

Flyvebilleders anvendelse ved jordbundskortlægning

ALBERT FOBIAN



Fobian, A.: Flyvebilleders anvendelse ved jordbundskortlægning. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1976*, side 7-21. København, 3. januar 1977.

The applicability of aerial photographs for semi-detailed soil survey (scale 1:25.000) has been investigated. An area west of Copenhagen was mapped using various types of aerial photographs. The area covers 60 km² and consists mainly of till and glaciofluvial sand, however, peat and gyttja also occur. This paper describes the application of the photographs and the experience gained. Four types of film were used: panchromatic, colour, infrared, and infrared colour. The scales of the photographs were 1:20.000, 1:10.000 and 1:4.000 for the panchromatic film and 1:10.000 for the other films. The films were taken in spring (april-may). The panchromatic film of scale 1:10.000 proved to be the most suitable film, generally. When the quality of the photos is at its best, this film offers evident advantages when identifying and mapping soils. The colour film was also suitable, but apart from the fact that colour facilitates the identification of the ground features, this film hardly improves the possibilities of interpretation. The infrared film as well as the infrared colour film are, generally, less suitable for soil survey, but useful for purposes of special reference to the vegetational cover.

Albert Fobian, Institut for Teknisk Geologi, Danmarks Tekniske Højskole, Lundtoftevej 100, 2800 Lyngby, 5. oktober 1976.

I 1970 indledte nu afdøde professor Th. Sorgenfrei og forfatteren et samarbejde om et projekt, som omfattede dels en undersøgelse af flyvebilleders anvendelighed ved jordbundskortlægning, dels et forsøg med fremstilling af et jordbundsgeologisk (pedologisk) kort.

Der blev valgt et forsøgsområde vest for København og anskaffet flyvebilleder, optaget på forskellige tidspunkter, med forskellige typer film og i forskellige målforhold. Arbejdet med billedtolkning og kortfremstilling var tilendebragt i løbet af to år.

Formålet med artiklen er at videregive indhøstede erfaringer om fototolkning med henblik på pedologisk kortlægning i 1:25.000 af et øst-dansk istidslandskab.

Anvendelse af fototolkning

Fototolkning som redskab ved kortlægningsarbejder har efterhånden vundet stor udbredelse. Metodens oprindelse går tilbage til trediverne, under krigen accelereredes udviklingen, der senere er fortsat som en følge af meget store kortlægningsopgaver ude omkring i verden. Fototolkning anvendes nu rutinemæssigt til opgaver inden for geologi, pedologi, geografi, hydrologi, anlægsarbejder, landbrug, skovbrug, ved studiet af vildtliv, ved analyser

af byområder, inden for arkæologi o. a. (Am. Soc. Photogrammetry 1960).

Der er almindelig enighed om, at den nytte, den enkelte kan drage af et givet billedmateriale, er afhængig af en række forhold, hvoraf billedkvaliteten, tolkerens faglige baggrund (»reference level«, Vink 1964) samt den pågældendes erfaring fra tidligere arbejde i områder af tilsvarende karakter, er af meget væsentlig betydning. Vink (1964) skelner mellem dels »direct photo-interpretation«, der vedrører tolkning af synlige objekter, som det f. eks. er tilfældet med flyvebilleders anvendelse inden for skovbrug, dels »correlative photo-interpretation«, hvor tolkningen vedrører ikke-synlige objekter. Ved jordbundskortlægning kan det, der ønskes kortlagt – jordbundsprofilerne – ikke direkte ses på flyvebilleder. Derimod kan man iagttage karakterer, som erfaringsmæssigt ofte kan sættes i forbindelse med bestemte profiltyper og således få oplysninger til brug for kortlægningsarbejdet (Buringh 1960).

En meget almindelig anvendt fremgangsmåde ved kortlægningsopgaver i forskellige målforhold er at udvælge ét eller flere mindre, repræsentative områder med henblik på at lære typiske jordbundsforhold og deres gengi-

velse på flyvebilleder at kende. På grundlag af den erhvervede viden fortsætter kortlægningsarbejdet med en fototolkning af hele den tilbageværende del og afslutning med kontrol i felten ved hjælp af boringer, hvorunder der foretages de nødvendige rettelser. Fordelen ved anvendelse af flyvebilleder er størst ved kortlægningsopgaver i målforhold mindre end 1:10.000 (Vink 1961).

Herhjemme har fototolkning især vundet indpas i forbindelse med løsning af specielle opgaver såsom registrering af råstofgrave (Ahrentzen & Falkesgård 1971), ved studiet af polygonmønstre (Christensen 1973) og ved arkæologiske studier (Newcomb 1971). Møller (1964) har anvendt flyvebilleder ved undersøgelser af Vadehavets topografi og Kvartærgeologiske studier er udført af Berthelsen (1970) og Sjørring (1974). Der har været nedsat en arbejdsgruppe under Danske Statsbaner for at undersøge metodens anvendelighed til belysning af jordbundsforhold med henblik på forventede store anlægsarbejder (Nordiska Vägtekniska Förbundet 1974).

Den undersøgelse af flyvebilleders anvendelighed, der her refereres, tager sigte på pedologisk kortlægning. En pedologisk kortlægning er i første række rettet mod den omdannelse af den oprindelige bjergart, som i tidens løb har fundet sted fra terrænoverfladen og nedefter, og som medfører dannelse af jordbundsprofiler. Kortlægningsarbejdet tilsigter en afgrænsning af områder, hvor profildannelsen har fået samme eller tilnærmelsesvis samme forløb. I et istidslandskab som det undersøgte er processernes forløb især afhængige af sammensætningen af den oprindelige bjergart samt af vandets nedsiven gennem jordlagene mod grundvandszonen. Den fordel, der kan være knyttet til anvendelse af flyvebilleder i kortlægningsarbejdet, vil derfor i høj grad være afhængig af, om det er muligt at få oplysninger om disse to faktorer gennem studiet af flyvebilleder.

Forsøgsområdet

Forsøgsområdets beliggenhed fremgår af fig. 1. Det er et 60 km² stort område, der strækker sig fra Tåstrup til lidt nord for Måløv. På grundlag af terrænformerne kan istidslandskabet opdeles i tre hovedtyper. Den nordlige del

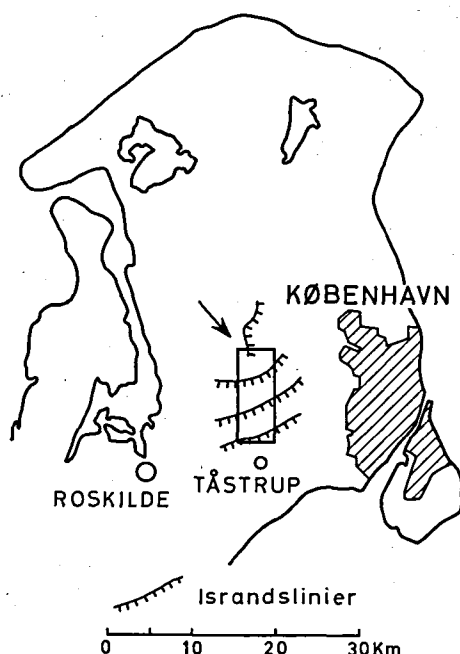


Fig. 1. Områdets beliggenhed vest for København. Israndslinierne er angivet efter Milthers (1948).

er et plateaulandskab, der gennemskæres af to hinanden krydsende dalsystemer og overvejende består af smeltevandssand og moræner. Den midterste del af området udgøres af et småbølget landskab, som overvejende består af smeltevandssand, morænesand og moræner, og den sydlige del af et svagt bølget område, som overvejende består af moræner. Et system af dalområder gennemskærer området. Her består aflejringerne for en stor dels vedkommende af tørv, dynd og gytje. Milthers (1948) angiver tilstedeværelsen af fire israndslinier inden for området (fig. 1).

Fotomateriale

For at forsøgsarbejdet kunne gennemføres på grundlag af et alsidigt billedmateriale, blev der dels optaget (Landinspektørernes Luftfotoopmåling A/S), dels indkøbt (Geodætisk Institut) flyvebilleder fotograferet med forskellige typer film og i forskellige målforhold. En oversigt over billedmaterialet ses i tabel 1.

De enkelte film beskrives kort i det følgende.

Pankromatisk film. Denne film, der almindeligvis benævnes »sort-hvid film«, anvendes til fotogrammetriske formål og er langt den

Film	Betegnelse	Målforhold	Flyvehøjde	Optagelsesdato
Pankromatisk	Ilford FP 3 Aerial Film	1:4.000	650 m	8.5.1970
—	—	1:10.000	1550 m	21.4.1971
—	Dupon Cronar	1:10.000	1680 m	9.5.1966
—	Ilford hyper- pan	1:20.000	3090 m	6.4.1966 og 3.5.1966
Farve	Agfa Aviphot Colour	1:10.000	1550 m	23.-24.3.1971
Infrarød sort- hvid	Kodak infra- rød aerogra- phic film	1:10.000	1550 m	21.4.1971
Infrarød farve	Kodak ectachrome infrared film	1:10.000	1550 m	21.4.1971

Tabel 1. Oversigt over billedmaterialet.

hyppigst anvendte i forbindelse med tolkningsopgaver. Filmen registrerer hele den synlige del af spektret, men dette begrænses dog ved hjælp af gulfilter (500 mμ) for at beskytte filmen mod diffust lys.

Farvefilm. Filmen er følsom over for blå, grønt og rødt lys. Farvefilm medfører, at terrængenstandenes farvenuancer bedre kommer til udtryk.

Infrarød film. Dette er en sort-hvid film, som er følsom for lys både inden for den synlige og den infrarøde del af spektret. Der anvendes et filter (700 mμ), således at filmen kun modtager infrarødt lys. Variationer i planternes klorofylindhold giver forskellig sværtningsgrad på infrarød film.

Infrarød farvefilm. Filmen benævnes også falsk farvefilm, spektrozonal film eller CD-film (Camouflage Detection Film). Den er opbygget som almindelig farvefilm med undtagelse af, at emulsionens blå-følsomme lag er erstattet af et infrarødt-følsomt lag, hvorved filmen kombinerer farvefilmens og den infrarøde films egenskaber.

For yderligere oplysninger vedrørende film, billedfremstilling, billedernes geometriske egenskaber, eksempler på fototolkning o. s. v. henvises til større behandlinger af emnet, f. eks. Allum (1966), Buringh (1960), Goosen (1967), Kihlblom (1970), Rabben (1960), Soil Survey Staff (1966) og Vink (1961).

Kortlægningsarbejdet

Kortlægningsarbejdet fulgte de retningslinier, der er nævnt ovenfor. Der blev valgt et prøveområde, som stort set strakte sig vinkelret på tre af de på fig. 1 skitserede israndslinier. Prøveområdet blev kortlagt ved hjælp af udgravninger, boringer og det på daværende tidspunkt foreliggende fotomateriale (se tabel 1). Arbejdskortet bestod af et topografisk kort i 1:10.000 (opfotograferet fra 1:25.000).

Udgravningerne blev gennemført til 2 m dybde. Deres placering blev valgt med henblik på dels beskrivelse af repræsentative jordbundsprofiler som led i kortlægningsarbejdet, dels for nærmere undersøgelse af betydningen af detaljer i flyvebilledernes gråtonemønster. Boringerne blev gennemført til 1 m dybde.

Under arbejdet med kortlægning af prøveområdet blev sammenhængen mellem forekommende jordbundsforhold og deres gengivelse på flyvebilleder undersøgt. På grundlag af den indhøstede erfaring fortsatte arbejdet med kortlægning af den resterende del af forsøgsområdet ved hjælp af fototolkning med efterfølgende kontrol i felten. Herunder blev det nødvendigt at udføre et supplerende antal udgravninger. Der blev i alt udført 72 udgravninger og 1330 boringer på de 60 km², der blev kortlagt.

For nærmere information vedrørende jordbundsprofilernes dannelse, deres klassifikation og fordeling i landskabet, det pedologiske kort samt dets fortolkning med henblik på anlægsar-

bejder og planteproduktion henvises til publikation under forberedelse.

Erfaringer fra tolkningsarbejdet

I det følgende opsummeres nogle erfaringer fra arbejdet med billedtolkning. Som ovenfor nævnt, er det den oprindelige jordart samt vandets nedsivning, der især påvirker jordbundsprofillets udformning. For at få oplysninger om disse to faktorer, blev tolkningsarbejdet rettet mod terrænformerne, de naturlige dræningsforhold, jordarterne, vegetationen samt menneskets påvirkning af landskabet. For oversigtens skyld er de enkelte emner behandlet hver for sig, men de blev analyseret under ét. Hvor ikke andet er nævnt, gælder erfaringerne billeder optaget med pankromatisk film i målforhold 1:10.000.

Terrænformer. Flyvebilleder, der ses under et spejlstereoskop, viser en tredimensional miniatureudgave af landskabet med en række detaljer, (nye veje, markskel, små bevoksninger o. m. m.), som ikke ses på et topografisk kort. Derved gives en detaljeret oversigt over terrænet, hvorved sammenhængen mellem dets enkelte elementer træder frem (fig. 2). Flyvebilleder gengiver landskabets relief bedre, end det er tilfældet med de topografiske kort. Mange værdifulde detaljer forsvinder mellem 2,5 m kurverne. F. eks. gengives et småbølget relief ikke tilstrækkelig detaljeret ved hjælp af 2,5 m kurver, og det samme er tilfældet med overgangszonen mellem istidslandskabet og moseområder.

Naturlige dræningsforhold. En jords naturlige dræningsforhold refererer til den egenskab ved jorden, der tillader overskydende vand at passere gennem denne mod dybere liggende jordlag.

På lokaliteter, hvor de naturlige dræningsforhold er gode, er jordens porer aldrig vandmættede gennem længere tid. Jordoverfladens udtørring om foråret sker tilnærmelsesvis samtidig over store områder og efterlader en forholdsvis ensartet gråtone på flyvebillederne (B i fig. 3b). På steder, hvor vandets nedsiven lokalt hæmmes af mindre gennemtrængelige lag, kan der – afhængig af terrænforholdene igrønt – forekomme fugtige lavninger inden for områder med generelt gode dræningsforhold (B og B' i fig. 3b).

Hvor jordens porer er så fine, at vandets nedsivning foregår meget langsomt, præges de naturlige dræningsforhold heraf. Inden for sådanne områder forekommer hyppigt fugtige lavninger. Jordens vandindhold medfører, at jordoverfladen om foråret ikke udtørres lige hurtigt over det hele, således at jordoverfladen gengives på flyvebilleder med et spættet gråtonemønster (A og C i fig. 3b).

Forholdsvis lavtliggende og egentlig lavtliggende områder har på grund af deres terrænmæssige beliggenhed dårlige dræningsforhold og kan være vedvarende vandmættede. Inden for disse områder kan der i særlige tilfælde forekomme vandfyldte huller, eventuelt forårsaget af tørveskær (F i fig. 3b).

Indikationer for dræningsforholdene har særlig betydning ved vurdering af, om profildannelsen er foregået under gode, tilfredsstillende eller dårlige dræningsforhold.

Jordarterne. Istidsjordarterne forekommer ofte med meget komplicerede lejringsforhold, der vanskeliggør tolkningsarbejdet. Mulighederne afhænger i høj grad af, om der kan findes karakterer, som sædvanligvis kendetegner de respektive aflejringsstyper. Jo flere karakterer – jo bedre er mulighederne. Det medfører, at billedkvaliteten er af central betydning.

Områder med smeltevandssand og morænesand har som regel gode naturlige dræningsforhold, der som ovenfor nævnt medfører forholdsvis ensartet udtørring og endvidere forekomst af færre fugtige lavninger og ikke sjældent tilstedeværelse af sand- og grusgrave (B i fig. 3b). I områder, hvor smeltevandssand overlejrer moræneler – som det f. eks. stedvis er tilfældet inden for det med B' markerede område på fig. 3b – er der forudsætninger for hyppigere forekomst af fugtige lavninger. Stedvis kan der forekomme så særprægede gråtonemønstre, at de på markant måde skiller sig ud fra omgivelserne. Et eksempel herpå ses på fig. 4, hvor et småspættet gråtonemønster indikerer en sandaflejring.

Karakteristisk for et område med moræneler er en svagt bølget til bølget terrænoverflade, hvor de naturlige dræningsforhold er nogenlunde tilfredsstillende eller tilfredsstillende. Det medfører hyppig forekomst af fugtige lavninger, vandfyldte mergelgrave og et karakteristisk gråtonemønster (A i fig. 3b). Større om-



Fig. 2. Stereobillede af et område ved Ledøje. Under lomme-
stereoskop ses et bølget relief med lavninger og møser. Bedste
stereoskopiske syn fås, når skyggerne vender mod betragte-

ren. Et udsnit af højre billedhalvdel er vist på fig. 3a. Foto:
Optaget 6.4.1966. Målførhold ca. 1:20.000. Reproduceret
med Geodætisk Instituts tilladelse (A. 254/74).



Fig. 3a. Område nord for Ledøje gengivet i ca. 1:10.000. Sammenlignet med fig. 2, der er optaget ca. 1 måned tidligere, fremgår det, at jordoverfladens udseende ikke har æn-

dret sig meget. Forklaring til billedet fremgår af fig. 3b. Foto: Optaget 9.5.1966. Reproduceret med Geodætisk Instituts tilladelse (A. 254/74).

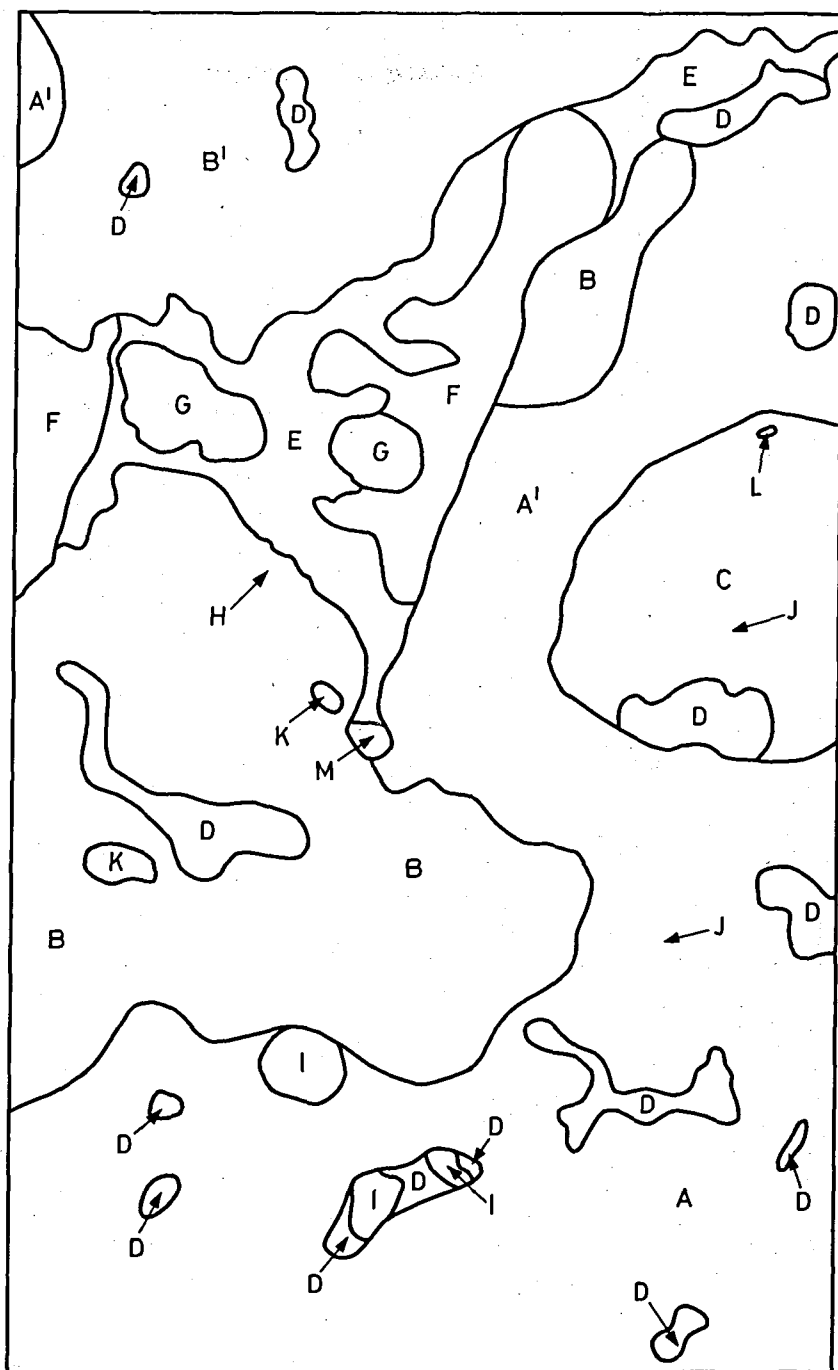


Fig. 3b. Forklaring til fig. 3a: A = moræner, præget af uens udtørring, fugtige lavninger, vandhuller og nedgravede drænløser. A' = moræner med bedre naturlige dræningsforhold. B = smeltevandssand og morænesand, forholdsvis ensartet udtørring. B' = smeltevandssand, stedvis moræner. C = smeltevandsler og -sand, uens udtørring og drænløser. D = Fugtig lavning, ofte mørkfarvet af højt humusindhold. E =

afvandet moseområde, opdyrket. F = egentlig moseområde, uens vegetation, tørveskær. G = holmeagtige områder, sand og grus. H = spor efter nedskyllet jord. I = vandhul. J = drænløser, »fiskebensmønster«. K = sand- eller grusgrave. L = mergelgrav. M = opfyldt. I området er der udført 43 borer til 1 m dybde.



Fig. 4. En del af Katrinebjerg Hovmark. Det stærkt spættede gråtonemønster i midten af billedet indicerer en gruset sandaflejring. Pilen viser en tilgroet grusgrav. Foto: Optaget 9.5.1966. Målforhold ca. 1:10.000. Reproduceret med Geotætisk Instituts tilladelse (A. 254/74).

råder med smeltevandssler giver sig tilkende ved en jævn til svagt bølget terrænoverflade og et karakteristisk udtørningsmønster, mens små områder – som ikke sjældent forekommer inden for de kortlagte morænelersområder – som regel er vanskelige at identificere. Hvor de naturlige dræningsforhold af en eller anden grund er bedre – f. eks. hvis en leraflejring i ringe dybde underlejres af smeltevandssand – påvirkes dræningsforholdene med deraf følgende ændring af gråtonemønstret og øget vanskelighed med identificeringen.

Adskillelse af organiske jordarter fra istidsaflejringer volder ingen vanskelighed på grund af tydelige forskelle i relief, dræningsforhold, vegetation og gråtonemønstre (E og F i fig. 3b). Særlige forhold gør sig gældende inden for et bakket landskab, hvor der kan forekomme små mosehuller, mere eller mindre dækket af muldjord som følge af jordkrybning. En gråtone, der normalt markerer en fugtig lavning, kan under disse omstændigheder dække

over organiske jordarter. På fig. 3b ses ved H spor efter nedskyllet jord.

Inden for moseområderne er en afgrænsning af den tilbageværende egentlige mose fra den omkringliggende tørlagte del ikke vanskelig at gennemføre. De egentlige moseområder giver sig tilkende ved lav beliggenhed, ofte konkavt relief, vandfyldte tørveskær og karakteristisk vegetation, mens den tørlagte del ofte har et jævnt til konvekst relief, kan være dyrket eller anvendes som græsningsareal, og der kan være bygninger eller markveje (E og F i fig. 3b, og 5b og 5c).

Endelig kan nævnes, at områder med fyldjord – i de tilfælde, de er fundet inden for området – skiller sig tydeligt ud fra omgivelserne ved at være gengivet med et småspættet gråtonemønster (M i fig. 3b, fig. 7).

Vegetation. I det tidlige forår, hvor flyvebillederne optages, forekommer jordoverfladen enten hovedsagelig vegetationsløs eller dækket af flerårig vegetation. Vegetationsdækket kan groft taget indeles i skove, moser og flerårige afgrøder.

Skovområder kan uden vanskelighed identificeres og opdeles i løvskov (mellemgrå) og nåleskov (mørkgrå til sort). Sidstnævnte plantes ofte på sandede jorder.

Moseområder er blandt de få steder i Danmark, hvor der er mulighed for at finde naturlige plantesamfund med plantebælter, som kan give værdifulde oplysninger om jordbundsforholdene. Nogle karakteristiske træk er omtalt ovenfor. Ofte er moseområderne præget af så komplicerede jordbundsforhold, at en afgrænsning af de egentlige moseområder fra den tørlagte del af mosen ikke kan gennemføres tilfredsstillende på billeder i målforhold 1:10.000, men kræver et større målforhold, f. eks. 1:4.000. Et eksempel herpå fremgår af fig. 5.

Flerårige afgrøder, f. eks. marker med græsfrø, gengives på flyvebilleder som mørke felter, der er i stand til totalt at skjule ethvert spor, som en vegetationsløs jordoverflade eventuelt kunne have givet (fig. 8).

Ud over de her nævnte forhold går erfaringerne fra dette arbejde ud på, at vegetationen som regel tilslører jordoverfladen og derved hæmmer tolkningsarbejdet. Dette udelukker dog ikke, at vegetationsdækket under særlige

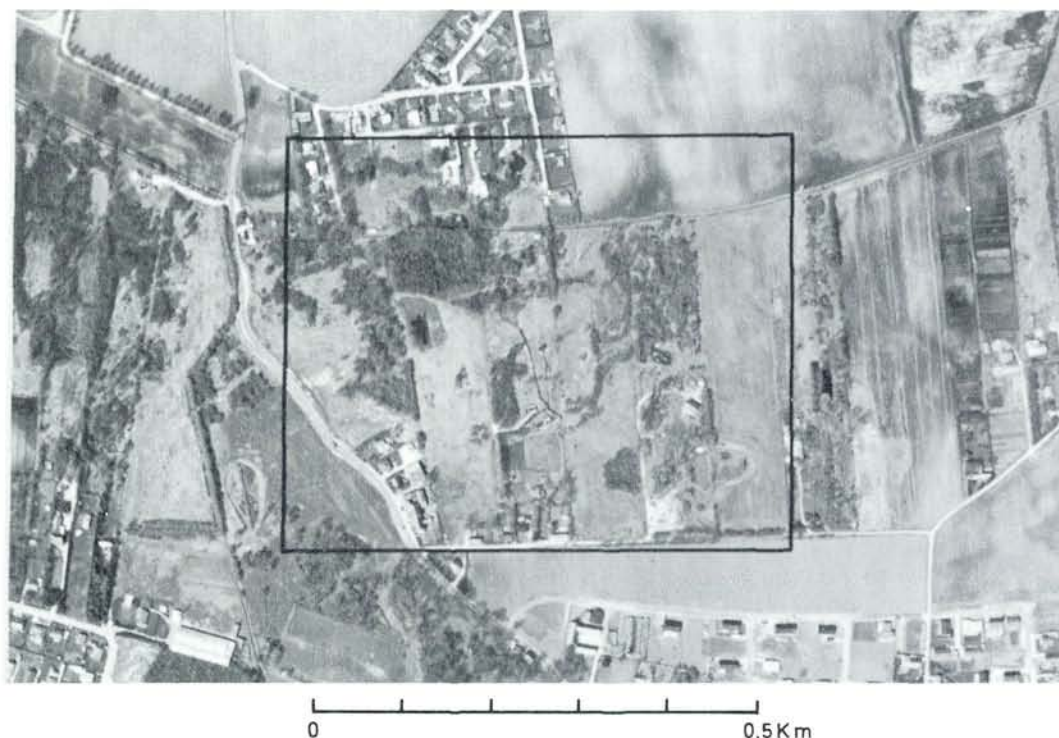


Fig. 5a. Et udsnit af Sengeløse mose gengivet i ca. 1:10.000. Mosens afvandning har medført, at jordoverfladen nu er stærkt præget af den oprindelige dalbunds uregelmæssige

relief. Det indrammede område ses i fig. 5b, side 16. Foto: Optaget 21.4.1971. Landinspektørernes Luftfotoopmåling.

forhold (se omtalen af de to typer infrarød film) kan give værdifulde oplysninger om jordbundsforholdene.

Menneskets påvirkning af landskabet. Menneskets virke kan ofte give oplysninger, som kan indgå i en bedømmelse af jordbundsforholdene. Det gælder f. eks. tilstedeværelsen af grus- og sandgrave (K i fig. 3b, fig. 4), vandfyldte mergelgrave (L i fig. 3b), afvandingsgrøfter, bebyggelse af moseområder (fig. 5), fremkomst af lyse pletter på markerne som følge af afpløjning af muldrag (fig. 8), tilsløring af fugtighedsforholdene som følge af markarbejdet (fig. 6). Ikke sjældent er markernes udseende på flyvebilleder præget af »fiskebensmønstre« efter nedgravede drænløsnings (J i fig. 3b, fig. 7). Heraf kan man slutte, at de naturlige dræningsforhold har været utilfredsstillende ud fra et dyrkningsmæssigt synspunkt. Bortset fra egentlig lavtliggende områder indikerer forekomsten af drænløsnings dårlige nedsivningsforhold forårsaget af ler-siltholdige

aflejringer med lav permeabilitet. Man kan dog ikke være sikker på, at nedgravede drænløsnings altid giver sig til kende på flyvebilleder (fig. 7).

Vurdering af film og målforhold

Nedenfor samles de erfaringer, arbejdet med de forskellige film og målforhold har givet.

Pankromatisk film. Når sort-hvide billeder optaget med pankromatisk film foreligger i bedste billedkvalitet, er de absolut velegnede til tolkningsformål. Den store variation i gråtonenuancer bevirker, at jordoverfladen gengives med en stor rigdom på gråtonemønstre, der dog ikke alle dækker over karakterer af værdi for jordbunds kortlægning. Billedernes egnethed for tolkningsformål gælder både vegetationsdækkede områder og den vegetationsløse jordoverflade.

De tre målforhold: 1:20.000, 1:10.000 og 1:4.000 har hver deres fordele. 1:20.000 (fig. 2) egner sig fortrinligt til studier af hovedlinierne i landskabets opbygning. Hvert billede



Fig. 5b. Det indrammede udsnit af fig. 5a gengivet i målforhold ca. 1:4.000. Det uregelmæssige vegetationsdække, tilstedeværelsen af veje og huse, mørk tørvjord afvekslende

med oppløjede lyse pletter forårsaget af gytje og mineraljord, afspejler meget afvekslende jordbundsforhold. Foto: Optaget 8.5.1970. Landinspektørernes Luftfotoopmåling.

dækker ca. 21 km² og giver et overblik over landskabelige sammenhænge, hvorved det er muligt at se linier i landskabet, som først rigtig træder frem ved at blive set på stor afstand. Detaljer gengives på den anden side ikke så tydeligt som ønsket, og brugen af dette målforhold under feltarbejdet er ikke tilstrækkelig for kortlægning i 1:25.000. 1:10.000 (fig. 3) er et målforhold, der både giver mulighed for at betragte så store områder under ét, at de enkelte terrænelementer kan studeres i forhold til hinanden, og samtidig viser billederne detaljer i rimeligt omfang. Under feltarbejdet er der plads til notater og indtegnning af grænselinier, og målforholdet egner sig godt som basis-kort til supplement af arbejdskortet. Målfor-

holdene 1:20.000 og 1:10.000 supplerer hinanden godt.

1:4.000 (fig. 5) er det målforhold, der viser flest detaljer, men til gengæld går det ud over overblikket, især når der arbejdes under stereoskop. Desuden bliver arbejdet let tidsrøvende på grund af det større antal billeder, der skal til for at dække et givet areal. I særlige tilfælde, hvor det drejer sig om områder, som fra naturens side har stor rigdom på fotogene detaljer (f. eks. moseområder) og som ønskes kortlagt mere detaljeret, end et kort i 1:25.000 kræver, er dette målforhold dog at foretrække.

Farvefilm, målforhold 1:10.000. Jordoverfladens gengivelse i farver indebærer store for-

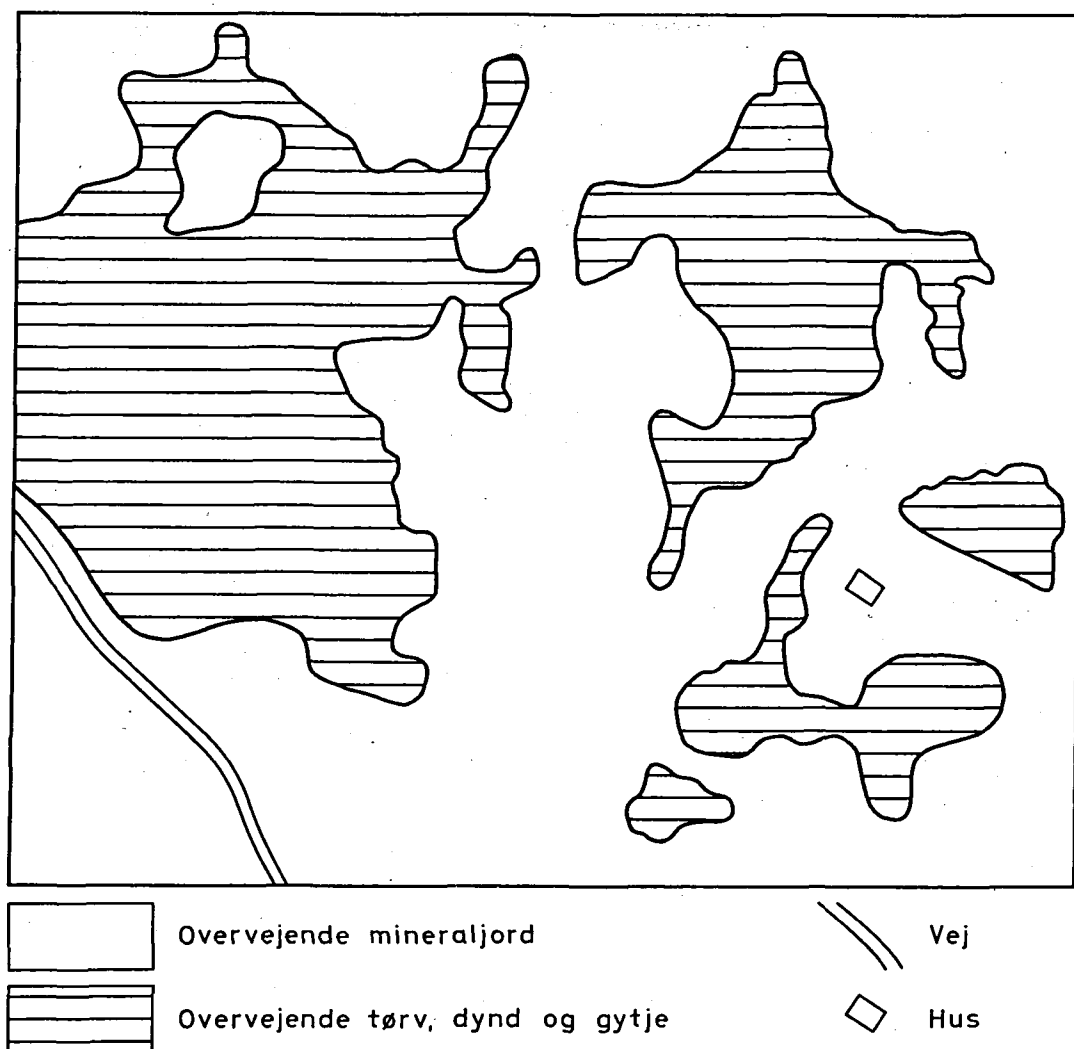


Fig. 5c. Tolkning af området vist i fig. 5b. Afgrænsning af egentlige moseområder.

dele især for vegetationsdækkede områder. Farvenuancerne letter identificeringen af de enkelte terrængenstande og kan bringe detaljer frem, som ikke rigtig træder frem på pankromatiske billeder. Det må dog fremhæves, at kravene til billedkvaliteten for farvebilleder er meget høje.

Den merudgift, der er forbundet med fremskaffelse af billeder i farver, modsvares dog næppe af øgede tolkningsmuligheder i forhold til billeder optaget med pankromatisk film, når disse foreligger i en for tolkningsformål vel-egnet kvalitet.

Infrarød film (sort-hvid), målforshold 1:10.000

(fig. 8). På sort-hvide billeder optaget med infrarød film ses vegetationsdækkede områder tydeligt på grund af overvejende meget lyse farvetoner. Åbne vandflader ses som meget mørke, nærmest sorte områder, mens fugtige lavninger ikke gengives tydeligere med denne film end med pankromatisk film; snarere tværtimod, idet selv et tyndt vegetationsdække er tilstrækkelig til at afdæmpe gengivelsen af en fugtig jordoverflade. Når der ses bort fra de indirekte oplysninger om jordbundsforholdene, som et nærmere studium af afgrøderne fordeling eventuelt kunne give, har infrarøde billeder egenskaber, som ikke rigtig kan udnyttes

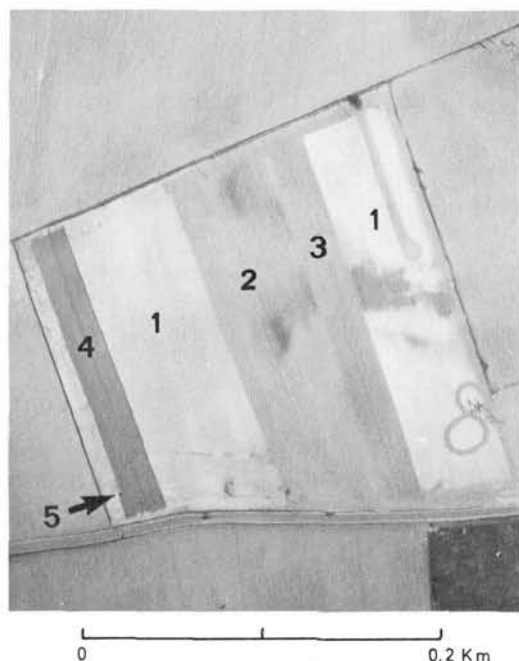


Fig. 6. Billedet viser et eksempel på markarbejdets påvirkning af jordoverfladens udseende. Området består af moræner. 1 viser jordoverfladen efter forårets udtørring, men inden markarbejdet har fundet sted. I midten af det højre markfelt ses en fugtig lavning, tydeligt markeret med mørk gråtone. 2, 3 og 4 viser den formodede rækkefølge, i hvilken markfelterne er behandlet. 5 viser traktoren i arbejde. Efter jordbehandlingen træder de fugtige områder igen frem (2), men nu i meget afdæmpet form i forhold til deres oprindelige tydelighed. Foto: Optaget 8.5.1970. Målforhold ca. 1:4.000. Landinspektørernes Luftfotoopmåling.

ved kortlægningsopgaver som den foreliggende.

Infrarød farvefilm, målforhold 1:10.000. Infrarød farvefilm optaget om foråret gengiver jordoverfladen i blå, rødviolette og mørkere farver. Vegetationsløs jordoverflade gengives i blå nuancer, mens vegetationsdækkede områder gengives med blå eller rødviolette nuancer – afhængig af fugtighedsforholdene. F. eks. gengives den lavest beliggende og egentlig fugtige del af et moseområde i blå nuancer varierende fra lyse til blåsorte, mens de lidt højere beliggende områder af mosen gengives med rødviolette farver. Der er således med denne film gode muligheder for at adskille de tilbageværende, egentlige moseområder fra den tørlagte del af moserne. Filmen egner sig hovedsagelig til opgaver, hvor nuancer inden for den vegetationsdækkede del af jordoverfladen kan udnyttes til at give oplys-

ninger om jordbundsforholdene. Det indebærer, at optagelserne må finde sted om sommeren på et tidspunkt, hvor variationer i jordbundsforholdene i særlig grad kommer til udtryk gennem vegetationen.

Sammenlignes de fire filmtypers egnethed for jordbundskortlægning af et dansk istidslandskab, har arbejdet efterladt det indtryk, at billeder optages med pankromatisk film – under hensyntagen til den billedkvalitet, de fire filmtyper var repræsenteret med – egner sig bedst til kortlægningsformål i almindelighed. Dernæst kommer farvefilm, som letter identificeringen af detaljerne i terrænet – især inden for vegetationsdækkede områder, – men alligevel kun i begrænset omfang tilfører tolkningsarbejdet nye muligheder. Infrarød sort-hvid film og infrarød farvefilm egner sig for specielle opgaver, som i særlig grad står i forbindelse med vegetationsdækkede områder og/eller områder, inden for hvilke der hyppigt forekommer åbne vandflader.

Sammenfatning

Muligheden for at drage nytte af flyvebilleder ved kortlægning af jordbundsprofilernes fordeling må vurderes på baggrund af sammenhænge mellem landskabets generelle træk og dannelsen af jordbundsprofilene.

Af de to sæt billeder i 1:10.000, der var til rådighed, viste det ene sæt (fig. 3a, 4 og 7) sig generelt bedre egnet til opgaven end det andet sæt. Selv om billedkvaliteten er god for fotogrammetriske formål, er det ikke givet, at den tillige er god for kortlægning af jordbundsforhold. Optagelsestidspunktet er meget væsentligt. Det tidlige forår må anses for bedst, idet senere optagelser som regel vil medføre, at mange værdifulde detaljer er tilsløret af markarbejde og udtørring. Når dette er nævnt, må det tilføjes, at udtørringsforløbet umiddelbart inden optagelsen må anses for mere afgørende end datoen, idet ovennævnte gode sæt billeder er optaget i maj måned. Erfaringer fra fotografering af jordbundsprofiler går ud på, at nogle jordbundskarakterer gengives bedre, hvis optagelsen finder sted under et diffust skydække. Det kan ikke udelukkes, at tilsvarende gælder for flyvebilleder, således at billedkvaliteten ville blive bedre, hvis



Fig. 7. To billeder af et og samme område ved Højbakkegård nord for Tåstrup, optaget med ca. 5 års mellemrum. Området består af moræneler. På øverste billede viser 1 tydelige spor efter nedgravede drænelinger, mens sporerne ikke træder frem samme sted på nederste billede. Eksemplet viser, at to optagelser af samme område kan give forskellige indtryk af

jordbundsforholdene. 2 viser en grusgrav under opfyldning. Fyldjorden giver sig til kende ved et småspættet gråtone-mønster. Foto: Øverst: Optaget 9.5.1966. Målforhold ca. 1:10.000. Reproduceret med Geodætisk Instituts tilladelse (A. 254/74). Nederst: Optaget 21.4.1971. Målforhold ca. 1:10.000. Landinspektørernes Luftfotoopmåling.

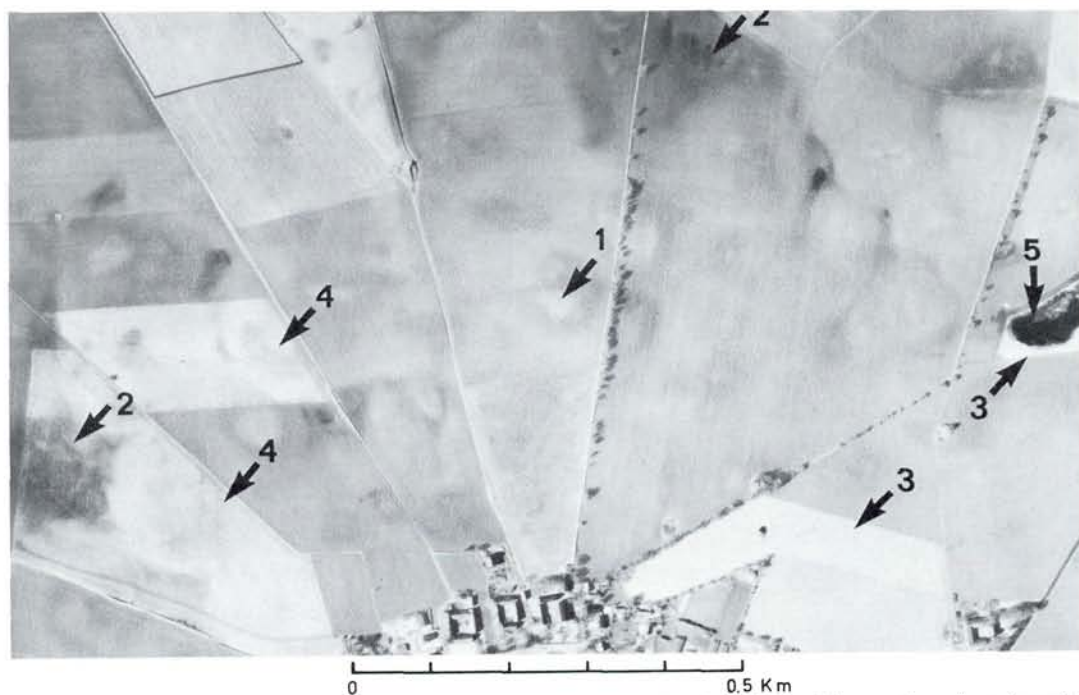


Fig. 8. Sammenligning af optagelser med pankromatisk film (øverst) og infrarød film (nederst). Området ligger nord for Smørumovre og består af moræner. Begge film gengiver vegetationsløs mineraljord i lyse og mellemgrå toner. 1: bakketop, hvor pløjning har medført fjernelse af en væsentlig del af muldlaget, samt 2: lavning med stærkt humusholdig jordoverflade gengives tilnærmelsesvis ens med begge film.

3: Vegetationsdækkede områder gengives på pankromatisk film som grålige, overvejende meget mørke områder, mens de på infrarød film gengives med meget lyse, gråhvide toner. 4: fugtige områder ses tydeligst på pankromatisk film. 5: vandhul. Foto: Begge film er optaget 21.4.1974. Målforhold ca. 1:10.000. Landinspektørernes Luftfotoopmåling.

optagelsen fandt sted under skydække i stedet for under klar himmel.

Arbejdet med undersøgelse af gråtone-mønstrene blev af tidsmæssige grunde ikke ført til vejs ende. Det må nævnes, at gråtone-nuancerne af en og samme terrængenstand kan variere fra billede til billede, og en tolkning baseret på gråtonemønstre må altid bedømmes med forsigtighed. Forskelle i gråtonemønstre indikerer ikke altid forskelle af betydning for kortlægningsarbejdet, og – omvendt – jordbundsforskelle giver sig ikke altid til kende ved bestemte variationer i gråtonemønstre.

Det bør for en ordens skyld nævnes, at anskaffelsen af kontaktkopier af flyvebilleder, der allerede er optaget, kun udgør en meget ringe udgift i sammenligning med, hvad feltarbejdet koster. Selv i tilfælde, hvor flyvebilleder af en eller anden grund ikke giver de oplysninger, der er brug for, kan de alligevel være en værdifuld hjælp i kortlægningsarbejdet, bl. a. ved tilrettelæggelse af arbejdet i felten eller som basiskort, hvor de i mange tilfælde muliggør en mere nøjagtig grænsedragning, end det er praktisk muligt at gennemføre ved konventionel kortlægning.

Efterskrift

Jeg står i stor taknemmelighedsgæld til nu afdøde professor Th. Sorgenfrei for initiativ, interesse og samarbejde om projektets gennemførelse. Endvidere vil jeg gerne takke Statens tekniskvidenskabelige Forskningsråd for bevilling til projektet. Birthe Dinesen og Birger Larsen, begge Instituttet for Teknisk Geologi, Danmarks Tekniske Højskole, og Poul Graff-Petersen, Mineralogisk Museum, har gennemlæst denne eller en tidligere udgave af manuskriptet og er kommet med værdifulde forslag til dets udformning. Inger Petersen har fremstillet figurerne, og Kirsten Lembcke har renskrevet manuskriptet. Alle beder jeg modtage min bedste tak.

Litteratur

- Ahrentzen, P. og Falkesgård, P. O. 1971: Registrering og kortlægning af de danske grusgrave. *Laboratorierapport 5*, Statens Vejlaboratorium, Roskilde. 7 pp.
- Allum, J. A. E. 1966: *Photogeology and Regional Mapping*. Pergamon Press, London. 107 pp.
- American Society of Photogrammetry 1960: *Manual of Photographic Interpretation*. Washington D. C. 868 pp.
- Berthelsen, A. 1970: Fotogeologiske og feltgeologiske undersøgelser i NV-Sjælland. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1970*, 64-49.
- Buringh, P. 1960: The application of aerial photographs in soil survey, i: *Manual of Photographic Interpretation*, 633-666. American Society of Photogrammetry. Washington D. C.
- Christensen, L. 1973: Geologisk tolkning af afgrødemønstre i landbrugsjorder. *Dansk Landbrug*, 6, 13-18.
- Goosen, D. 1967: Aerial photo interpretation in soil survey. *Soil Bulletin 6*, FAO, Rome. 55 pp.
- Kihlblom, V. 1970: *Flygbildstolkning för jordartsbestämning*. Utbildningsförlaget. 189 pp.
- Milthers, V. 1948: Det danske istidsskabs terræformer og deres opståen. *Danmarks geol. Unders., række 3*, nr. 28. 234 pp.
- Møller, J. T. 1964: *Fladkystens og flodens morfologiske elementer*. København. 148 pp. (Disp.)
- Newcomb, R. M. 1971: Luftfoto-arkæologi. *Landinspektøren* 26, 7, 1-8.
- Nordiska Vägtekniska Förbundet 1974: Bildtolkning för Vägprojektering. *Bildtolkningsgruppen, Nordiska Vägtekniska Förbundet. Rapport 1*. 60 pp.
- Rabben, E. L. 1960: Fundamentals of photo interpretation, i: *Manual of Photographic Interpretation*, 99-168. American Society of Photogrammetry. Washington D. C.
- Sjørring, S. 1974: Some problems in the till stratigraphy of the northeastern part of Sjaelland. *Bull. geol. Inst. Univ. Uppsala* 5, 31-35.
- Soil Survey Staff 1966: Aerial-Photo Interpretation in Classifying and Mapping Soils. *Agriculture Handbook 294*, 89 pp. United States Department of Agriculture, Washington D. C.
- Vink, A.P.A. 1961: *Survey problems and air photo interpretation in soil survey*. The International Training Centre for Aerial Survey, Delft. 43 pp. (Stencileret.)
- Vink, A.P.A. 1964: *Some thoughts on photo-interpretation*. The International Training Centre for Aerial Survey, B, 25, Delft. 23 pp.