film är givetvis beroende av ekonomiska överväganden. Färgfilm från den högre flyghöjden torde även med hänsyn härtill kunna rekommenderas.

I tabell 4 ges en sammanställning av rekommendationer av bildskala i olika filmslag för tolkning av block > 0.5 m respektive > 1 m. Rekommendationerna för områden med "tät skog" hänför sig till Rimboområdet med 75 % av försöksområdet med 20–50 % inblickbarhet. Övriga rekommendationer grundar sig inte på metodiska studier av den typ, som bedrivits inom Rimboundersökningen, utan på ej kvantifierade erfarenheter av tolkningar inom andra områden. Med gles skog menas skogsområden där inblickbarheten är större än 50 %.

**Tab. 4. Rekommendationer av bildskalor för tolkning av block i olika filmslag**  
*Recommendations of photo scales for interpretation of boulders in different kinds of films.*

Film	Tolkning av block > 0.5 m <i>Interpretation of boulders &gt; 0.5 m</i>			Tolkning av block > 1 m <i>Interpretation of boulders &gt; 1 m</i>		
	Tät skog <sup>1)</sup> <i>Dense forest</i>	Gles skog <sup>2)</sup> <i>Open forest</i>	Skogfritt <i>Forestless</i>	Tät skog <i>Dense forest</i>	Gles skog <i>Open forest</i>	Skogfritt <i>Forestless</i>
Pankromatisk <i>Panchromatic</i>	1:10 000	1:15 000	1:20 000	1:10 000	1:20 000	1:30 000
Färg <i>Color</i>	1:15 000	1:20 000	1:20 000	1:15 000	1:20 000	1:30 000
Spektrozonal <i>False-color</i>	1:15 000	1:20 000	1:20 000	1:15 000	1:20 000	1:30 000

- 1) 75 % av provytorna med inblickbarhet på 20–50 % (Rimboområdet).  
*75 % of the test areas have a ground visibility of 20–50 % (e. g. the Rimbo area).*
- 2) Inblickbarheten är mer än 50 %.  
*The ground visibility is more than 50 %.*

## NÅGRA METODER FÖR BLOCKHALTSKARTERING FRÅN FLYGBILDER

Metoder och principer vid gängse geologisk fältkartering av markytans blockhalt har tidigare redovisats i denna uppsats. Vid utarbetandet av en lämplig metodik för kartering från flygbilder har målsättningen varit, att ge en mera korrekt bild av markytans blockhalt än vad som varit möjligt vid sådan konventionell fältkartering. Sex olika karteringsmetoder har därvid prövats.

För bedömning av en metods användbarhet måste hänsyn tas till såväl karteringsnoggrannhet som karteringshastighet, varför mått på dessa kommer att anges i anslutning till respektive metod.

Rimboundersökningen har visat, att vid tolkning i pankromatiska bilder negativskalan bör vara 1:10 000 eller större, för att goda möjligheter skall föreligga för identifiering av block i tät skogsmark. Samtliga karteringsmetoder har därför testats i bildskalan 1:10 000 eller större.

Vid samtliga försökskarteringar har klassindelningar med fixerade klassgränser angivna i mätbara storheter använts. Blockhalten kan som i metod 5 anges i täcknadsgrad, d. v. s. hur stor andel av markytan som upptas av blocken. I metod 6 har antalet block per längdenhet använts som indelningsgrund och i metod 2 antalet block per provyta. I övriga metoder har liksom i Rimboundersökningen använts följande indelning baserad på antalet block per 100 m<sup>2</sup>.

Blockhaltsklass	Block > 0.5 m	Block > 1.0 m
I. Blockfattig	< 1 block/100 m <sup>2</sup>	
II. Normalblockig	1– 5 block/100 m <sup>2</sup>	
III. Blockrik	5–10 block/100 m <sup>2</sup>	
IV. Mycket blockrik	> 10 block/100 m <sup>2</sup>	
S. Storblockigt		> 5 block/100 m <sup>2</sup>

Ovanstående klassindelning innebär, att man genom tillägg av bokstaven S till klass III och IV kan ange en hög frekvens av större block. Denna klassindelning skall endast betraktas som ett förslag till lämplig indelning. Det är för närvarande omöjligt att ta definitiv ställning till vilken klassindelning, som är lämplig vid en blockhaltskartering. För ett sådant ställningstagande krävs en undersökning bland olika kartkonsumenter för att klargöra, vilka gränser som är praktiskt väsentliga.

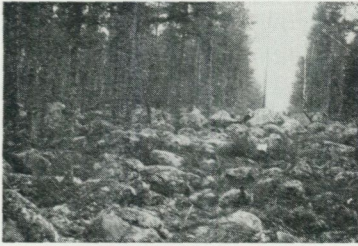
A



B



C



D



E



För att ge en uppfattning om hur provytor inom respektive blockhaltsklass kan se ut, återges i fig. 23 markstereogram av fem provytor ur det försöksområde vid Rimbo, som utnyttjats för kartering med metod 3 och 4. Blockhalten (fältvärden) i dessa provytor redovisas i tabell 5.

**Tab. 5. Blockhalten inom de i fig. 23 återgivna provytorerna**

*The boulder frequency of the test areas in Fig. 23.*

Provyta <i>Test area</i>	Blockhaltsklass <i>Boulder frequency class</i>	Antal block/100 m <sup>2</sup> <i>Number of boulders per 100 m<sup>2</sup></i>	
		Block > 0.5 m <i>Boulders &gt; 0.5 m</i>	Block > 1 m <i>Boulders &gt; 1 m</i>
A	I. Blockfattig <i>Low frequency</i>	0	0
B	II. Normalblockig <i>Medium frequency</i>	3.9	1.8
C	III. Blockrik <i>High frequency</i>	7.7	2.6
D	III.S Blockrik-Storblockig <i>High frequency of large boulders</i>	7.4	6.6
E	IV.S Mkt blockrik-storblockig <i>Very high frequency and high frequency of large boulders</i>	11.4	8.7

**Metod 1: Totalräkning av blocken inom hela karteringsytan**

Den noggrannaste metoden för blockkartering från flygbilder är naturligtvis den som redan utnyttjats i Rimboundersökningen: totalräkning av iakttagbara block och korrektion med hänsyn till inblickbarheten.

Isaritmkartor, fig. 24, över Rimboområdets blockhalt har upprättats med fältvärden respektive korrigerade bildvärden som grund. Isaritmeringen har utförts för block större än 0.5 m, däremot ej särskilt för större block. Bildvärdena hänför sig till tolkning i bildskalan 1:7 000 och pankromatiska bilder. Mycket blockrika områden finns ej inom detta försöksområde.

En jämförelse mellan de i fig. 24 ingående kartorna bekräftar, att blockhaltskarteringen från flygbilder väl överensstämmer med den detaljerade fältkarteringen. Som tidigare redovisats i fig. 14 har 168 av de 200 provytorerna (84 %) o

Fig. 23. Markstereobilder från "Rimbo-området, större" (fig. 27). Fem provytor med olika blockhalt (se tab. 5) återges.

*Ground stereopairs from the "Rimbo region, larger" (Fig. 27). Five test areas with different boulder frequency (Tab. 5) are reproduced.*

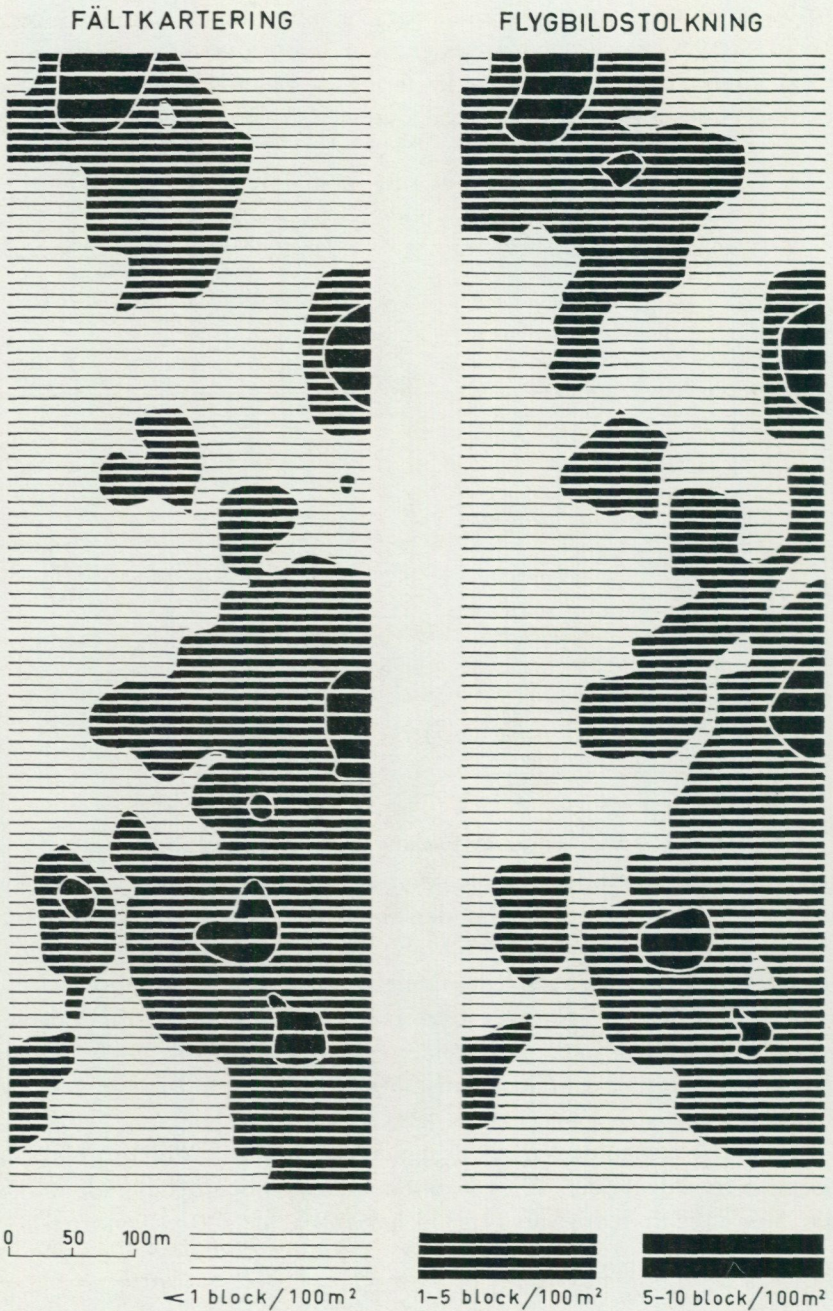


Fig. 24. Isaritmkartor över blockhalten (block > 0.5 m) inom Rimbo-området baserade på fältvärden respektive korrigerade bildvärden. Flygbildskarteringen har utförts i bildskalan 1:7 000 enligt metod 1.

*Maps of the frequency of boulders > 0.5 m in the Rimbo region based on field values (to the left) and corrected photo values (to the right). The mapping from aerial photographs is done in the scale of 1:7 000 by method 1.*

klassats rätt och av de resterande har 13 (7 0/0) klassats en klass för högt och 19 (10 0/0) en klass för lågt. Noggrannheten i ytåtergivningen har fastställts genom ytmätningar med fotoelektrisk metod (Ekman o. Wastenson 1968). Resultatet framgår av följande sammanställning:

Blockhalt	Procentuell andel av karteringsområdets yta	
	vid fältkartering	vid flygbildskartering
Blockfattigt	48.2 0/0	47.7 0/0
Normalblockigt	45.7 0/0	47.0 0/0
Blockrikt	6.1 0/0	5.3 0/0

Trots att den här presenterade metoden med totalräkning av blocken i flygbilder ger en tillfredsställande noggrannhet, är den inte praktiskt användbar annat än för mycket små områden, då metoden är mycket tidskrävande. Karteringshastigheten är så låg som 2.5 ha/tim. En förenkling av metoden är därför nödvändig. I karteringshastigheten ingår såväl totalräkningen av blocken som inblickbarhetskorrektionen.

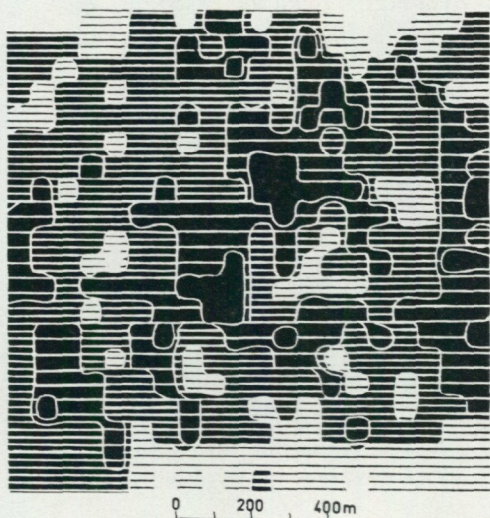
#### Metod 2: Totalräkning av block inom slumpvalda provytor

Inom ett blockrikt område ovanför skogsgränsen norr om sjön Letsitjaure i Sareks nationalpark i Norrbottens län har U.-B. Rodemar (1967) under min handledning bl. a. undersökt resultatet av ett slumpurval av provytor vid blockkartering i flygbilder.

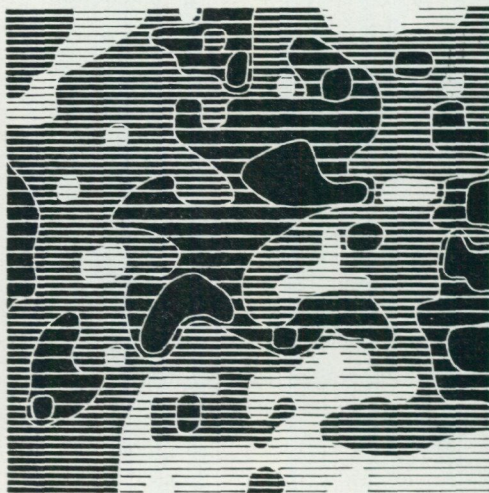
Över försöksområdet föreligger ett pankromatiskt bildmaterial i ungefärlig skala 1:5 700. Data över bildmaterialet redovisas i Bilaga 1 C. Området har indelats i 400 provytor, vardera 50×50 m, i vilka en totalräkning av blocken i olika storleksklasser företagits i flygbilderna. Eftersom området är skogfritt, har korrektion för inblickbarhet ej behövt företas. En isaritmkarta över blockhalten (block > 0.5 m) har upprättats (fig. 25 a). Då området är mycket blockrikt, är den tidigare klassindelningen inte lämplig. Karteringshastigheten vid totalräkning inom området är så låg som 1 ha/tim.

För att ge en uppfattning om möjligheten att höja karteringshastigheten har slumpurval utförts av 200, 100 och 50 provytor. Därefter har totalräkningen inom dessa ytor legat som grund för isaritmeringen. Karteringresultatet redovisas i fig. 25 b–d. En jämförelse av dessa kartor visar, att metoden med helt slumpmässigt utvalda provytor inte är lämplig. Redan vid reducering av antalet provytor till 1/8 av totala antalet provytor blir kartbilden i hög grad missvisande. Vid bestämning av 1/4 av provytorna är visserligen kartbilden relativt rättvisande, men karteringshastigheten är alltför låg för praktisk kartering. Försöksområdet är dock ovanligt blockrikt, vilket tillsammans med indelningen i 5 klasser delvis förklarar den låga karteringshastighet och den starkt avvikande kartbild, som urvalet av 50 provytor ger.

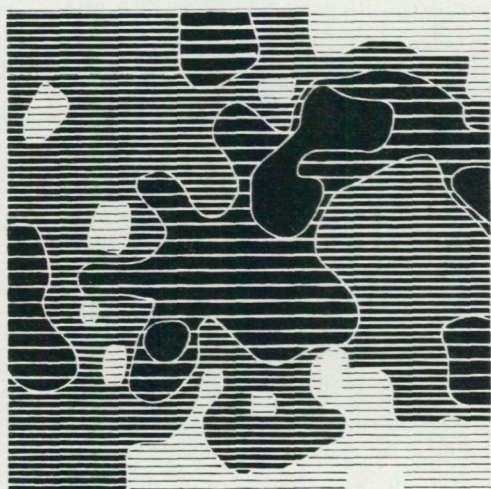
## TOTALRÄKNING 400 PROVYTOR



## SLUMPURVAL 200 PROVYTOR



## SLUMPURVAL 100 PROVYTOR



## SLUMPURVAL 50 PROVYTOR



## KLASSINDELNING :

antal block/provyta

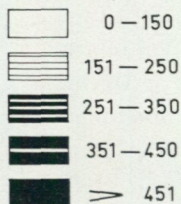


Fig. 25. Isaritnkartor över blockhalten (block > 0.5 m) inom Letsitjaure-området baserade på flygbildsvärden från bildskalan 1:5 700. Kartorna visar effekten av ett slumpurval av provytor vid kartering enligt metod 2.

Maps of the frequency of boulders > 0.5 m in the Letsitjaure region based on values from aerial photographs in 1:5 700. The maps show the effect of a random sample of test areas (method 2). Fig. a is a map based on all the 400 test areas and Fig. b-d are maps based on sample of respectively 200, 100, and 50 test areas. In the legend the boulder frequency is given in number of boulders per test area.

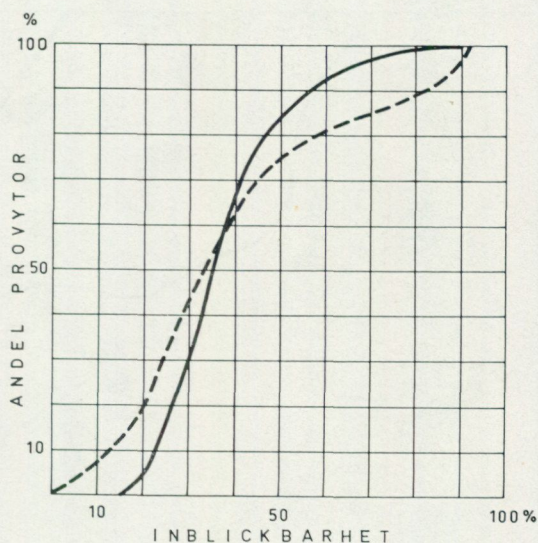


Fig. 26. Kumulativdiagram över inblickbarheten i provytorna inom "Rimbo-området mindre" - fig. 11 - (heldragen kurva) och "Rimbo-området större" - fig. 27 - (streckad kurva).

*Cumulative diagram of the ground visibility (X-axis) in the test areas (Y-axis) of Rimbo. The continuous curve is for the test areas in Fig. 11 and the curve of short dashes is for the test areas in Fig. 27.*

### Metod 3: Subjektiv avgränsning av områden med homogen blockhalt och totalräkning inom slumputvalda provytor

Inom ett mestadels tätbevuxet skogsområde i anslutning till Rimboundersökningens försöksområde har försök gjorts att med en annan karteringsmetodik öka karteringshastigheten. Det använda försöksområdet kallas i fortsättningen "Rimboområdet (större)". Under stereoskop avgränsades områden med till synes homogen blockhalt. Inom dessa områden utvaldes slumpvis provytor, inom vilka sedan en totalräkning av blocken ( $> 0.5$  m) och inblickbarhetskorraktionen utfördes. Den tidigare (s. 47) presenterade klassindelningen användes. Storblockighet har dock ej markerats. Bildskalan 1:7 000 har använts. Av fig. 26 framgår att Rimboområdet (större) har en större andel provytor med mycket hög inblickbarhet än Rimboområdet (mindre), som utnyttjats i metod 1.

Urvalet av provytor utfördes genom koordinatsättning av flygbilden och användande av slumpstabell. Vid urvalet utnyttjades den enligt metod 4 (s. 56) utförda subjektiva bestämningen av blockhalten. För att inte den lägsta blockfrekvensklassen skulle bli överrepresenterad beroende på dess stora areella utbredning, begränsades antalet provytor inom denna klass till 20. Slumpurvalet fortsatte i övrigt till dess samtliga avgränsningsytor erhållit minst en provyta. Normalstorleken för provytorna är  $35 \times 35$  meter. I de fall denna ytstorlek inte har rymts inom avgränsningen har ytstorleken  $17.5 \times 35$  eller  $17.5 \times 17.5$  meter använts. De utvalda provytorna redovisas i kartan i fig. 27. Efter totalräkningen i flygbilder inom de sålunda utvalda provytorna lokaliserades dessa i fält med stöd av för ändamålet färdigställda stereogram och antalet block räknades.

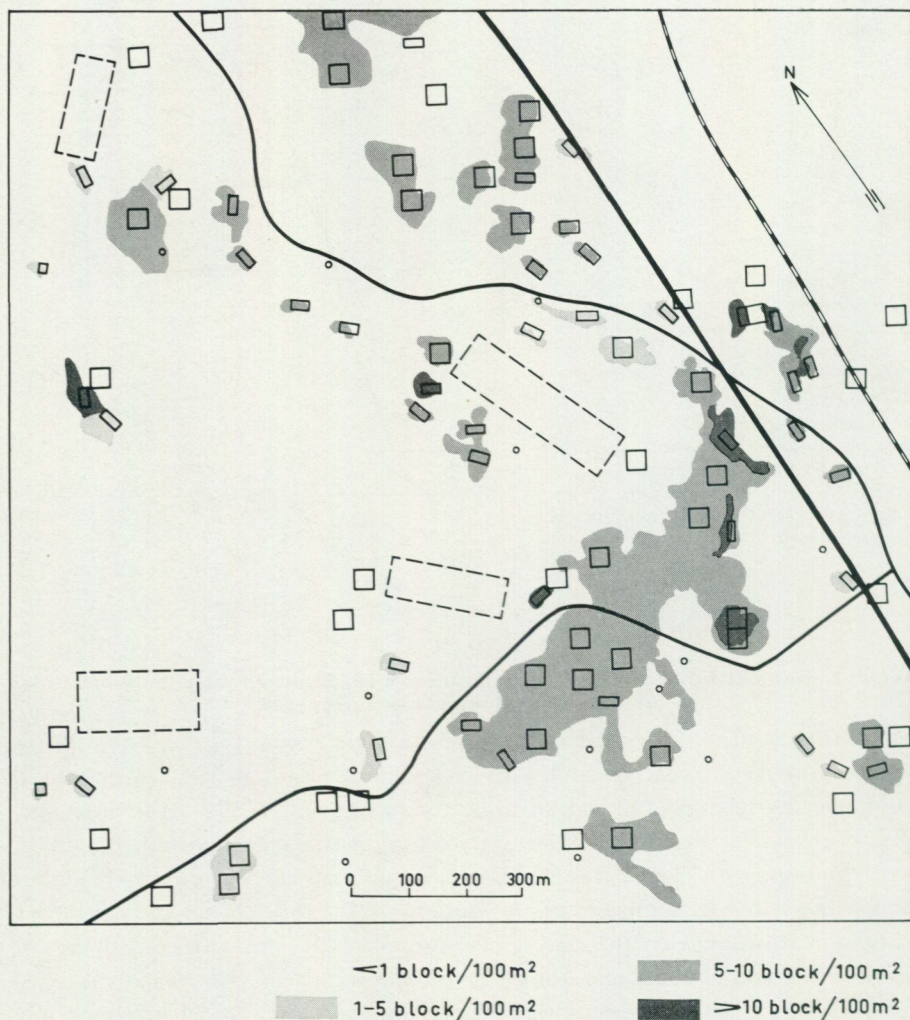


Fig. 27. Karta enligt metod 3 över blockhalten inom "Rimbo-området större". Karteringen avser block  $> 0.5$  m och har utförts i flygbildsskalan 1:7 000. De heldragna kvadraterna och rektanglarna markerar områden där såväl totalräkning av blocken som inblickbarhetsbestämning skett i flygbilder. Dessa ytor har detaljkontrollerats i fält liksom de streckade större ytorna och de små cirkulära ytorna.

Map of the frequency of boulders  $> 0.5$  m in the Rimbo region. The map is based on interpretation of aerial photographs in 1:7 000 by method 3. The boulder frequency in different grey tones is given in the number of boulders/100 m<sup>2</sup>. In the squares and rectangles marked with continuous lines the number of boulders and the ground visibility have been determined in aerial photographs. The boulders in these areas have also been counted in the field. The other test areas - rectangles with lines of short dashes and small circles - have only been superficially studied in the field.

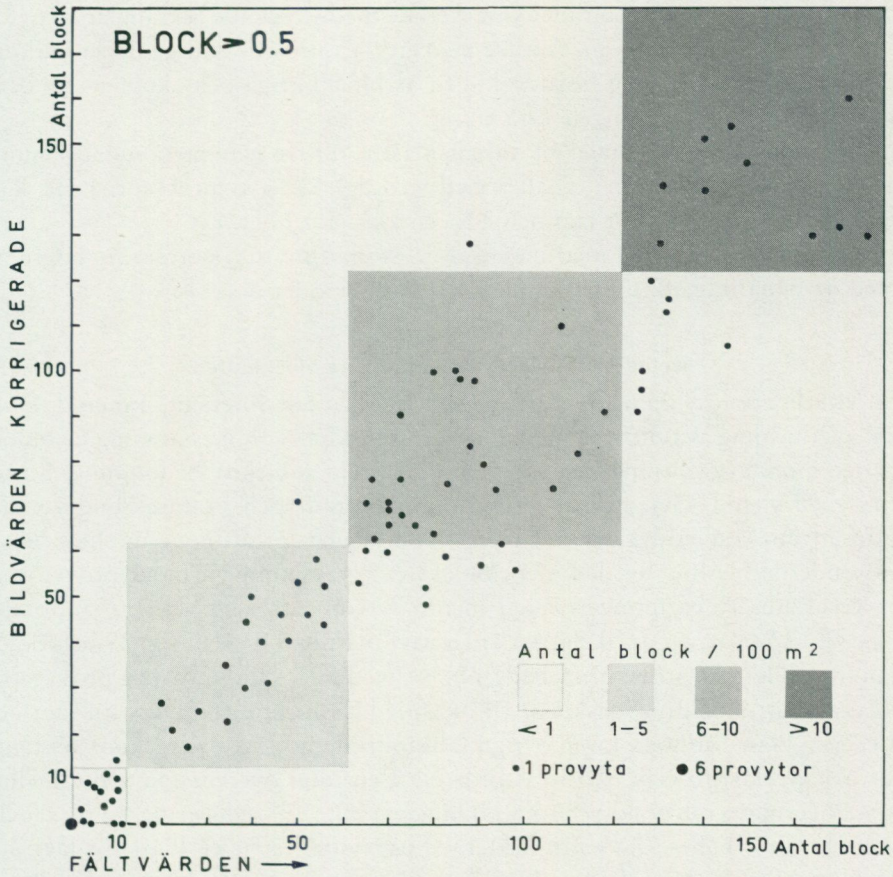


Fig. 28. Jämförelse mellan fältvärden och korrigerade bildvärden för de 91 med heldragna linjer markerade provytorna i blockhaltskartan i fig. 27.

A comparison of field values (X-axis) and corrected photo values (Y-axis) of the number of boulders in the 91 with continuous lines marked test areas in the map of Fig. 27. The boulder frequency classes (boulders > 0.5 m) are marked with different grey tones. Every small dot represents one test area and the large dot in orange represents 6 areas.

Blockhalten inom den utvalda provytan har ansetts vara representativ för hela det avgränsade område, inom vilket den ligger. Fältkontrollen bekräftar detta. För stora områden utvaldes flera provytor och det aritmetiska medelvärdet av deras blockhalt bestämmer områdets markering i blockhaltskartan.

Resultatet av blockhaltskarteringen enligt metod 3 redovisas i fig. 27. Av de 91 fältkontrollerade provytorna har med denna metod 78 % av ytorna klassificerats rätt, 19 % en klass för lågt och 3 % en klass för högt. Sambandet mellan fältvärden och korrigerade bildvärden för de 91 provytorna framgår av fig. 28. Som synes ligger de felklassade provytorna mestadels mycket nära klassgränserna. Vid fältkontrollen har blockhalten – förutom inom de 91 provytorna –

bestämts inom 4 större områden (markerade med streckade rektanglar i fig. 27) och 15 mindre områden (markerade med cirklar). Inom samtliga dessa fältkontrollerade områden, som huvudsakligen är blockfattiga och skogbevuxna, visade sig flygbildskarteringen vara riktig.

Vid reducering av antalet blockhaltsklasser till tre genom sammanslagning av de två högsta klasserna erhålles med metod 3 87% av provytorna rätt karterade, 11% en klass för lågt och 2% en klass för högt.

Karteringshastigheten med metod 3 är 65 ha/tim, d. v. s. avsevärt högre än med de båda tidigare presenterade karteringsmetoderna.

#### **Metod 4: Subjektiv bedömning av blockhalten**

En ytterligare förenkling av karteringsmetodiken har företagits i metod 4; såväl avgränsning av områden med homogen blockhalt som bestämning av blockhalten inom avgränsningarna sker genom en rent subjektiv bedömning. Kartering med metod 4 har utförts inom samma område och i samma bildmaterial som använts i metod 3 och har utförts före denna för att ej ge upphov till en störande minnesbild av den mera objektiva totalräkningen inom provytorna.

Resultatet av karteringen enligt metod 4 redovisas i fig. 29. En jämförelse med fig. 27 visar, att avvikelserna är relativt måttliga. Av de i fig. 29 heldragna fältkontrollerade provytorna hade 68% av de 91 slumputvalda provytorna förts till rätt blockfrekvensklass, 19% hade klassificerats en klass för lågt och 13% en klass för högt. Inom övriga fältkontrollerade ytor (streckade rektanglar och cirklar) förelåg liksom vid metod 3 en total överensstämmelse mellan klassificeringen i flygbild och totalräkningen i fält. Vid reducering till tre blockhaltsklasser erhålles 77% rätt karterade provytor, 13% en klass för lågt och 10% en klass för högt. Det skall understrykas, att en ganska betydande träning i blockhaltskartering är nödvändig för uppnående av goda resultat, speciellt i områden med tät skog som här.

Metod 4 är dubbelt så snabb som metod 3, vilket innebär en karteringshastighet av 130 ha/tim.

#### **Metod 5: Punktgittermetoden**

Inom försöksområdet vid Letsitjaure, vilket är identiskt med det område som karterats enligt metod 2, har Scharp (1968) gjort försök att bestämma blockhalten med hjälp av ett transparent punktgitter, som läggs på flygbilden över provytorna. Bestämningen har utförts i 400 provytor i samma bildmaterial som utnyttjades av Rodemar i metod 2.

Gittret består av 100 systematiskt ordnade punkter med en diameter på 0.08 mm inom en kvadratytta med 8 mm sida (= provytans storlek). Antalet punkter, som vid stereobetraktning föll på block, registrerades. Det mått på blockhalten, som erhöles med denna metod, är blocktäcknadsgraden uttryckt i procent.

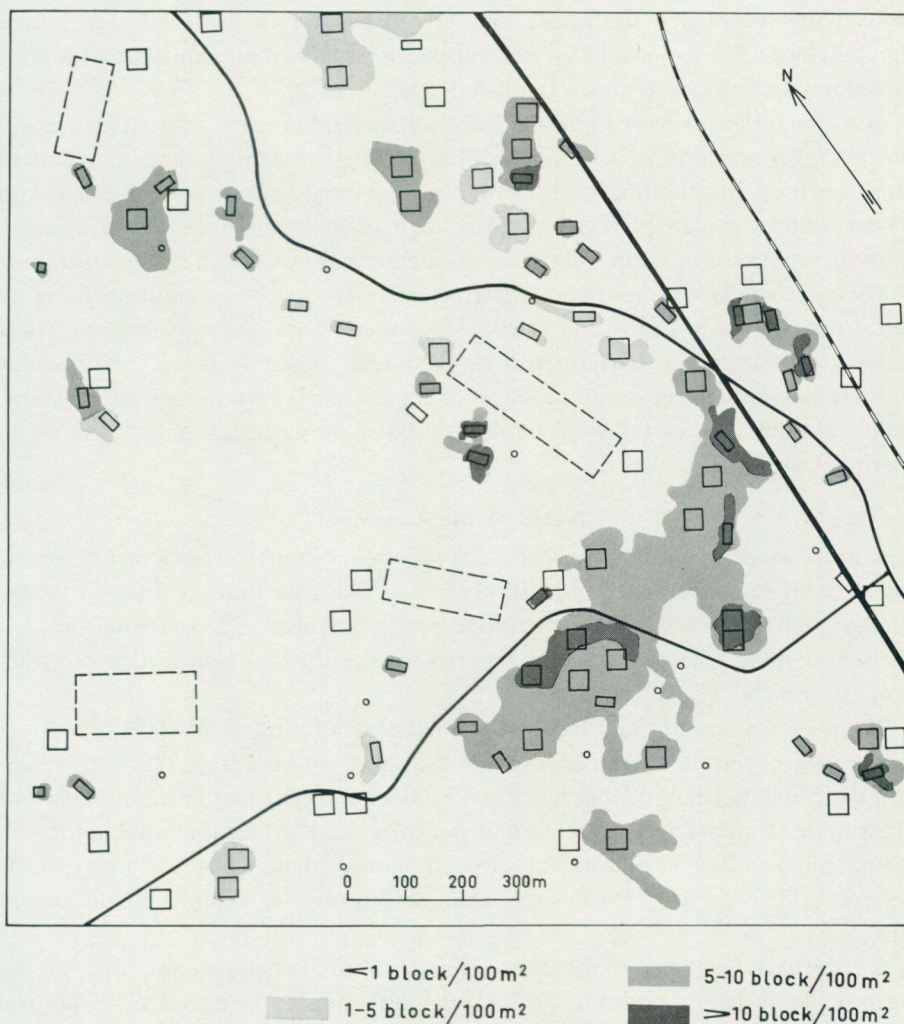


Fig. 29. Karta enligt metod 4 över blockhalten inom "Rimbo-området större". Karteringen avser block  $> 0.5$  m och har utförts i flygbildsskalan 1:7 000. Jämför med fig. 27.

Map of the frequency of boulders  $> 0.5$  m in the Rimbo area. The map is based on interpretation in aerial photographs of 1:7 000 by method 4. Compare with Fig. 27.

Gittermetodens noggrannhet kan inte med säkerhet fastställas, då fältkontroller ej utförts inom Letsitjaureområdet. Scharp har valt att göra jämförelser med Rodemars totalräkning av antalet block identifierade i flygbilden. Något absolut samband mellan gittermetod och totalräkning kan givetvis inte erhållas, då metoderna ger olika mått på blockhalten; blocktäcknadsgraden påverkas ju inte enbart av antalet block utan även av blockstorleken. Vid en regres-

sionsanalys av värden för totala antalet i flygbilder identifierade block och blocktäcknadsgraden erhöles en relativt god korrelation mellan de två bestämningsmetoderna, med en korrelationskoefficient på 0.74.

Gittermetoden är betydligt snabbare än totalräkningen. Inom Letsitjaureområdet var karteringshastigheten 5 ha/tim med gittermetoden, vilket skall jämföras med totalräkningens 1 ha/tim. Genom ett slumpurval av provytor kan karteringshastigheten ytterligare höjas, men på bekostnad av karteringsnoggrannheten. Letsitjaureområdet är, som tidigare nämnts, mycket blockrikt, varför den klassindelning, som har utnyttjats, snarast innebär en finuppdelning av den i metod 3 och 4 använda blockrika klassen. Detta har givetvis påverkat karteringshastigheten. Gittermetodens nackdelar ligger främst i, att användbarheten begränsas till skogfri eller mycket glest skogbevuxna områden. Metodiken blir eljest alltför komplicerad. Metoden är ju också långsammare än metod 3 och 4.

#### Metod 6: Linjetaxering

Det urval av observationspunkter, som sker i punktgittermetoden, kan ersättas med en registrering av blockförekomsten längs en linje av fixerad längd. Blockhalten kan då anges i antal block per längdenhet eller i täcknadsgrad. I det senare fallet måste registrering ske av hur stor andel av den studerade sträckan, som täcks av block.

Inom Letsitjaureområdet har försök med linjetaxering av blockhalten i flygbilder utförts, varvid antalet block, som skäres av en linje, räknas (Scharp 1968). Antalet block per längdenhet har därvid valts som mått och bestämningen har skett under stereoskop längs tre linjer per provyta. Korrelationen mellan totalräkningen av blocken och linjetaxeringen, som utförts inom 100 provytor, är relativt god ( $r_{xy} = 0.75$ ). Tyvärr saknas fälktroller i denna delundersökning.

Karteringshastigheten vid linjetaxering inom Letsitjaureområdet är 10 ha/tim. Även denna metod är för praktisk användning begränsad till skogfria eller glesbevuxna områden.

#### Västerås-Barkarökarteringen. En tillämpad kartering av blockhalt från flygbilder enligt metod 4 och jämförelser med konventionell geologisk kartering

Föreliggande flygbildskartering av blockhalten har utförts av flera skäl. Det har syntts angeläget att inom ett större försöksområde testa möjligheten att flygbildskartera blockhalten. Därtill kommer, att sedan metodundersökningarna inom Rimboområde slutförts, har ett stereoskop med Zoomoptik (Bausch & Lomb Zoom 95), som tillåter upp till 10 ggr förstoring, blivit disponibelt. Detta instrument kunde tänkas ge möjligheter till större noggrannhet i karteringen än instrument med maximal förstoring på 4.5 ggr, som tidigare använts.

Det främsta motivet för karteringen har dock varit att möjliggöra jämförelser mellan flygbildskartering och konventionell geologisk kartering av blockhalten. Härvid har valts att göra jämförelsen mellan den med hänsyn till karteringshastigheten praktiskt användbara metod 4 inom ett område, som finns karterat i ett modernt blad av SGU:s kombinerade berggrunds- och jordartskartor (SGU:s Serie Aa). En bildskala på omkring 1:10 000 eftersträvades med anledning av resultatet i Rimboundersökningen. Dessa önskemål har lett till, att ett 11 km<sup>2</sup> stort område vid Västerås-Barkarö inom geologiska kartbladet Västerås (SGU, Ser Aa, nr 196) utvaldes som försöksområde. Modernt flygbildsmaterial i negativskalan 1:9 000 finns över detta område. Bilddata redovisas i bilaga 1 D. Försöksområdet kan sägas vara bevuxet med måttligt tät skog; bestämning av inblickbarheten har ej skett, men den är uppskattningsvis vanligen 20–50 % i skogsområdena.

Vid blockhaltskarteringen har den på s. 47 presenterade klassindelningen använts. Karteringen har i stort sett begränsats till moränområden, som i stor utsträckning är täckta av skogsvegetation.

#### RESULTAT AV FLYGBILDSTOLKNINGEN

Blockhaltskartan över Västerås-Barkaröområdet (Plansch 1) är publicerad i skalan 1:15 000. Blockfrekvensklasserna vid flygbildskarteringen redovisas med olika färgtoner. Av reproduktionstekniska skäl har rikblockiga områden (5–10 block/100 m<sup>2</sup>) och mycket rikblockiga områden (> 10 block/100 m<sup>2</sup>) sammanförts till en ton i Plansch 1. Bokstaven S anger vad som i flygbild bedömts som storblockig terräng (> 5 block > 1 m/100 m<sup>2</sup>).

För att ge ett mått på noggrannheten i flygbildskarteringen har 108 provytor, vardera 25 × 25 m, utvalts för kontroll i fält. Urvalet har inte skett helt slumpmässigt utan ibland styrts till områden, där stora avvikelser förelegat mellan flygbildstolkning och geologisk kartering. Försök har gjorts att få stor spridning av provytorna såväl i rummet som i fråga om blockhalt.

Av de fältkontrollerade ytorna har vid flygbildskarteringen med *indelningen av blockhalten i tre klasser* (Plansch 1) 80 % klassificerats rätt, 17 % en klass för lågt och 3 % en klass för högt. Den höga träffsäkerheten är anmärkningsvärd och är likvärdig med det resultat som totalräkningen (metod 1) av Rimboområdets 200 provytor gav (84 %).

Vid kartering med metod 4 och *indelning av blockhalten i fyra klasser* erhöles inom Västerås-Barkaröområdet 75 % rätt klassificerade provytor, 19 % en klass för lågt och 6 % en klass för högt. Dessa värden kan jämföras med respektive 68 %, 19 % och 13 % inom det utvidgade Rimboområdet, där samma metod och samma klassindelning användes.

En mer detaljerad klassindelning ger självfallet större möjligheter till felbestämning. Skillnaderna i karteringsresultat med samma metod och samma klass-

indelning i de två olika försöksområdena är svårare att förklara, då säkerligen flera faktorer samverkar. En faktor är, att en ökad träning i bedömning enligt metod 4 ger bättre tolkningsresultat. Skillnader i inblickbarhet mellan försöksområdena är naturligtvis också av betydelse. Skillnaderna i detta avseende mellan försöksområdena är dock så liten, att den knappast helt kan förklara det bättre karteringsresultatet i Västerås-Barkaröområdet.

En väsentlig orsak till det bättre tolkningsresultatet i Västerås-Barkaröområdet är säkert, att ett stereoskop med Zoomoptik använts, vilket ger möjligheter att arbeta under upp till 10 ggr förstoring. I övriga områden har den maximala förstoringen varit 4.5 ggr.

För att ytterligare belysa noggrannheten i karteringen (plansch 1) anges i tabell 6 inom vilka fältvärden de bildtolkade provytorna varierar och hur många provytor inom respektive klass som feltolkats. Av de felklassade provytorna ligger flertalet mycket nära klassgränserna. Största antalet felklassningar

**Tab. 6. Resultat från fältkontrollen av den flygbildskarterade blockhaltskartan över Västerås-Barkaröområdet**

*Results from the field check of the boulder frequency map in the Västerås-Barkarö region.*

Blockhalt enligt bildtolkning <i>Boulder frequency in conformity with aerial photo interpretation</i>	Antal provytor <i>Number of test areas</i>	Blockhalt enligt fältkontrollen Block/100 m <sup>2</sup> <i>Boulder frequency in conformity with field check Boulders/100 m<sup>2</sup></i>	Antal feltolkade provytor <i>Number of incorrectly interpreted test areas</i>	Anmärkingar <i>Notes</i>
I. Blockfattig <i>Low frequency (&lt;1 b/100 m<sup>2</sup>)</i>	36	Block > 0.5 m <i>Boulders &gt; 0.5 m</i> 0.0–2.4	14	7 > 1.5, 2 > 2.0 block boulders/100 m <sup>2</sup>
II. Normalblockig <i>Medium frequency (1–5 b/100 m<sup>2</sup>)</i>	39	1.6–6.7	4	
III. Blockrik <i>High frequency (5–10 b/100 m<sup>2</sup>)</i>	20	4.5–15.8	5	
IV. Mycket blockrik <i>Very high frequency (&gt; 10 b/100 m<sup>2</sup>)</i>	13	8.3–21.3	3	
III. + IV.	33	4.5–21.3	3	
S Storblockigt <i>High frequency of large boulders (&gt; 5 b/100 m<sup>2</sup>)</i>	11	Block > 1 m <i>Boulders &gt; 1 m</i> 4.6–8.6	3	

har skett inom den blockfattiga klassen, dit 14 normalblockiga provytor förts. Av dem har 7 mer än 1.5 block/100 m<sup>2</sup> och endast två av dem har mer än 2.0 block/100 m<sup>2</sup>. Vid en kartering torde en sådan felklassning sakna praktisk betydelse.

Den här förda diskussionen av noggrannheten i Västerås-Barkarökarteringen grundar sig på relativt få fältkontrollerade ytor, inom vilka kvantitativa bestämningar av blockhalten skett. Fältkontrollen kan emellertid i realiteten sägas vara total, då praktiskt taget varje del av försöksområdet genomströvats. Samstämmigheten mellan härvid fältiakttagen blockhalt (utan kvantifiering) och flygbildskarteringen gav ett intryck av, att den noggrannhet, som de utvalda provytorna uppvisar, är representativ för hela försöksområdet.

Karteringen i flygbilder av Västerås-Barkaröområdet har tagit 8 timmar i anspråk, vilket innebär en karteringshastighet på ung. 130 ha/tim – således samma karteringshastighet som inom Rimboområdet med samma metod. Stora delar av Västerås-Barkaröområdet är öppna sedimentfält, varför karteringen borde gått snabbare. Den stora förstöringsgrad, som Zoomoptiken tillåter, möjliggör emellertid mera ingående detaljstudier i skogsområden. Detta ger större karteringsnoggrannhet, men är givetvis samtidigt tidskrävande.

#### DEN GEOLOGISKA KARTERINGEN AV MORÄNENS BLOCKHALT INOM VÄSTERÅS-BARKARÖOMRÅDET

I plansch 1 har geologiska kartans (SGU, Ser. Aa, nr 196) symboler för moränens blockhalt införts. Det skall starkt understrykas, att de jämförelser med flygbildstolkning och fältkontroller som görs inte är helt rättvisande, då geologiska kartans symboler kraftigt uppförstorats (3 1/3 ggr) från en relativt starkt generaliserad redovisning. Därtill kommer att prioritering för andra markeringar ibland måste ske och att klassindelningen vid den geologiska karteringen ej bygger på väldefinierade kvantitativa mått. Svårigheterna att göra direkta jämförelser är därför uppenbara. Vid bildtolkning och fältkontroll har endast block >0.5 m redovisats, medan SGU:s kartering även omfattar block av storleken 0.2–0.5 m. Inom försöksområdet finns dock inte några områden, där blockstorleken 0.2–0.5 m dominerar, varför detta förhållande ej bör störa jämförelserna.

En möjlighet att redovisa noggrannheten i geologiska karteringen är, att för de 104 på moränområden utlagda kontrollytorna redovisa vilka fältvärden, som geologiska kartans markering av blockhalten svarar mot (se tabell 7). Symbolerna i geologiska kartan har tolkats så, att de representerar en cirkelyta med centrum i symbolens mitt och med en radie motsvarande halva avståndet till närliggande symbols mittpunkt. Den symboltäthet, som anges i geologiska kartbladets teckenförklaring, har härvid varit normgivande.

**Tab. 7. Resultat från fältkontrollen av det geologiska kartbladets (SGU, Ser. Aa, Nr 196) blockhaltskartering**

*Results from the field check of the boulder frequency mapping in the geological map (SGU, Ser Aa, Nr 196).*

Blockhalt enligt SGU, Ser. Aa, 196 <i>Boulder frequency in conformity with the geological map</i>	Antal provytor <i>Numb. of test areas</i>	Blockhalt enligt fältkontrollen Block/100 m <sup>2</sup> <i>Boulder frequency in conformity with the field check Boulders/100 m<sup>2</sup></i>	Antal "felkarterade" <sup>1)</sup> provytor <i>Number of "incorrectly"<sup>1)</sup> mapped test areas</i>	Anmärkingar <i>Notes</i>
Blockfattig <i>Low frequency</i>	40	Block Boulders > 0.5 m 0.0-9.4	27	7 > 5.0, 15 > 3.0 block boulders/100 m <sup>2</sup>
Normalblockig <i>Medium frequency</i>	14	0.0-15.8	9	4 > 5.0, 4 < 1.0 block boulders/100 m <sup>2</sup>
Blockrik <i>High frequency</i>	28	0.8-18.6	14	14 < 5.0, 8 < 3.0 block boulders/100 m <sup>2</sup>
Storblockigt <i>High frequency of large boulders</i>	22	Block Boulders > 1 m 0.0-8.6	14	5 < 2.0 block/100 m <sup>2</sup> boulder/100 m <sup>2</sup>

1) Med "felkarterade" ytor avses kontrolltytor, som avviker från den vid fältkontrollen gällande klassindelningen.

1) "incorrectly" mapped test areas are areas which in the geological map disagree with the classifying system used in the field check.

Fältkontrollen visade, att spridningen i blockhalten är stor inom de i geologiska kartan använda blockhaltsklasserna. Verkligt blockfattiga områden har ibland markerats som blockrika och omvänt. Ytor, som helt saknar block > 1 m, har betecknats som storblockiga i några fall. Det skall dock ännu en gång starkt understrykas, att antagandet om direkt jämförbarhet av de två klassindelningssystemen är synnerligen osäkert, då några kvantitativa mått på klassgränserna inte ges i beskrivningarna till de geologiska kartbladen (jfr. s. 7). Med denna reservation redovisas följande jämförelse mellan geologiska kartan och fältvärdena för de 104 kontrolltytor. I 39 % av provytorna råder samstämmighet mellan geologiska kartan och fältkontrollen. I geologiska kartan har 23 % av provytorna klassats en klass högre, 6 % två klasser högre, 31 % en klass lägre och 1 % två klasser lägre än vid fältkontrollen med totalräkning av blocken i varje provyta.

### Sammanfattning av möjligheten att med olika metoder kartera markytans blockhalt från flygbilder

I föregående avsnitt har presenterats olika metoder att kartera markytans blockhalt. Det hade varit önskvärt, att de olika metoderna hade prövats i flera försöksområden med varierande terrängtyp och skogtäcknad. Av tids- och kostnadsskäl har undersökningarna dock fått inskränkas till de redovisade försöksområdena och resultaten av dessa begränsade försök måste därför utgöra underlag för den följande diskussionen.

De utförda undersökningarna visar, att det är möjligt, att med flygbildstolkning kartera markytans blockhalt med stor noggrannhet även i relativt täta skogsbestånd (inblickbarhet ned till cirka 20 %), om bildskalan 1:10 000 eller större användes.

En avvägning mellan noggrannhet å ena sidan och tidsåtgång och kostnad å andra sidan är givetvis nödvändig för en bedömning av de olika metodernas användbarhet. I tabell 8 ges en sammanställning av de karteringshastigheter och noggrannheter, som framkommit vid försökskarteringarna med de olika metoderna. Karteringarna är inte i alla fall direkt jämförbara, då de utförts inom skilda försöksområden, i olika bildmaterial och med stereoskop med olika förstöringsgrad. Dessutom har antalet blockhaltsklasser varierat, vilket givetvis inverkar på karteringsnoggrannheten. För metod 2, 4 och 6 kan inte absoluta mått på noggrannheten anges, då fältkontroller ej företagits, utan jämförelser enbart måst göras med en totalräkning av blocken i flygbilder. Dessa metoder har heller inte prövats av författaren till denna uppsats, varför resultaten inte är fullt jämförbara med resultaten från de övriga metoderna. De karteringshastigheter, som anges i tabell 8, innefattar inte någon fältkontroll.

*Metod 1* är beroende på den låga karteringshastigheten inte användbar för praktisk kartering annat än vid mycket små arealer eller i specialundersökningar, där noggrannheten värderas mycket högt.

*Metod 2* med slumpurval av provtytor har inte medtagits i ovan nämnda tabell. Redan vid ett 25-procentigt urval, vilket ger karteringshastigheten 4 ha/tim, börjar kartbilden väsentligt avvika från totalräkningen. Letsitjaureområdet är mycket blockrikt, vilket tillsammans med indelningen i 5 klasser delvis förklarar den låga karteringshastigheten för metod 2 och också för metod 5 och 6. *Metod 5 och 6* torde dock i skogfri terräng vara användbara, men då absoluta noggrannhetsmått ej kan anges för dessa metoder, skall de här inte ytterligare kommenteras.

En jämförelse av noggrannhetsvärdena för metod 1 inom Rimboområdet (mindre) och *metod 3* inom Rimboområdet (större) ger ett intryck av, att metod 3 skulle ge högst noggrannhet, vilket är osannolikt. Förklaringen ligger med säkerhet i, att försöksområdena inte är helt jämförbara, då Rimboområdet (mindre) har en mindre andel provtytor med mycket hög inblickbarhet.

**Tab. 8. Sammanställning av olika metoders karteringsnoggrannhet och karteringshastighet**

Karteringsmetod	Försöksområde	Antal blockhaltsklasser	Karteringsnoggrannhet			Karteringshastighet ha/tim	Anm.
			1 kl. lågt	rätt	1 kl. högt		
1. Totalräkning	Rimbo (mindre) (200 provytor) Letsitjaure (400 provytor)	3	9 %	84 %	7 %	2.5	(Rodemar) Mkt blockrikt. 100 % inblickbarhet
		5				1	
3. Subjektiv avgränsning och totalräkning inom slumpurvalda provytor	Rimbo (större) (91 provytor)	4	19 %	78 %	3 %	65	Blockrikt och mkt blockrikt sammanfört
		3	11 %	87 %	2 %	65	
4. Subjektiv avgränsning och bedömning	Rimbo (större) (91 provytor)	4	19 %	68 %	13 %	130	Blockrikt och mkt blockrikt sammanfört
		3	13 %	77 %	10 %		
	Västerås-Barkarö (108 provytor)	4	19 %	75 %	6 %	130	Zoomstereoskop med upp till 10 ggr först. har använts  Inblickbarhet bättre än i Rimbo-omr.
		3	17 %	80 %	3 %		
5. Punktgitter	Letsitjaure (400 provytor)	5				5	(Scharp)
6. Linjetaxering	Letsitjaure (100 provytor)	5				10	(Scharp)

Karteringsnoggrannheten i de relativt subjektiva *metoderna 3 och 4* är anmärkningsvärt hög och uppnås givetvis inte utan en betydande träning. Jämförelsen mellan de båda metoderna är intressant, då försökskarteringarna har skett inom samma område och i identiskt bildmaterial. Metod 4 ger något lägre karteringsnoggrannhet än metod 3 (tabell 8), men detta kompenseras av en fördubblad karteringshastighet, varför metod 4 torde vara lämpligast för flertalet ändamål.

Betydelsen av antalet blockhaltsklasser för tolkningsresultatet framgår också av tabell 8. En utökning från tre till fyra klasser innebär en sänkning av andelen rätt klassade provytor med cirka 10 procentenheter.

Inom Västerås-Barkaröområdet är karteringsnoggrannheten något högre än inom Rimboområdet vid användning av metod 4. Förklaringen torde, som tidigare nämnts, vara den bättre instrumenteringen och den något större inblickbarheten inom Västerås-Barkaröområdet.

Vid samtliga metoder, som prövats för kartering av markytans blockhalt i flygbilder, har ett bildmaterial med skalan 1:10 000 eller större använts. Den relativt låga flyghöjden – omkring 1500 m vid användning av 15 cm kamera-brännvidd – är ur kostnadssynpunkt till stor nackdel. Därtill kommer att möjligheten att utföra blockhaltskarteringar begränsas till specialfotograferade områden, så länge flyghöjden i omdrevsfotograferingen är 4600 m. Accepteras en lägre karteringsnoggrannhet än den som redovisas i metod 4, kan tolkningen givetvis ske i bildmaterial fotograferat från högre höjd än 1500 m. Angående rekommendationer av bildskala, filmslag m.m. hänvisas till den i avslutning till Rimboundersökningen redovisade sammanställningen på s. 46.

De noggrannhetsvärden, som angivits för olika metoder, avser karteringsresultat utan några korrekationer vid fältkontroll. Normalt bör givetvis en sådan förekomma; vid blockhaltskartering kan den med fördel koncentreras till områden med tät skog.

## SPECIALSTUDIER AV BLOCKMARK I FLYGBILDER

Rimboundersökningen visade, att möjligheter finns, att utföra även detaljerade studier av blockhalt och av egenskaper hos blocken, om ett storskaligt bildmaterial användes. Detta har föranlett följande detaljundersökningar:

- Kartering av ändmoräner
- Studier av blockorientering inom några olika moränformer
- Studier av blockfördelningen på några åspartier i Uppland
- Studier av blockens storleksfördelning inom en talusbrant
- Flygbildskartering av blocksänkor

Dessa undersökningar syftar främst till en presentation av metodik och en exemplifiering av hur detaljstudier av block i flygbilder kan användas.

### Kartering av ändmoräner

Kartering från flygbilder av ändmoräner av De-Geer-moräntyp stöter inte på några större svårigheter i områden med gles vegetation, t.ex. inom delar av Norrbottens län (Hoppe 1948), eller i områden som Åråsviken i Vänern, där ändmoränryggarna sticker upp ovanför sjöytan. Det sistnämnda området är beskrivet av bl. a. De Geer (1940), G. Lundqvist (1954), Hoppe (1957) och J. Lundqvist (1960); flygbild hos Hoppe, s. 5, karta grundad på flygbildstolkning hos J. Lundqvist, s. 41. I uppodlade sedimentområden framträder ändmoräner tydligt i flygbilder, även om de är tätt skogbevuxna. Det är däremot betydligt svårare att identifiera dem inom skogbevuxna moränområden.

Vid detaljkartering av markytans blockhalt inom Västerås-Barkaröområdet (plansch 1) visade sig blockhalten många gånger avspegla ändmoränernas sträckning. Detta förhållande har utnyttjats för en detaljkartering av dem med blockhalten som en viktig tolkningsindikator. Karteringen utfördes i bildskallorna 1:9 000, 1:16 000 och 1:25 000. Data om det använda bildmaterialet redovisas i bilaga 1 D. Flygbildstolkningen har utförts i Bausch & Lomb Stereoscope Zoom 95. Tolkningarna skedde innan området hade studerats i fält.

Resultatet av flygbildskarteringen i 1:9 000 redovisas i plansch 2. I kartan anges med särskilda tecken flygbildstolkade, fältkarterade och i geologiska kartan (SGU, Ser. Aa, nr 196) förekommande ändmoräner. Skogbevuxna områden har särskilt markerats. Vid fältkontrollen har varje flygbildstolkad moränrygg kontrollerats. Terrängen penetrerades därvid fullständigt och ett fåtal tidigare ej flygbildstolkade moränrygg påträffades. Ändmoränmarkeringarna i det geologiska katbladet har vid överföring till plansch 2 uppförstorats

från skalan 1:50 000. Denna skala förutsätter givetvis en generalisering i återgivningen av tätt liggande ändmoränryggar, vilket till en del förklarar, att så få av de befintliga ändmoränerna karterats.

Inom försöksområdet finns 215 ändmoränryggar och av dessa ligger 98 helt inom skogsområden. Karteringsnoggrannheten i de olika flygbildsskalorna framgår av följande sammanställning:

Bildskala	Procentuell andel karterade ändmoräner
1: 9 000	90 %
1:16 000	70 %
1:25 000	62 %

Skillnaderna i karteringsnoggrannhet mellan de olika bildskalorna är som synes ganska stor. Störst är avvikelserna inom skogsområdena. Västerås-Barakaröområdet kan sägas vara bevuxet med måttligt tät skog; inblickbarheten i skogsområdena är vanligen 20–50 %. För en noggrann kartering av ändmoräner inom sådana områden krävs en bildskala omkring 1:10 000 eller större vid användande av pankromatisk film. Av de 98 helt inom skogsområden liggande ändmoränerna har i skalan 1:9 000 80 % karterats i hela sin utsträckning, 8 % delvis och resterande 12 % har helt förbigåtts.

I det geologiska bladet "Västerås" (SGU, Ser. Aa, nr 196) har endast 28 % av de 215 ändmoränerna markerats. Publiceringsskalan och den nödvändiga generaliseringen har redan framhållits som en orsak till detta förhållande. En prioritering för andra tecken kan också ibland ha måst ske. En dålig topografisk underlagskarta kan också ha bidragit. Det är dock uppenbart, att många ändmoränryggar helt förbigåtts vid den geologiska karteringen. Vissa av de i geologiska kartan markerade ändmoränerna, t.ex. inom ruta 6 A och 7 B i plansch 2, kan nu inte återfinnas vare sig i relativt nytagna flygbilder eller i fält, trots att de markerats ute på uppodlade sediment. Sedan den geologiska karteringen genomfördes 1950–1952 kan spår av ändmoräner, som då nätt och jämnt stack upp ur sedimenten, ha utplånats i samband med jordbearbetningen. En kontroll i flygbilder i skalan 1:20 000 från 1946 visar, att så är fallet med ändmoränen öster om vägen i norra delen av ruta 6 A. Denna ändmorän syns i det äldre bildmaterialet och enstaka träd växer på den. Den väster om vägen i 6 A enbart i geologiska kartan markerade ändmoränen avser troligen en längre åt väster omedelbart utanför plansch 2 belägen ändmoränrygg. De enbart i geologiska kartan markerade ryggarna i nordvästra delen av ruta 7 B i plansch 2 återfinns inte heller i det äldre bildmaterialet.

Carlstein och Erwall har 1968 utfört en kartering av ändmoräner från flygbilder inom ett område vid Hagby söder om Vallentunasjön i Uppland. Området är ur tolkningssynpunkt svårt, då endast 30 % av området är öppen terräng,

medan 20 % utgöres av tätbebyggt område eller sjöar och 50 % skog. Skogen är vanligtvis mycket tät; inblickbarhet på blott 5–10 % är mycket vanlig. Därtill kommer att skogsområdena har en mycket bruten topografi med nivåskillnader på ungefär 40 meter. Ändmoränerna i området är vanligen korta (30–60 m) och låga (1.5–3 m). Vid fältkartering inom försöksområdet efter flygbildstolkningen hittade Carlstein och Erwall 85 ändmoräner, varav 21 låg på öppet fält, 20 i skogsbryn, 40 i skog och 4 inom bebyggt område. Den geologiska karteringen (SGU, Ser. Ae, nr 1 och 2) visade sig, vad avser ändmoränkarteringen, vara mycket noggrann. Av försöksområdets 85 ändmoräner har 83 angivits i geologiska kartan. Flygbildstolkningen, som utfördes i skalorna 1:30 000, 1:13 000 och 1:5 300 i stereoskop med maximalt 4.5 gångers förstoring, gav följande resultat:

Terrängtyp	Antal ändmoräner	Andel flygbildstolkade ändmoräner		
		1:30 000	1:13 000	1:5 300
Öppen terräng	21	78 %	94 %	94 %
Skogsbryn	20	55 %	74 %	80 %
Skog	40	5 %	3 %	5 %
Bebyggelse	4	—	—	—
Hela området	85	45 %	45 %	55 %

Tolkningsresultatet är betydligt sämre än i Västerås-Barkaröområdet. Orsaken är som synes främst de små möjligheter till identifiering av ändmoränerna i den täta skogen. Försök har även gjorts med stereoskopet med Zoomoptik, men tolkningsresultatet förbättrades endast obetydligt. Möjligen skulle en mera tränad flygbildstolkare nå något bättre resultat. I samband med Rimbundersökningen påpekades att flygbildskarteringen av blockhalten blir mycket osäker, om inblickbarheten understiger 20 %. Detta gäller även vid kartering av ändmoräner.

Troligen erhålles ett något bättre resultat om färgfilm användes; de tidigare redovisade blockhaltskarteringarna tyder på det. Vid undersökningar i Finland har visats, att spektrozonalfilm är överlägsen pankromatisk film för tolkning av ändmoräner. I myrområden framträdde i flygbilder ändmoräner av De-Geer-moräntyp t. o. m. trots att de var begrävda av torv. I pankromatiska bilder identifierades ändmoräner under 2.5–3 meter torv och i spektrozonalfilm under maximalt 4 meter (Helle o. Ylinen 1968, s. 22).

Sammanfattningsvis kan sägas att ändmoränkartering från flygbilder kan utföras med gott resultat inom områden där inblickbarheten är större än 20 %. Även i småskaligt bildmaterial erhålles i sådana områden ibland ett betydligt bättre karteringsresultat än vid konventionell geologisk kartering utan flygbildstolkning. Givetvis bör markkontroller ändå företas.

### Studier av blockorientering inom några olika moränformer

Studier av riktningen på blockens längsaxel har bedrivits av åtskilliga forskare bland annat för påvisande av isrörelseriktningar och diskussion av olika terrängformers genes. Bl. a. har Andrews (1965) redovisat systematiska studier av orienteringen hos ytligt liggande block på olika moränformer i arktiska Kanada. I Nordsverige har bestämning av blockorientering företagits i flygbilder av Holdar (1957, s. 444) på de komplicerade bildningarna i Kärkevagge. Därvid har uteslutande mycket stora block utnyttjats.

För att kunna bestämma blockens orientering i flygbilder krävs, såvida blocken inte är mycket stora, ett storskaligt bildmaterial och stor instrumentförstoring. I föreliggande undersökning, som närmast syftar till att exemplifiera den möjlighet som detaljstudier i flygbilder erbjuder, har zoomstereoskopet använts. Data om det utnyttjade bildmaterialet redovisas i bilaga 1 E. Vid orienteringsbestämningen har valts block, som synes ligga förankrade i markytan och är utpräglat långsträckta (längden  $> 2 \times$  bredden). Block, som ligger på branta sluttningar i lägen där de kan ha flyttats genom glidning eller rullning, har uteslutits. Det är nämligen angeläget, att sekundärt flyttade block inte registreras, då målsättningen är att se om blockorienteringen har något samband med isrörelseriktningen.

### BLOCKORIENTERING PÅ DRUMLINISERAD ROGENMORÄN

Krig sjön Rogen i sydvästra Härjedalen ligger typlokalen för den s.k. Rogenmoränen, en väldefinierad typ av moränbacklandskap. Den karakteriseras av ryggar, av vilka flertalet är tvärställda i förhållande till dalgångarna och isrörelseriktningen. En stor blockrikedom är också utmärkande. Bildningssättet kan ännu inte anses klarlagt. Hoppe (1952, s. 60) anger flera tungt vägande argument för ett subglacialt bildningssätt, t. ex. att rullstensåsar ibland slingrar sig fram över moränlandskapet och att skvalrännor i andra fall är inskurna i ryggar. För några år sedan har Hoppe också i flygbilder påträffat låga ryggar i isrörelseriktningen överlagrande moränryggar av Rogenmoräntyp vid Tärnasjön i Västerbotten. Dessa tolkas som ett resultat av drumlinisering (Hoppe 1968, s. 11).

Vid flygbildstolkning av ett bildmaterial från 1966 har en tydlig striering iakttagits över vissa moränryggar norr om sjön Rogen (fig. 30) och norr om Myskelsjön i sydvästra Härjedalen. Isrörelseriktningen inom området är tidigare dåligt dokumenterad, då de räffelobservationer, som redovisats, varit från högre nivåer. Under sommaren 1968 påträffade B. Strömberg och förf. norr om sjön Rogen en räfflad hällyta 2.5 km SO om det strierade området (fig. 30). Hällytan uppvisade tydlig stöt- och läsida. Räfflorna angav en isrörelse från



Flygfoto: Rikets allmänna kartverk år 1966.

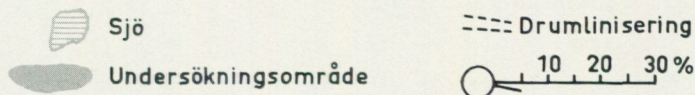
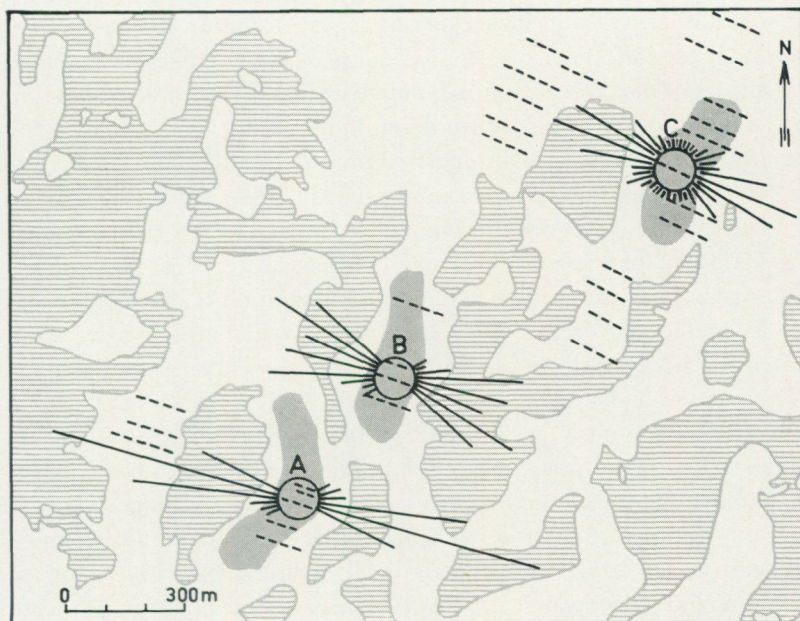
Fig. 30. Flygbild över typlokalen för den s. k. Rogenmoränen – ett moränbacklandskap norr om sjön Rogen, Härjedalen. Observera drumliniseringen av moränryggarna t. ex. i bildens nordvästra del. I sydost har inlagts en räffelobservation.

*Aerial photograph of the Rogen type of moraine landscape – a hummocky moraine area – north of Lake Rogen in Härjedalen in Central Sweden. Observe the drumlinization of the moraine ridges, e. g. in the NW corner of the photo. In SE a locality with a glacial striae is marked.*

N 99–105°E. Den i flygbilderna iakttagna strieringen är orienterad i N 100–110°E och ligger sålunda i isrörelseriktningen. Det torde alltså röra sig om en drumlinisering eller ”fluting” (Hoppe o. Schytt 1953) av Rogenmoränryggarna.

Under sommaren 1968 har arbeten påbörjats inom Rogen- och Myskelsjöområdena, som med sina rika formvariationer synes kunna ge viktiga bidrag till diskussionen om Rogenmoränens genes. Förekomsten av en drumlinisering över Rogenmoränryggarna utgör ett viktigt argument i denna diskussion. I denna uppsats skall dock endast redovisas försök att i flygbilder fastställa blockorienteringen inom de strierade områdena.

I kartan i fig. 31 återges tre blockorienteringsdiagram baserade på bestäm-



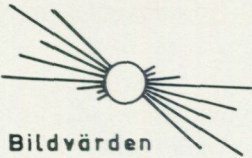



OMRÅDE B	OMRÅDE C
 <p data-bbox="246 1106 393 1133">Bildvärden</p>	 <p data-bbox="646 1106 793 1133">Bildvärden</p>
 <p data-bbox="246 1270 393 1297">Fältvärden</p>	 <p data-bbox="640 1270 787 1297">Fältvärden</p>

Fig. 31. Uptill: Karta över en del av Rogen-området – nordvästra delen av fig. 30 – med drumliniseringen antydd. Orienteringsdiagrammen anger resultatet av riktningbestämningar i flygbilder av 100 block i vardera av försöksområdena A, B och C.

Nedtil: Jämförelse mellan orienteringsbestämning av block i flygbild och i fält inom område B och C.

Upper diagram: Map of a part of the Rogen area – northwestern part of Fig. 30 – with drumlinization indicated with lines of short dashes. The orientation diagrams show the orientation of 100 boulders determined in aerial photographs in each of the areas A, B and C (marked with a grey tone).

Lower diagram: A comparison between determination in aerial photographs (upper) and in the field (lower) of the boulder orientation in test area B (to the left) and C (to the right).

ningar i flygbilder. Orienteringsbestämningarna i område A och B har utförts i förstoringar till 1:10 000 från negativskalan 1:30 000, vilket endast möjliggör registreringar av block omkring och större än 1 m. I område C har kontaktkopior i 1:13 000 utnyttjats. De tre diagrammen redovisar vardera 100 block.

Inom område B och C har rikttningsbestämning av 100 block skett även i fält, varvid även block mellan 0.5 och 1 m registrerats. Detta förfaringsätt kan försvaras, då ingen skillnad i orientering mellan dessa blockstorlekar kunnat konstateras. Jämförelsen mellan bildvärden och fältvärden i fig. 31 visar, att bildbestämningarna väl återger den rådande dominerande blockorienteringen och således är en lämplig metod för rikttningsbestämning. Ett relativt storskaligt bildmaterial rekommenderas dock, för att man med säkerhet skall kunna särskilja löst pålagrade och fast förankrade block.

De inom Rogenoområdet utförda rikttningsbestämningarna visar, att de i flygbilden strierade områdena har en dominerande orientering av långsträckta block, som sammanfaller med strierings- och isrörelseriktningen. Detta är ytterligare ett argument för att det verkligen är fråga om drumlinisering. Denna är mycket svår att upptäcka i fält, då det i detta område rör sig om mycket flacka bildningar. Möjligen är det just blockens orientering som gör, att drumliniseringen så väl framträder i flygbilder.

#### BLOCKORIENTERING PÅ "FLUTED MORaine SURFACES"

Framför retirerande glaciärtungor finns ofta "fluted moraine surfaces" med låga parallella moränryggar i isrörelseriktningen (Hoppe o. Schytt 1953). Hoppe har framhållit, att vid Brúarjökull på Island många av dessa ryggar ligger i lä av ganska stora block och att dessa ofta är förankrade i underliggande material. Blockens längsaxel är ofta orienterad i isrörelseriktningen (a.a., s. 108).

Framför Suotas- och Vartasglaciärerna i Sarek framträder i flygbilder välutvecklade "fluted moraine"-ytor. De är även i fält mycket framträdande. Inom dessa ytor har i flygbilder (skala 1:6 500) orienteringen av de långsträckta blocken bestämts. Resultatet av rikttningsbestämningarna redovisas i fig. 32 och 33. 100 block har bestämts inom varje med gråton markerat område. En klart dominerande orienteringsriktning framträder och den stämmer i stort överens med en isrörelseriktning, som är vinkelrät mot glaciärfronten.

---

Fig. 32 och 33. Resultat av blockorienteringsbestämning i flygbilder inom "fluted moraine surfaces" framför Suotas- och Vartasglaciärerna i Sarek, Lappland. Varje diagram redovisar 100 block inom de med gråton markerade områdena. De streckade linjerna antyder "fluted moraine"-ryggar.

*The orientation of boulders on fluted moraine surfaces in front of Suotasglaciären and Vartasglaciären in Sarek, Swedish Lapland. The orientation is determined from aerial photographs and each diagram shows the orientation of 100 boulders in the area marked with a grey tone. The lines with small dashes indicate the fluted moraine ridges.*

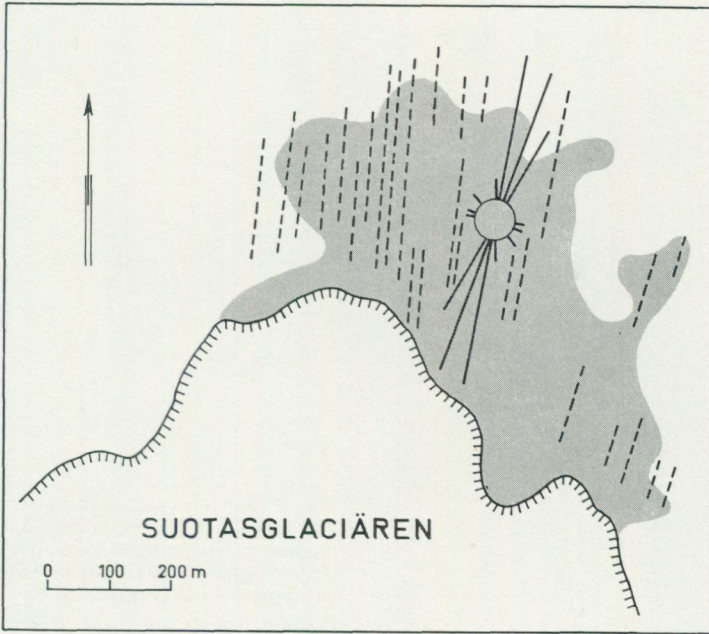


Fig. 32

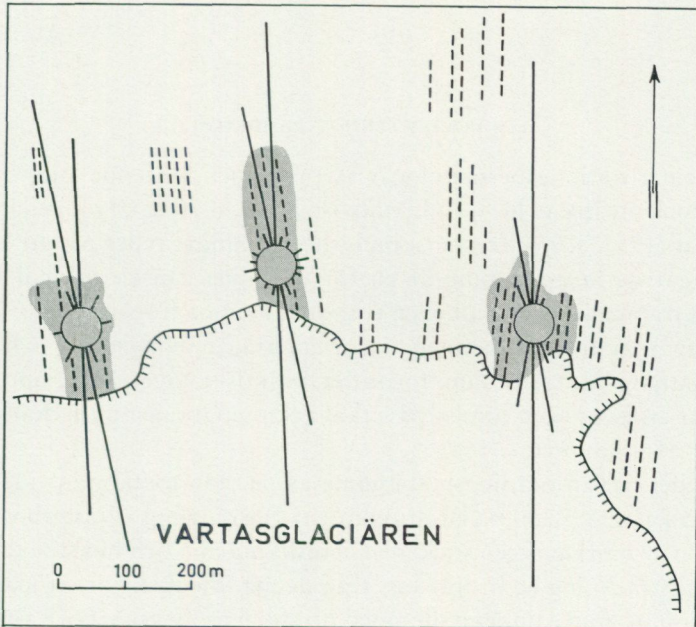


Fig. 33

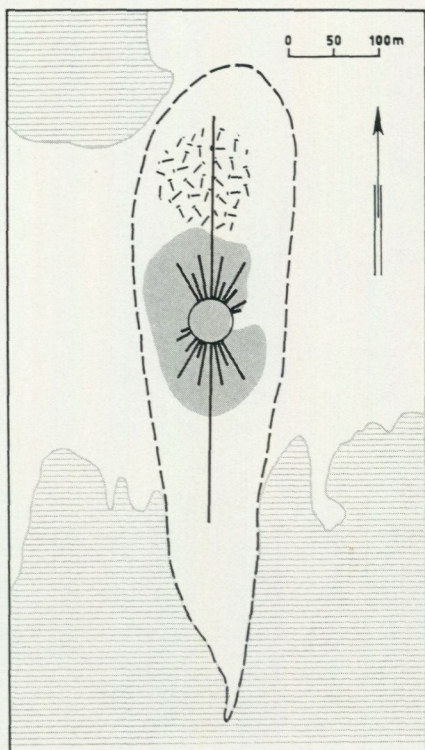


Fig. 34. Blockorienteringen på en drumlin vid Nordmaling i Västerbottens län bestämd i flygbilder. Diagrammet avser 100 block inom det med gråton markerade området söder om en uppstickande bergskärna.

*Boulder orientation on a drumlin at Nordmaling in Västerbotten, Sweden. The determination of the 100 boulders in the area marked with a grey tone is done in aerial photographs. North of the area there is an outcrop of bedrock.*

#### BLOCKORIENTERING PÅ DRUMLINS

I drumlins har rikttningsbestämningar av i moränen ingående långsträckta stenar och block utförts av bl. a. G. Lundqvist (1948, s. 20 ff.), Hoppe (1951, s. 25) och Wright (1957, s. 25). Dessa rikttningsbestämningar tyder på, att en orientering i ryggarnas längdriktning är en för drumlins ganska normal företeelse. Lundqvist framhåller dock, att även tvärlägesmaxima förekommer. "Rikttningsbestämningar ha givit vid handen, att orienteringen av stenarna och blocken i samma riktning som drumlins fortsätter praktiskt taget ända upp till ytan. Detta visar att isens egen rörelse påverkat ackumulationen intill dess denna var avslutad" (Hoppe 1951, s. 164).

I flygbilder har en rikttningsbestämning av på ytan förekommande block utförts i bildskalan 1:5 200 på en drumlin vid Nordmaling i Västerbottens län. I norra delen av moränryggen sticker en bergskärna upp och blocken torde i varje fall i viss utsträckning ha brutits loss från denna. Blocken har ett klart orienteringsmaximum, som sammanfaller med drumlinens längsaxel och isrörelseriktningen (fig. 34).

### Studier av blockfördelningen på några åspartier i Uppland

Förekomsten av en asymmetrisk fördelning av block på rullstensåsar i norra Uppland har påpekats av Rudberg (1944) och Eriksson o. Ingmar (1959). "I S ligger blocken övervägande kring högsta krönen, i N följa de med stor konsekvens östra sidan, ofta i väldiga koncentrationer över stora arealer" (Rudberg 1944, s. 173). "På åsarna finnes lokalt rikligt med block, vilka ibland anhopats till stora högar, 'gryt'. Sådana blockrika områden ligger i södra Uppland oregelbundet utspridda på åsarna, men äro i norra Uppland nästan helt koncentrerade till östsidorna" (Eriksson o. Ingmar 1959, s. 6).

Denna asymmetri på vissa åsar är av stort intresse för blocktransportens mekanik och det har därför syntts angeläget att utnyttja flygbilder för en kvantifiering av blockfördelningen. Beroende bl. a. på begränsad tillgång på storskaligt bildmaterial över lämpliga åspartier exemplifieras detta blott från två åspartier i Uppland, nämligen en del av Uppsalaåsen vid Mehede och förgreningen av Enköpingsåsen vid Tärnsjö. En fullständig analys av fördelningsbilden och dess orsaker kan inte komma i fråga inom ramen för denna uppsats. Härför skulle bl. a. krävas ett betydligt fylligare material.

Det kan emellertid inledningsvis vara befogat att något diskutera på vilket sätt blocken kan ha hamnat uppe på rullstensåsarna och vilken fördelningsbild dessa avlagringsätt kan tänkas ge. Här skall några alternativ presenteras.

1. *Anrikning genom ursvallning.* Blocken har transporterats och avlagrats i åsen av en isälv. Om transporten inte varit alltför kort, är blocken avrundade. Genom abrasion vid åsens uppstigande ur havet vid landhöjningen frilägges blocken och kan anrikas på ytan. Vid en sådan anrikning kan en asymmetrisk fördelning uppträda som följd av att ursvallningen varit störst i de för vågorna mest exponerade lägena, vilket i Uppland normalt torde vara östsidan, där de största fria vattenytorna existerade.

2. *Ras från tunneltak eller isfront.* Blocken kan också primärt ha avlagrats på ytan genom ras från istunnelns tak eller från isfronten ner på den färdigbildade åsen. Blocken på ytan torde med detta alternativ vara relativt slumpmässigt fördelade på åsen och blockfrekvensen borde vara likartad på väst- och östsidan. Givetvis har sådana primärt på ytan avlagrade block utsatts för vågbearbetning vid landhöjningen.

3. *Isbergstransporterade block.* Isrecessionen över norra Uppland och Gästrikland var snabb. Frekvensen av isberg måste under detta skede varit stor, vilket framhållits av flera forskare, t.ex. De Geer (1940). Vid tiden för inlandsisens recession i Gävletrakten låg strandlinjen ungefär 190 m över nuvarande havsytan. Krönet på det studerade åspartiet vid Mehede ligger nu 75 m ö.h. och vid Tärnsjö 105 m ö.h. Vattendjupet vid isrecessionen var således ungefär 115 respektive 85 m över nivån för åsarnas nuvarande krön; en mindre sänkning av krönen skedde genom abrasion, då åsarna höjdes upp ur havet. Förutsätt-

ningarna för att större isberg skulle stranda måste varit relativt stora på dessa ej allt för betydande vattendjup. Då isbergen smälte, avlagrades blocken uppe på åsen. Depositionen av block hänger här samman dels med transportriktningen för isbergen, dels med den lokala bottentopografin. Kringdrivande isberg kan givetvis också ha tappat block ner på åsarna. En sådan avlagring borde ge en helt slumpmässig fördelning av block på åsarna.

Med de här anförda synpunkterna som bakgrund skall de två detaljstuderade åspartierna närmare granskas.

#### MEHEDEOMRÅDET

Undersökningsområdet ligger på Uppsalaåsen, 3 mil SO Gävle, och är ungefär 2.6 km<sup>2</sup> stort. Åsen är 20 m hög och krönet ligger på 75 m höjd över havet.

Blockhalten har bestämts i flygbilder i bildskalan 1:13 000. Bilddata redovisas i bilaga 1 F. Tolkningen har skett i Bausch & Lomb Stereoscope Zoom 95. Ett rutnät med cellstorleken 0.5 × 0.5 cm – 65 × 65 m i fält – har lagts över flygbilderna. Området kom därigenom att omfatta 611 provytor. Inom dessa har antalet identifierade block större än 0.5 m räknats. Efter korrektion för inblickbarheten, som bestämts med hjälp av täthetsskala, har tolkningsresultatet redovisats kartografiskt med proportionell svärtning enligt angiven skala (fig. 35). Området har därefter fältkontrollerats översiktligt, varvid har konstaterats att flygbildstolkningen ger en god bild av den verkliga blockfördelningen.

Mehedeområdet uppvisar, som framgår av fig. 35, en mycket klar asymmetrisk blockfördelning med en koncentration av block på östsidan av rullstensåsen; 89 % av blocken ligger öster om krönlinjen, 2 % uppe på själva krönet och resterande 9 % på västsidan.

Vid Mehede (13 B i fig. 35) ligger det s. k. Mehedegrytet, som ingående har beskrivits av Högbom (1927). Det består av mycket stora block; de största 6–8 meter i genomskärning. Markytan täckes så gott som helt av blockmark och grytet utgör det parti av den undersökta åssträckan, som har den högsta blocktäcknadsgraden. Detta framgår inte helt i fig. 35 då antalet block där redovisas utan hänsyn till blockstorleken. Grytet ligger på åsens krön och har en utbredning av 130 m i väst-östlig och ungefär 200 m i nord-sydlig riktning. Det omfattar således ungefär 6 provytor i kartan i fig. 35.

”De grytet uppbyggande blocken bestå av den i traktens berggrund rådande, något skiffrika hornbländegrانيتen. I flera av blocken synes ljusare gångar av pegmatit. – Av intresse är att man ibland kan följa en pegmatitgång från det ena blocket till det andra, ehuru de ligga något skilda. – Inne i grytet, vid östra sidan, äro en del av de där parallelepipediska blocken skilda genom smala klyftor och ligga delvis som stenar i ett murverk intill varandra, vilket tyder på att de blivit endast föga rubbade i sitt inbördes läge. Innanför dessa block bliva klyftorna smalare och ersätts av varandra korsande rämnor, som ger vid handen, att man kommit in på en av sprickor genomdragen bergsknalle. Denna kan betraktas som kärnan i grytet, och det synes sannolikt, att de närmast liggande stora blocken lösgjorts från denna ur åsen uppstickande bergshöjd” (Högbom 1927, s. 100–101). Högboms uppfattning förefaller ytterst rimlig och fältstudier av grytet ger inte anledning till några invändningar.

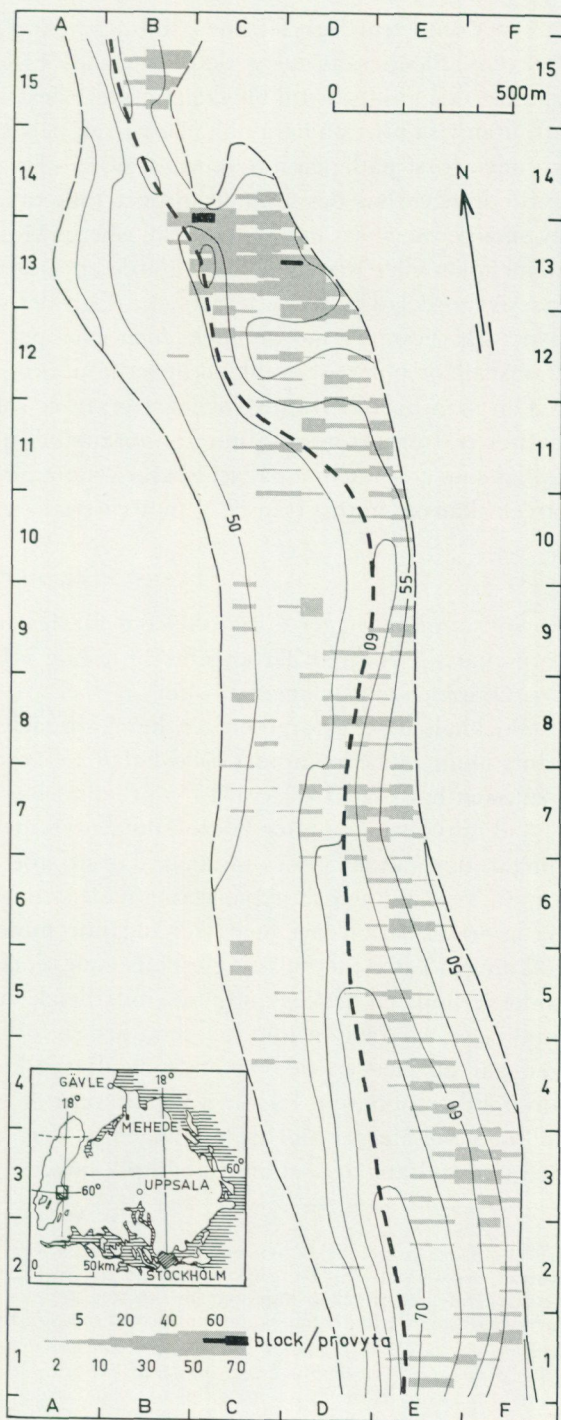


Fig. 35. Karta över blockhalten i Mehedeområdet – en del av Uppsalaåsen – i norra Uppland. Kartan är baserad på flygbildstolkning i 1:13 000. Den streckade linjen anger årskrönet. Blockhalten anges i antalet block > 0.5 m per provyta med proportionell gråton enligt skalan nere till vänster. Korrektion för inblickbarheten har utförts.

Map of the boulder frequency in the Mehede region – a part of the Uppsala åsen – in the north of Uppland, Sweden. The map is based on aerial photo interpretation in the scale of 1:13 000. The line of small dashes marks the crest of the esker. The grey ton marks the number of boulders > 0.5 m in each test area in conformity with the legend in the lower left corner. The values are corrected with regard to the ground visibility.

Öster om Mehedegrytet finns, som framgår av fig. 35, en mycket hög block-frekvens. Blocken är inom detta område (13 C-D) vanligen meterstora och kantiga och i motsats till blocken i grytet ”bestå de icke av blott en enda berg-art, utan visa prov på flera olika bergarter, delvis sådana som finns i fasta berg-grunden först på långa avstånd mot norr” (Högbom 1927, s. 102). Den ringa avrundningen hos dessa långtransporterade block tyder på, att de ej förts dit av smältvattenälven utan i stället av isberg. Möjligen kan de ha rasat ned från tunneltaket eller isfronten; dock borde en sådan deposition vara mera slump-mässig fördelad på åsens båda sidor. Flertalet större blocksamlingar på östsi-dan tycks bestå av moränblock, men exempel finns också på välavrundade, framsvallade block, som ibland ligger koncentrerade till fornstrandlinjer.

Om man bortser från Mehedegrytet, finns således inom det undersökta ås-partiet en stark koncentration av moränblock på åsens östsidan. Denna måste tolkas som ett indicium på, att isbergen inom området drivit från östliga väder-streck (kanske främst från NO) mot västliga.

#### TÄRNSJÖOMRÅDET

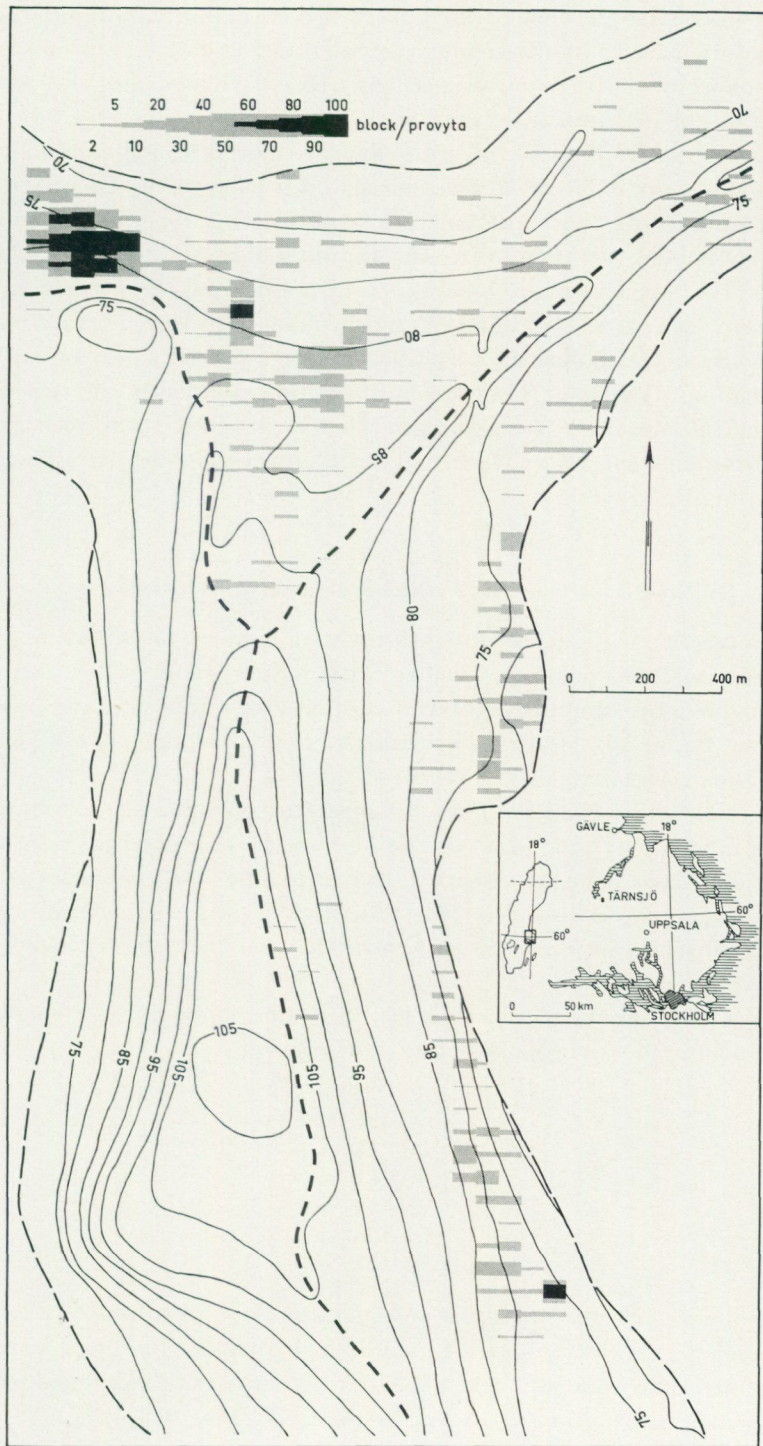
Försöksområdet ligger 6 mil SSO om Gävle vid Tärnsjö, där Enköpingsåsen förgrenar sig. Åsen är här ungefär 35 m hög och krönet ligger 105 m över ha-vet. Områdets yta är ungefär 5 km<sup>2</sup>.

Blockhalten på åsförgreningen har karterats med samma metodik som an-vänts inom Mehedeområdet. Bildskalan 1:6 000 har använts och cellstorleken i rutnätet har varit 1×1 cm. 1375 provytor har bearbetats.

Vid fältkontrollen efter bildtolkningen visade det sig, att betydande feltolk-ningar gjorts inom vissa områden, där ett stort antal träd för några år sedan vindfällts. Røjning och nyplantering hade skett inom området, men kvar fanns de upprivna stubbarna med vidhängande mineraljord. Dessa hade vid bild-tolkningen i stor utsträckning tolkats som block. Då träden blåst omkull mot söder, erhöles en beskuggning av vindfällena, vilket ytterligare bidrog till för-växlingen. Med kännedom om detta har en förnyad bildtolkning utförts. Bloc-ken har då med en tidskrävande detaljgranskning kunnat särskiljas från de vindfällda stubbarna. En förnyad fältkontroll visar, att denna förnyade bild-tolkning väl återger blockfördelningen på den studerade åsen. Kartan i fig. 36 återger resultatet av den andra bildtolkningen.

Fig. 36. Karta över blockhalten på Enköpingsåsens förgrening vid Tärnsjö i norra Uppland. Kartan avser block > 0.5 m och är baserad på flygbildstolkning i skalan 1:6 000. Ås-krönet är markerat med streckad linje och blockhalten anges i antal block/provyta med proportio-nell gråtonsmarkering enligt skalan upptill. Korrektion för inblickbarheten har utförts.

*Map of the boulder frequency at Tärnsjö, Northern Uppland, Sweden, where the Enköping esker bifurcates. The map is based on aerial photo interpretation in the scale of 1:6 000. The crest of the esker is marked with a line of small dashes. The grey tone marks the number of boulders > 0.5 m in each test area, in conformity with the legend at the top of the map. Cor-rection for the ground visibility has been done.*



Det relativt plana krönet på huvudåsen liksom de talrika strandterrasserna på såväl huvudåsen som förgreningarna tyder på betydande abrasion. Blocken på 105-metersnivån öster om krönet ligger på en strandterrass. Två stora åsgropar finns på det studerade åspartiet.

Koncentrationen av block till förgreningen i norr är påfallande. Dessutom finns ansamlingar av block vid åsens basala delar på östsidan. Denna blockfördelning kan knappast förklaras enbart med abrasion. Vid båda lokalerna torde det av kantigheten att döma röra sig om moränblock. Tidigare har Rudberg (1944, s. 173) påpekat moränblockskoncentrationen på nordostslutningen av Ingboåsen – den västra förgreningen i fig. 36 – och frånvaron av block på andra sidan. Rudberg framhåller, att ”drivisflotteteorin kan här inte tillämpas”. Med ett vattendjup på ungefär 85 m vid tiden för isrecessionen borde större isberg ha kunnat infångats av åsförgreningen. Den starka koncentrationen av block just till förgreningen, som påvisats vid detaljarteringen, får med isbergsteorin en naturlig förklaring.

#### Studier av blockens storleksfördelning på en talusbrant

För detaljstudier av blockens storleksfördelning inom en talusbrant har utvalts ett avsnitt av Karnilapaktes rasbranter ner mot Suorvajaure i Norrbottens län. Berggrunden inom området utgöres av sura eruptiv, vanligen granit och syenit (SGU, Ser. Ba, nr 19). Studierna har utförts i flygbildsskalan 1:8 000. Data om det använda bildmaterialet redovisas i bilaga 1 G.

I flygbilden har i talusbrantens lutningsriktning markerats 25 linjer med 1.5 mm inbördes avstånd, vilket i fält motsvarar en ungefärlig linjetäthet av 12 m. Längs dessa linjer har observationer utförts på 1 mm inbördes avstånd i bild, motsvarande var åttonde meter i fält. 46 punkter per linje har observerats. Observationsnätet antydes med var femte linje i det schematiska blockdiagram, som presenteras i fig. 37.

I varje observationspunkt har blocken storleksbestämts enligt följande klassindelning baserad på blockens längsta utsträckning:

0.2– 0.5 m
0.6– 1.0 m
1.1– 2.0 m
2.1– 4.0 m
4.1– 8.0 m
8.1–12.0 m
12.1–16.0 m

Beroende på tätheten i observationsnätet kan de allra största blocken komma att registreras i flera punkter. Så stora block är dock sällsynta. Den i blockdiagrammet redovisade lutningsvinkeln har bestämts i flygbilder med parallaxmätning enligt Zorn's metod (Mekel, Savage and Zorn 1964, s. 8).

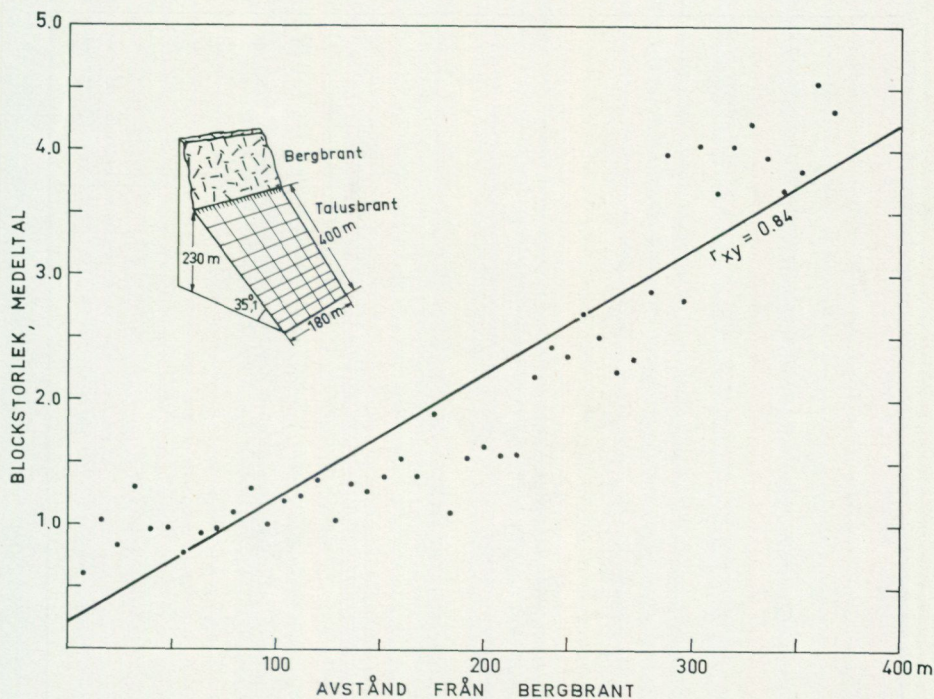


Fig. 37. Blockens medelstorlek på en talusbrant vid varierande avstånd från bergsbranten. Undersökningen har gjorts på en taluskon vid Suorva, Norrbottens län, i flygbildsskalan 1:8 000. I blockdiagrammet redovisas observationsnätet antydningvis.

*The mean values of the boulder size (Y-axis) on a talus slope at varying distance from the cliff (X-axis). The investigation was performed on a talus slope at Suorva, Swedish Lapland, in aerial photographs on the scale of 1:8 000. In the block diagram of the talus the net of observation points is suggested.*

För varje linje i observationsnätet, som sammanbinder punkter på samma avstånd från bergsbranten, har det aritmetiska medelvärdet för blockstorleken i de 25 observationspunkterna beräknats. Härvid erhålles 46 blockstorleksvärden, som kan sägas vara representativa för respektive avstånd från bergväggen. Sambandet mellan blockstorlek och avstånd visas i diagrammet i fig. 37. Den erhållna punktsvärmen har utjämnats till en rät linje enligt minsta kvadratmetoden. Korrelationskoefficienten ( $r_{xy}$ ) är 0.84.

Det i fig. 37 påvisade sambandet mellan blockstorlek och avstånd från bergsbranten är en välbekant företeelse; den har tidigare påpekats bl.a. av Rapp (1960, s. 171). Syftet med denna specialstudie har varit att redovisa en metodik baserad på flygbildstolkning för kvantifiering av detta samband.

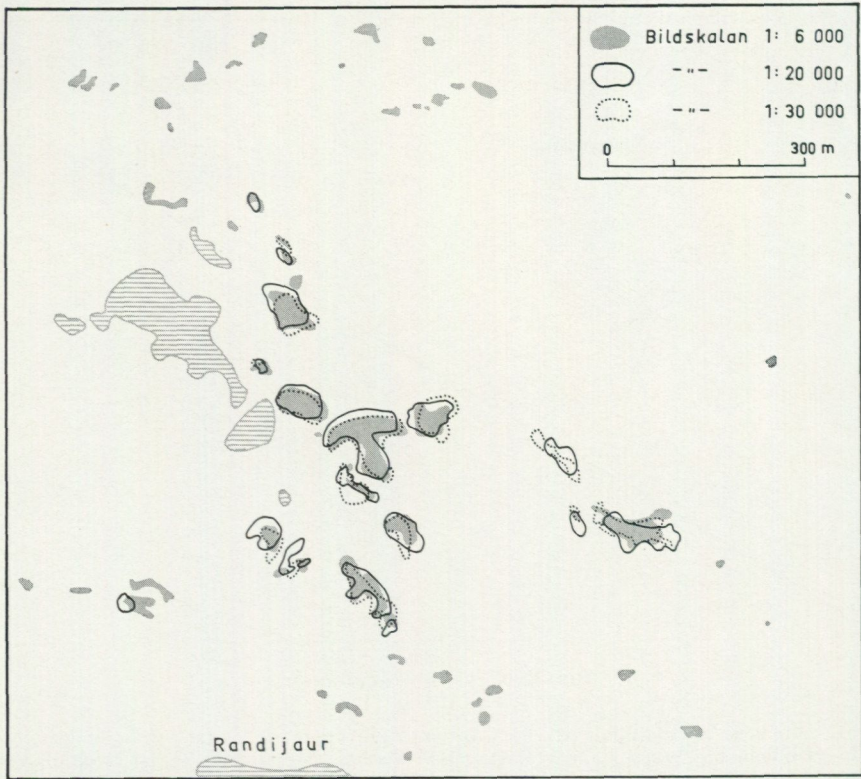


Fig. 38. Flygbildstolkning av blocksänkor i olika bildskalor inom ett område norr om sjön Randijaur, Lappland, (efter Melander).

*Interpretation of boulder depressions in aerial photographs of different scales, in an area North of Randijaur, a lake in Swedish Lapland (according to Melander).*

#### Inventering av blocksänkor

En inventering av blocksänkor har utförts av Melander (1967) under min handledning. Inventeringen utfördes från flygbilder inom ett område i trakten av Porjus och Jokkmokk. Beroende på bildtillgången har bildskalorna 1:20 000 eller 1:30 000 använts.

Blocksänkor är vanligen mycket lätta att identifiera i flygbilder, även då blockstorleken är så liten, att de enskilda blocken ej kan identifieras. En viss textur framträder nämligen i den ljusa gråton, i vilken de avbildas i pankromatiska bilder. Tillsammans med form och läge möjliggör denna textur en identifiering (se fig. 1, s. 11). En viss minsta storlek av blocksänkan är dock en förutsättning.

Någon tidigare detaljkartering av blocksänkor föreligger inte inom det aktuella området. Vid en jämförelse med en sammanställning av observerade

blocksänkor i Sverige (J. Lundqvist 1962, s. 75) kan konstateras, att Melander i flygbilder identifierat ett stort antal tidigare ej kända blocksänkor.

I anslutning till sin inventering har Melander undersökt bildskalans betydelse för identifieringsmöjligheten inom ett 4 km<sup>2</sup> stort område norr om sjön Randijaur i Norrbotten, där en mycket hög frekvens av blocksänkor med varierande storlek föreligger. Tolkningen skedde i Old Delft Scanning Stereoscope med 4.5 × förstoring. I bildskalan 1:6 000 identifierades 94 blocksänkor. Av dessa identifierades 39 % i bildskalan 1:20 000 och 27 % i bildskalan 1:30 000. Avgränsningen av blocksänkornas detaljkonfiguration mot t.ex. myrmark är osäker i småskaliga bilder. Blocksänkor med mindre utbredning än cirka 50 m förbigås oftast vid tolkning i bildskalorna 1:20 000 och 1:30 000. En del av tolkningsresultatet i de olika bildskalorna redovisas i fig. 38. Flygbildstolkningen har ej fältkontrollerats. De i fig. 38 redovisade skillnaderna i tolkningsresultat i olika bildskalor torde i viss utsträckning bero på överföringsfel.

## SUMMARY: STUDIES OF BOULDERS IN AERIAL PHOTOGRAPHS.

### A methodological study of the possibilities of mapping the boulder frequency by aerial photo interpretation

Knowledge of the superficial boulder content is of great interest in judging the off-road mobility for modern mechanized forestry, and also for military and geotechnical activities.

Since 1930, the Geological Survey of Sweden (SGU) has been mapping the boulder content of till surfaces. In these maps different symbols are used for areas with low, medium, and high boulder content, as well as for a high frequency of boulders larger than 1 m<sup>3</sup>. This classification is quite subjective and is not based on quantitative measures of the boulder content.

Only boulders with a long axis larger than 0.5 m have been registered in the present survey. The following quantitative measures of the boulder content are employed as a rule:

	Number of boulders/100 m <sup>2</sup>	
	larger than 0.5 m	larger than 1 m
low boulder content	<1	
medium boulder content	1-5	
high boulder content	5-10	
very high boulder content	>10	
high content of large boulders		>5

In order to give the reader a concept of the classification, stereograms of 5 areas with different boulder content (table 5, p. 49) are shown in Fig. 23, p. 48.

The object of this study is to work out recommendations of suitable air photo material and suitable methods for mapping boulder frequencies. In forested areas the identification of boulders depends on the ground visibility. In Fig. 4, p. 17, some diagrams from a model study (Kvarnbrink and Thunberg 1952) are shown. These give an idea of how the ground visibility varies in different kinds of aerial photographs and in different parts of the stereo model.

When comparing the possibilities of identification of boulders in different air photos, corrections have to be made with regard to ground visibility. Therefore it is necessary to have a method for measuring this factor in air photos.

#### Measuring of ground visibility in air photos

Two methods – both previously employed for measuring crown density in air photos (Spurr 1952, p. 26, 1960, p. 468; Moessner 1949, p. 569) – have been tested for measuring ground visibility in air photos. The dot grid method uses a grid of 100 dots and for each dot it has to be established if it reaches the ground or not at stereo vision of the air photos. With the other method the ground visibility is determined in a more subjective manner with the support of a density scale (Fig. 5, p. 21).

In Fig. 7, p. 23, the result of the dot grid method is compared with the "orthogonal ground visibility" determined in the field. 24 test areas in the central part of the stereo models are examined. The regression analysis shows that the dot grid method gives an accurate measure of ground visibility.

In Fig. 8, p. 23, the result of the dot grid method is compared with the density scale method. The latter gives an exaggeration of 3–5 units (percent). In Tables 1, p. 24, and 2, p. 25, the precision of the measurements in different test areas and using different air photo materials with the two methods is shown. In Table 2, the test areas are arranged in the order they were treated. The results improve with practice and the arithmetic mean of the variance gives a standard deviation of less than 2 % for the dot grid method and 4 % for the density scale method. In mapping, the latter method is satisfactory with regard to the correction of the boulder content in forested areas.

In Fig. 9, p. 27, it is apparent that the ground visibility changes in the three test areas when studied in different places of the stereo model; the dot method is employed. The test areas have been studied in different air photos from two flight lines from the same altitude and with a forward overlap of 80 %.

#### Identification of boulders in different air photo materials

In 200 test areas ( $35 \times 35$  m) at Rimbo (Figs. 10 and 11), about 70 km NE of Stockholm, the possibility of identifying boulders in different kinds of aerial photographs have been examined. The number of boulders of different sizes have been counted in the field and in air photos under stereoscope with  $4\times$  magnification. The air photo interpretation is corrected with regard to ground visibility determined with the dot grid method. Data concerning the air photo materials are shown in appendix 1 B.

*The effect of the scale* has been examined. In Figs. 14, p. 35, and 15, p. 37, the result is presented of the identification of boulders larger than 0.5 m and 1 m respectively in paper prints from panchromatic film of the scales 1:3 300, 1:7 000, 1:13 000, and 1:19 400. The regression analysis shows that a scale larger than 1:13 000 should be employed for identification of boulders in forested terrain; the scale 1:7 000 gives a very good result. The effect of correction for ground visibility is shown in Fig. 13, p. 32, Figs. 16, p. 16, and 17, p. 16, show that a correction will not be necessary when mapping boulders larger than 3 m from aerial photographs of scales larger than about 1:10 000. The boulders larger than 0.5 m were divided into three frequency categories. 84 % of the test areas have been correctly classified on the scale of 1:7 000. The results of the other scales can be found in Table 3, p. 36.

*Enlargements* give only slightly better identification results than contact paper prints (Fig. 18, p. 39). At 1:7 000 scale paper prints have been compared with *diapositives*. As shown in Fig. 19, p. 40, the difference in identification results is very small. Probably the difference would be more noticeable on smaller scales.

*The importance of the film emulsion* on the identification possibilities has also been examined. A comparison between the identification results in panchromatic film (Kodak Super XX) and color film (Agfa Color) on the scale of 1:3 300 is reported in Fig. 20, p. 42. On this scale the difference is insignificant, but experience of boulder identification from other scales shows that conventional color film is a good as "false color film". Figs. 21, p. 43, and 22, p. 44, show that "false color film" (Kodak Ektachrome Infrared) on 1:13 000 is as good as panchromatic film (Kodak Super XX) on the scale of 1:7 000.

In Table 4, p. 46, recommendations are listed of scales and films for identification of boulders in terrain of varying forest density. The Rimbo region represents an area of dense forests. The ground visibility is between 20 and 50 % in 75 % of the test areas. Interpretation of the boulder frequency is not possible if the ground visibility is less than 20 %. The recommendations for open forest and forestless areas are not based on methodical studies, but so far only on not quantitatively measured experience of boulder identification from aerial photographs.

### Some methods of mapping the boulder frequency from aerial photographs

Six different methods have been tested. *Method 1*: Counting every identifiable boulder and correcting the number with regard to ground visibility. This method was used in the Rimbo survey. In Fig. 24, p. 50, a map is presented, based on identification from paper prints on the scale of 1:7 000 compared with a field map of the same area. 84 % of the 200 test areas have been correctly mapped from aerial photographs. Method 1 is very slow – only 2.5 hectares per hour have been mapped – hence rather impractical except for detailed mapping of very small areas.

*In method 2* the effect of a sample of random test areas have been tested (Scharp 1968). The results are shown in four maps in Fig. 25, p. 52, from an unforested area with very high boulder frequency at Letsitjaure in the northern part of Sweden. The map based on a sample of 25 % of the 400 test areas becomes very generalized. This method is not very adequate either, since the mapping rate is only 4 hectares per hour.

*Method 3*: Areas with a seemingly homogeneous boulder content are delimited in aerial photographs. Within the boundaries, test areas are sampled at random and within these test areas, the boulders are counted. Then a correction for the ground visibility is performed in the same manner as in method 1. Fig. 27, p. 54, shows a map based on this method from a forested area at Rimbo. In Fig. 28, p. 55, "photo values" are compared with the "field values" of the sampled test areas. Of the areas checked in the field 78 % were correctly classified on air photographs, 19 % one class too low, and 3 % one class too high, when four classes are used. When only three boulder frequency classes are used, 87 % of the test areas were correctly classified.

*In method 4* still another step toward a simplification is taken. The boulder frequency within the areas – delimited in a subjective way like in method 3 – is in method 4 also classified quite subjectively. The result is shown in Fig. 29, p. 57, and can be compared with Fig. 27, p. 54. With method 4, which was in fact tested before method 3, 68 % are correctly classified, 13 % one class too low, and 10 % one class too high. When only three classes are used, the percentages are 77, 13, and 10 respectively. Method 4 is twice as fast as method 3 – 130 hectares are mapped per hour.

*Method 5*, the dot grid method, and *method 6*, the linear method, have been tested by B. Scharp (1968) in the same area as was used in method 2. This area was unforested and had a very high boulder content. No field checks were made and consequently Scharp could not give a measure of the precision of the two methods. Method 5 gives the boulder cover in percent of the whole area and method 6 the number of boulders per e.g. 100 metres. Scharp compares the results of her two methods with the total number of boulders identified in aerial photographs and gets a correlation coefficient of 0.74 for method 5 and 0.75 for method 6. Both these methods are too complicated for use in forested areas. The mapping rates are 5 hectares/hour and 10 hectares/hour, respectively, in the Letsitjaure region.

Method 4 is the most useful of the methods presented above. In a region at Västerås-Barkarö, about 100 km west of Stockholm, this method has been further tested and also compared with the conventional geological mapping of the boulder frequency. The result is shown in Plate 1. The aerial photographs, on the scale of 1:9 000 (Appendix 1 D), have been interpreted in a Bausch & Lomb Zoom 95 Stereoscope. The magnification, up to 10 times, and the higher ground visibility than in the Rimbo region probably explain the very good mapping results in this region. 80 % of the 108 field checked test areas have been correctly classified when using three classes and 75 % when using four frequency classes. The mapping rate is, like before, 130 hectares/hour with this method.

The results of the geological mapping and the air photo interpretation of the boulder frequency are not so easy to compare due to the absence of quantitative measures in the geological map. Table 6, p. 60, and Table 7, p. 62, list the variations of the field values within the different classes of boulder frequency in the air photo interpretation (method 4), and also in the conventional geological mapping. A very careful field check in the Västerås-Barkarö region shows that method 4 is indeed superior to the conventional geological mapping of the boulder frequency.

#### Special studies of boulders in aerial photographs

Some special branches of study are presented in this chapter. Most of them are of methodological interest but some of them have a more applied character.

#### MAPPING OF END MORAINES

Moraines of the type sometimes called annual moraines, small end moraines, or De Geer moraines are easy to identify in aerial photographs in very open forest or in unforested areas. The mapping possibilities have been tested in a region at Västerås-Barkarö, north of lake Mälaren in south-central Sweden. The region which is in part densely forested – the ground visibility is usually 20–50 % – have been mapped from aerial photographs of the scales 1:9 000, 1:16 000 and 1:25 000. Data from the aerial photographs are presented in Appendix 1D.

In Plate 2, the results of the mapping on the scale of 1:9 000 are compared with detailed field checks and with a geological map on the original scale of 1:50 000 (SGU, Ser. Aa, nr. 196). In aerial photographs 90 % of the 215 end moraines of the region have been mapped at 1:9 000, 75 % at 1:16 000 and 62 % at 1:25 000. 98 end moraines are situated within forested areas and 80 % of those were completely mapped at 1:9 000, 8 % were mapped partly and 12 % were missed.

In the geological map, only 28 % of the 215 end moraines in the Västerås-Barkarö region have been marked; in the forested part of the region only 15 %. A generalization based on the scale of the map (1:50 000) can to some extent explain this, but it is obvious that numerous end moraines have not been discovered.

Carlstein and Erwall (1968) have attempted to map end moraines in a partly very densely forested region just north of Stockholm. The ground visibility could in the forest be as low as 5–10 %. In this test area, 45 % of the end moraines were mapped from aerial photographs on the scales of 1:30 000 and 1:13 000, and 55 % on 1:5 300. Most of these were situated in the open fields; in the dense forest only 5 % were mapped.

End moraine maps based on aerial photographs are thus reliable only if the ground visibility exceeds 20 %.

#### STUDIES OF SURFACE BOULDER ORIENTATION ON DIFFERENT KINDS OF MORAINES

The surface boulder orientation in hummocky moraine of the Rogen type, fluted moraine surfaces, and drumlins has been studied in aerial photographs in a Bausch & Lomb Zoom 95 Stereoscope.

The hummocky moraine region around Lake Rogen in Härjedalen, central Sweden, is described by Hoppe (1952) among others. In aerial photographs taken during 1966 small, parallel, transverse ridges are identified on the Rogen moraine ridges (Fig. 30, p. 70). The small ridges are oriented in N 90°–110° E, which agrees with the direction

of the ice flow ascertained from analyses of the glacial striae on an outcrop 2.5 km SE of the ridges (Fig. 30). Fig. 31, p. 71, demonstrates that the boulder orientation in aerial photographs coincides well with the field values and that the boulders have a preferred orientation in the direction of the ice flow. It seems safe to conclude that the small ridges identified in aerial photographs constitute a drumlinization of or a fluted moraine surface on the hummocky moraine of the Rogen type. The drumlinization procedure is of great importance to the problem of how the Rogen moraine was formed. This problem will be discussed in a following publication. In this methodological study, the author attempts to illustrate the possibilities of detailed studies of boulders in aerial photographs. In Figs. 32 and 33, p. 73, two additional examples are presented of the results of boulder orientation studies of aerial photographs from two fluted moraine surfaces. Fig. 34, p. 74, shows an example of boulder orientation studies on a drumlin.

#### STUDIES OF THE BOULDER DISTRIBUTION ON ESKERS

The distribution of boulders on eskers has been studied on two eskers in Uppland, south-central Sweden. In Figs. 35, p. 77, and 36, p. 79, two detailed boulder frequency maps are shown. The boulders have been counted in aerial photographs and corrections have been made for the ground visibility. The maps have been checked by field observations. The boulder frequency is clearly very asymmetrical. In the Mehede region (Fig. 35, p. 77) 89 % of the boulders are found on the eastern slope of the eskers, 2 % on the crest, and only 9 % on the western slope. In the Tärnsjö region (Fig. 36, p. 79) there is a concentration of boulders in the area where the esker forks.

It is not possible to make a complete analysis here of the reasons for the occurrence of an asymmetrical distribution of boulders on eskers; this would necessitate studies of numerous eskers in aerial photographs accompanied by extensive studies in the field. The purpose of this investigation is to show that a very detailed mapping of the boulder frequency can be motivated and that it can be performed from aerial photographs.

The depth of water above the two studied eskers were, at the time of ice recession, only about 85 and 115 metres, respectively. In this part of Sweden the ice recession was very rapid, consequently it seems probable that several icebergs were stranded on the eskers. This theory may explain the boulder concentration to the esker branch and perhaps also the concentration to the eastern side of the eskers - Fig. 36. Abrasion on the eastern side, where the fetch areas often were the largest, could also be an explanation to the asymmetrical distribution of the boulders, but the boulders are very often little rounded and seem to be boulders of till.

#### STUDIES OF BOULDER SIZE ON A TALUS SLOPE

A method to study and quantify the correlation between the boulder size and the distance from the bedrock cliff has been tested on a talus at Suorva in northern Sweden. Aerial photographs on the scale of 1:8 000 (Appendix 1 G) and stereoscope with a 10× magnification have been used. In the aerial photographs 25 parallel lines 1.5 mm apart were drawn from the top to the base of the talus. On these lines at an interval of 1 mm the boulder size was classified with the aid of transparent dots and circles. The arithmetic mean of the boulder size was calculated for boulders of the same distance from the bedrock cliff. In Fig. 37, p. 81, the mean value is plotted along the y-axis and the distance along the x-axis. There is a good correlation between the two variables.

The talus that was examined is as steep as  $37^\circ$ . The boulders and the bedrock cliff are of salic igneous rocks, principally granite and syenite. It would be of interest to study the correlation between boulder size and distance from the cliff with this method in different kinds of rocks and at different slopes, but it has not been possible within the present study.

#### MAPPING OF BOULDER DEPRESSIONS FROM AERIAL PHOTOGRAPHS

The term "boulder depression" is used to designate flat, barren fields of pure boulder material, situated in shallow depressions in the landscape. They have a typical frost developed stratification.

The possibilities of identifying boulder depressions in aerial photographs have been investigated by Melander (1967) in a 4 km<sup>2</sup> region north of Lake Randijauré in northern Sweden. In paper prints on the scale of 1:6 000, he identified 94 boulder depressions and on the scale of 1:20 000 and 1:30 000 he could find only 30 % and 27 % respectively of them. Boulder depressions smaller than 50 metres across were very rarely correctly identified in the small scales (Fig. 38, p. 82).

In connection with this methodological study, Melander mapped boulder depressions from aerial photographs on the scales of 1:30 000 and 1:20 000 in a larger region (10 000 km<sup>2</sup>) around Porjus and Jokkmokk in northern Sweden. He discovered several depressions which had not been registered in a previous summary of observations of boulder depressions in Sweden (J. Lundqvist, 1962).

### LITTERATUR

SGU = Sveriges Geologiska Undersökning.

- ANDREWS, J. T., 1965: Surface boulder orientation studies around the north-Western margin of the Barnes Ice Cap, Baffin Islands, Canada. – *J. Sedimentary Petrology*, 35.
- AXELSSON, H. och MÖLLER, S. G., 1962: Studier av möjligheten att bestämma några skogliga faktorer med hjälp av mätningar i flygbilder. – *Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, 1962.
- BERGSTRÖM, E., 1961: Kommentar till kvartärgeologiska kartor över älvdalar i Norrbottens län. – Karlshamn.
- CARLSTEIN, I. och ERWALL, E., 1968: Ändmoränkartering från flygbilder. Högre seminariet vid Naturgeogr. inst., Stockholms universitet (stencil).
- DE GEER, G., 1940: *Geochronologia Suecica Principes*. – K. Sv. Vetenskapsakad. Handl., III: 18:6.
- EKMÄN, S. R. och WASTENSON, L., 1968: En fotoelektrisk ytmättningsmetod. – Forskningsrapport 1, Naturgeogr. inst., Stockholms universitet (stencil).
- ERIKSSON, K. G. och INGMAR, T., 1959: Inventering av Uppsala läns åsar. – Länstyrelsen i Uppsala län (stencil).
- FROMM, E., 1965: Beskrivning till jordartskarta över Norrbottens län nedanför lappmarksgränsen. – SGU, Ser. Ca, nr 39.
- GRANLUND, E., 1928: Beskrivning till kartbladet "Filipstad". – SGU, Ser. Aa, nr 165.
- 1943: Beskrivning till jordartskarta över Västerbottens län nedanför odlingsgränsen. SGU, Ser. Ca, nr 26.
- HALLERT, B., 1964: *Fotogrammetri*. – Stockholm.
- HELLE, R. and YLINEN, M., 1968: The Black – and White and False Color Airphotographs in Photointerpretation. – Terra, 80.
- HENRYSSON, S., 1961: *Elementär statistik*. – Uppsala.

- HOLDAR, C. G., 1957: Deglaciationsförloppet i Torneträsk-området. – Geol. Fören. Förhandl., 79.
- HOPPE, G., 1948: Isrecessionen från Norrbottens kustland i belysning av de glaciala formelementen. – *Geographica*, 20.
- 1951: Drumlins i nordöstra Norrbotten. – *Geograf. Ann.*, 33.
- 1952: Hummocky moraine regions. – *Geograf. Ann.*, 34.
- 1957: Problems of glacial morphology and the Ice age. – *Geograf. Ann.*, 39.
- 1959: Om flygbildstolkning vid jordartskartering jämte några erfarenheter från jordartskartering i norra Lappland. – *Geol. Fören. Förhandl.*, 81.
- 1968: Tärnasjö-områdets geomorfologi. En översiktlig orientering med särskild hänsyn till de glaciala och postglaciala formelementen. – *Forskningsrapport 2, Naturgeogr. inst., Stockholms universitet (stencil)*.
- HOPPE, G. and SCHYTT, V., 1953: Some observations on fluted moraine surfaces. – *Geograf. Ann.*, 35.
- HOPPE, G. och WASTENSON, L., 1968: Flygbildstolkning på frammarsch. – *Forskning och framsteg*, 3.
- HÖGBOM, A. G., 1927: Om naturskydd av ett par märkliga åspartier. – *Sveriges Natur*, 18.
- JÄRNEFORS, B., 1960: Chronology of the ice recession through Middle Sweden. – *Intern. Geol. Congress, Rept. 21st Session, Norden (Copenhagen)*, 4.
- KULLING, O., 1964: Översikt över norra Norrbottenfjällens kaledonberggrund. – *SGU, Ser. Ba*, nr 19.
- KVARNBRINK, T. och THUNBERG, A., 1952: Insyn i skog vid flygfotografering. – *Examensarbete vid Fotogrammetriska inst. vid KTH*.
- LUNDQVIST, G., 1930: Beskrivning till kartbladet "Malingsbo". – *SGU, Ser. Aa*, nr 168.
- 1940: Bergslagens minerogena jordarter. – *SGU, Ser. C*, nr 433.
- 1946 a: Kvartärgeologin i Sverige under åren 1921–1945. – *Geol. Fören. Förhandl.*, 68.
- 1946 b: Blekingemoränens blockhalt. – *SGU, Ser. C*, nr 478.
- 1948: Blockens orientering i olika jordarter. – *SGU, Ser. C*, nr 497.
- 1952: Geologiska kartbladet "Västerås". – *SGU, Ser. Aa*, nr 196.
- 1954: Aräsviken. – *Natur i Värmland*. – *Stockholm*.
- 1958: Kvartärgeologisk forskning i Sverige under ett sekel. – *SGU, Ser. C*, nr 561.
- LUNDQVIST, J., 1960: Aspect of Quaternary Geology in Middle Sweden. – *International Geological Congress, XXI Session*.
- 1962: Patterned ground and related frost phenomena in Sweden. – *SGU, Ser. C*, nr 583.
- MEKEL, J. F., SAVAGE, J. F. and ZORN, H. C., 1964: Slope measurements and estimates from aerial photographs. – *Publ. ITC, Delft, Ser. B*, nr 26.
- MELANDER, O., 1967: Flygbildsinventering av blocksänkor i trakten av Porjus och Jokkmokk. Högre seminarier vid *Naturgeogr. inst., Stockholms universitet (stencil)*.
- MEYER, H. A., and WORLEY, D. P., 1955: Measurements of crown diameter and their accuracy for 1:12 000 photographs. – *Photogram. Engineering*, 21.
- MOESSNER, K. E., 1949: A crown density scale for photo interpreters. – *J. Forestry*, 47.
- MUNTHE, H., 1903: Beskrivning till kartbladet "Skara". – *SGU, Ser. Aa*, nr 116.
- 1920: Beskrivning till kartbladet "Sövdeborg". – *SGU, Ser. Aa*, nr 142.
- MÖLLER, H., 1964: Beskrivning till kartbladet "Stockholm NO". – *SGU, Ser. Ae*, nr 1.
- RAPP, A., 1960: Recent development of mountain slopes in Kärkevagge and surroundings, Northern Scandinavia. – *Geograf. Ann.*, 42.
- RODEMAR, U.-B., 1967: Studier av blockfrekvenser i flygbilder. En metodstudie inom ett försöksområde i Sarek. – Högre seminarier vid *Naturgeogr. inst., Stockholms universitet (stencil)*.
- RUDBERG, S., 1944: Enköpingsåsen mellan Mälaren och Dalälven. – *Geographica*, 15.
- SCHARP, B., 1968: Bestämning av blockhalt från flygbilder med linjetaxerings- och punktgittemetoden. – Högre seminarier vid *Naturgeogr. inst., Stockholms universitet (stencil)*.
- SPURR, S., 1952: *Forest Inventory*. – The Ronald Press Company, New York.
- 1960: *Photogrammetry and Photointerpretation*, New York.
- THANING, O., 1940: Höjdbbyggelsen i det småländska höglandet. – *Ymer*, 60.
- WASTENSON, L., 1966 a: Kartering av berghällar med hjälp av flygbildstolkning. – *SGU, Ser. C*, nr 606.
- 1966 b: Inblickbarhet i skogsmark vid flygbildstolkning. – Högre seminarier vid *Naturgeogr. inst., Stockholms universitet (stencil)*.
- WRIGHT, JR., H. E., 1957: Stone orientation in Wadena drumlin field, Minnesota. – *Geograf. Ann.*, 39.

**Bilaga I A: Data över bildmaterial utnyttjat i inblickbarhetsundersökningen**

*Appendix 1 A: Data of aerial photographs used in the ground visibility survey.*

Bildnummer <i>Photo no.</i>	Kamera <i>f = brännvidd i mm</i> <i>Camera</i> <i>f = focal distance</i>	Flyg- höjd <i>Flying</i> <i>altitude</i>	Skala <i>Scale</i>	Film <i>Film</i>	Fotogr. datum <i>Date of</i> <i>photo</i>	Rel. skugga <i>Relative</i> <i>length of</i> <i>shadow</i>	Över- täck- ning <i>Over-</i> <i>lap</i>	Anmärkning <i>Notes</i>
Ueq 59 32 b    02-10	Wild RC5 Ag 38 f = 152 mm	1500 m	1:10 000	Gevaert Orto	22/6 -59	1.0	80 %	Främshyttan
Ueq 59 12        02-03	Wild RC5 Ag 38	4500 m	1:10 000* förstoring	Gevaert Orto	28/6 -59	0.8	80 %	Främshyttan *enlargement
Ueq 59 33 b    02-10	Wild RC5 Ag 38	1500 m	1:10 000	Gevaert Orto	22/6 -59	1.0	80 %	Riddarhyttan
60 110 01 b    03-04	Wild RC5 Ag 38	1000 m	1:7 000	Kodak Super XX	4/7 -60	0.8	60 %	Rimbo
61 113 01        02-04	Wild RC5 Ag 41 f = 152 mm	1360 m	1:9 000	Kodak Super XX	12/5 -61	0	60 %	Rimbo
Bkk 59 01        01-02	Wild RC5 Ag 29 f = 152 mm	4590 m	1:30 000	Gevaert Orto	30/5 -59	0.8	60 %	Rimbo

**Bilaga 1 B: Data över bildmaterial utnyttjat i Rimboundersökningen**

*Appendix 1 B: Data of aerial photographs used in the Rimbo survey.*

Bildnummer <i>Photo no.</i>	Kamera <i>f = brännvidd i mm</i> <i>Camera</i> <i>f = focal distance</i>	Flyg- höjd <i>Flying</i> <i>altitude</i>	Skala <i>Scale</i>	Film <i>Film</i>	Fotogr. datum <i>Date of</i> <i>photo</i>	Rel. skugga <i>Relative</i> <i>length of</i> <i>shadow</i>	Antal prov- tyor <i>Numb.</i> <i>of</i> <i>test</i> <i>areas</i>	Anmärkning <i>Notes</i>
Bkk 59 01 b 01-03	Wild RC5 Ag 38 f = 152 mm	540 m	1:3 300	Kodak Super XX	6/6 -59	1.4	96	
Bkk 59 31 f 01-03	Wild RC5 Ag 27 f = 209 mm	690 m	1:3 300	Agfa Color	30/3 -59	1.1	54	
60 110 01 b 03-05	Wild RC5 Ag 41 f = 152 mm	1000 m	1:7 000	Kodak Super XX	4/7 -60	0.8	200	<i>paper prints</i> <i>and dia-</i> <i>positives</i>
Bkk 59 22 01-02	Wild RC5 Ag 29 f = 152 mm	2000 m	1:13 000	Kodak Super XX	4/6 -59	1.5	200	
67 677 f 01-02	Wild RC5 UAg 281 f = 152 mm	2000 m	1:13 000	Kodak Ektachrome Infrared	12/5 -67	0.9	200	<i>diapositives</i>
Bkk 59 11 01-02	Wild RC5 Ag 29	2950 m	1:19 400	Kodak Super XX	4/6 -59	1.5	200	<i>paper prints</i> <i>and enlarge-</i> <i>ments</i>
Bkk 59 01 01-02	Wild RC5 Ag 29	4600 m	1:30 000	Gevaert Orto	30/5 -59	0.9	200	

**Bilaga 1 C: Data över bildmaterial utnyttjat i Letsitjaureundersökningen***Appendix 1 C: Data of aerial photographs used in the Letsitjaure survey.*

Bildnummer <i>Photo no.</i>	Kamera <i>f = brännvidd i mm</i> <i>Camera</i> <i>f = focal distance</i>	Flyg- höjd <i>Flying</i> <i>altitude</i>	Skala <i>Scale</i>	Film <i>Film</i>	Fotogr. datum <i>Date of</i> <i>photo</i>	Rel. skugga <i>Relative</i> <i>length of</i> <i>shadow</i>	Anmärkning <i>Notes</i>
664 391      05-07	Williamson F 49 f = 150 mm	850 m	1:5 700	Ilford Hyperpan	6/8 -64	1.4	

**Bilaga 1 D: Data över bildmaterial utnyttjat i Västerås-Barkaröundersökningen***Appendix 1 D: Data of aerial photographs used in the Västerås-Barkarö survey.*

Bildnummer <i>Photo no.</i>	Kamera <i>f = brännvidd i mm</i> <i>Camera</i> <i>f = focal distance</i>	Flyg- höjd <i>Flying</i> <i>altitude</i>	Skala <i>Scale</i>	Film <i>Film</i>	Fotogr. datum <i>Date of</i> <i>photo</i>	Rel. skugga <i>Relative</i> <i>length of</i> <i>shadow</i>	Anmärkning <i>Notes</i>
67 211 01      01-09	Wild RC5 Ag 324 f = 152 mm	1370 m	1:9 000	Kodak Double X	11/5 -67	1.3	
67 211 11      01-04	Wild RC5 Ag 324	2430 m	1:16 000	Kodak Double X	11/5 -67	1.3	
67 211 21      01-04	Wild RC5 Ag 324	3800 m	1:25 000	Kodak Double X	11/5 -67	1.2	

**Bilaga 1 E: Data över bildmaterial utnyttjat i studier av blockorientering***Appendix 1 E: Data of aerial photographs used in studies of boulder orientation.*

Bildnummer <i>Photo no.</i>	Kamera f = brännvidd i mm <i>Camera f = focal distance</i>	Flyg- höjd <i>Flying altitude</i>	Skala <i>Scale</i>	Film <i>Film</i>	Fotogr. datum <i>Date of photo</i>	Rel. skugga <i>Relative length of shadow</i>	Anmärkning <i>Notes</i>
68 693 f 01    12-13	Wild RC5 Ag 196 f = 152 mm	2000 m	1:13 000	Kodak Ektachrome MS	3/8 -68	1.2	Rogen
66 Ce 171    05-06	Wild RC5 Ag 196	4600 m	1:30 000*	Kodak Plus X	28/8 -66	1.4	Rogen *enlargement to 1:10 000
664 386    08-09	Williamson F 49 f = 150 mm	4000 m	1:26 000*	Ilford Hyperpan	11/8 -64	1.4	Suotas *enlargement to 1:6 800
663 768    110-111	Williamson F 49 f = 150 mm	4000 m	1:26 000*	Ilford Hyperpan	9/8 -63	1.4	Vartas *enlargement to 1:6 300
63 544    11 03-04	Wild RC5 Ag 41 f = 152 mm	800 m	1:5 200	Kodak Super XX	17/5 -63	1.1	Nordmaling

**Bilaga 1 F: Data över bildmaterial utnyttjat i studier av blockfördelning på åsar***Appendix 1 F: Data of aerial photographs used in studies of boulder frequency on eskers.*

Bildnummer <i>Photo no.</i>	Kamera f = brännvidd i mm <i>Camera</i> f = focal distance	Flyg- höjd <i>Flying</i> <i>altitude</i>	Skala <i>Scale</i>	Film <i>Film</i>	Fotogr. datum <i>Date of</i> <i>photo</i>	Rel. skugga <i>Relative</i> <i>length of</i> <i>shadow</i>	Anmärkning <i>Notes</i>
66 402 01      02-13	Wild RC5 Ag 196 f = 152 mm	2000 m	1:13 000	Kodak Double X	15/5 -66	1.1	Mehedeby
66 569 01      01 01-07 02 01-07	Wild RC5 Ag 29 f = 152 mm	900 m	1:6 000	Kodak Double X	11/5 -66	0.9	Tärnsjö

**Bilaga 1 G: Data över bildmaterial utnyttjat i blockstudier på en talusbrant vid Suorva***Appendix 1 G: Data of aerial photographs used in studies of boulders on a talus at Suorva.*

Bildnummer <i>Photo no.</i>	Kamera f = brännvidd i mm <i>Camera</i> f = focal distance	Flyg- höjd <i>Flying</i> <i>altitude</i>	Skala <i>Scale</i>	Film <i>Film</i>	Fotogr. datum <i>Date of</i> <i>photo</i>	Rel. skugga <i>Relative</i> <i>length of</i> <i>shadow</i>	Anmärkning <i>Notes</i>
62 621 02      07-09	Wild RCS Ag 196 f = 152 mm	1200 m	1:8 000	Kodak Plus X	14/7	1.5	

# BLOCKHALTEN INOM VÄSTERÅS-BARKARÖMRÅDET

THE BOULDER FREQUENCY  
IN THE VÄSTERÅS-BARKARÖ-REGION

LEIF WASTENSON 1968



För spridning godkänd i Rikets allmänna kartverk 13/5 1969

**Blockhalt enligt flygbildstolkning (metod 4) i skalan 1:9 000**  
Boulder frequency according to aerial photo interpretation (method 4) on the scale 1:9 000

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| Antal block > 0,5 m<br>Number of boulders > 0.5 m |                          |
|   | < 1 / 100 m <sup>2</sup> |
|   | 1-5 / 100 m <sup>2</sup> |
|   | > 5 / 100 m <sup>2</sup> |
| Antal block > 1 m<br>Number of boulders > 1 m     |                          |
|   | > 5 / 100 m <sup>2</sup> |

**Blockhalt enligt fältkontroll inom slumpvalda provvoter**  
Boulder frequency according to a field check in test areas sampled at random

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| Antal block > 0,5 m<br>Number of boulders > 0.5 m |                                |
|   | < 1 / 100 m <sup>2</sup>       |
|   | 1-5 / 100 m <sup>2</sup>       |
|   | > 5 / 100 m <sup>2</sup>       |
| Antal block > 1 m<br>Number of boulders > 1 m     |                                |
|   | > 5 block / 100 m <sup>2</sup> |

**Blockhalt enligt geologiska kartbladet "Västerås" (SGU, Ser. Aa, Nr 196) uppförstorad från originalskalet 1:50 000**  
Boulder frequency according to the geological map "Västerås" (SGU, Ser. Aa, Nr 196) enlarged from the original scale 1:50 000

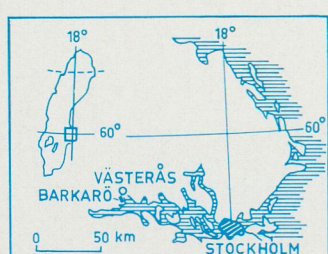
- |                           |  |  |   |
|---------------------------|--|--|---|
| ingen symbol<br>no symbol | Blockfattig<br>Low boulder frequency         |  | Hög blockhalt<br>High boulder frequency                       |
|                           | Normal blockhalt<br>Medium boulder frequency |  | Storblockigt<br>High frequency of boulders > 1 m <sup>2</sup> |

# ÄNDMORÄNSKARTA ÖVER VÄSTERÅS-BARKARÖOMRÅDET






MAP OF THE END MORAINES  
IN THE VÄSTERÅS-BARKARÖ-REGION

LEIF WASTENSON 1968

0 500 m  
Skala 1:15 000



För spridning godkänd i Rikets allmänna kartverk 13/5 1969

-  Ändmoräner, flygbildstolkade i skalan 1:9 000 och fältkarterade  
*End moraines, interpreted in aerial photographs on the scale 1:9 000 and mapped in the field*
-  Ändmoräner, enbart karterade i fält  
*End moraines, mapped only in the field*
-  Ändmoräner, enligt geologiska kartbladet "Västerås" (SGU, Ser. Aa, nr 196) uppförstoring från  
 originalskalet 1:50 000  
*End moraines according to the geological map "Västerås" (SGU, Ser. Aa, nr 196), enlarged  
 from the original scale 1:50 000*
-  Sjö  
*Lake*
-  Skogbevuxet område  
*Forested area*

PRISKLASS D

Distribution

SVENSKA REPRODUKTIONS AB

FAK, 162 10 VÄLLINGBY 1

Växjö 1969 C. Davidsons Boktryckeri AB

Printed in Sweden