

TEKST NR 49

1982

ANALYSE AF MULTISPEKTRALE SATELLITBILLEDER

PROJEKTRAPPORT :

PREBEN NØRREGAARD

VEJLEDERE :

JØRGEN LARSEN OG RASMUS OLE RASMUSSEN

TEKSTER fra

IMFUFA

ROSKILDE UNIVERSITETSCENTER
INSTITUT FOR STUDIET AF MATEMATIK OG FYSIK SAMT DERES
FUNKTIONER I UNDERVISNING, FORSKNING OG ANVENDELSER

Preben Nørregaard : "Analyse af multispektrale
satellitbilleder."

IMFUFA tekst nr. 49 (1982), RUC.

134 s ISSN 0106-6242

RESUMÉ :

Projektet er et kombineret geografi/matematik projekt. Det beskæftiger sig med anvendelse af LANDSAT satellitbilleder til registrering af forskellige arealmæssige udbredelser samt ændringer inden for disse.

I denne sammenhæng søges opstillet en metode/model til analyse af multispektrale satellitbilleder med henblik på at afsløre forhold og strukturer, der ikke umiddelbart fremtræder på satellitbillederne.

Der gives en oversigt over begrebet remote sensing og dets anvendelighed, med særlig vægt på forhold vedrørende LANDSAT satellitter.

Satellitbillederne, som anvendes i dette projekt, består af oplysninger om overfladens reflektionsforhold. De fortæller altså noget om vegetationsforholdene på jordoverfladen, og er således en model af virkeligheden/overfladen.

I projektet foretages en principalkomponentanalyse af satellitbillederne.

Resultatet af denne analyse er et nyt 'syntetisk' satellitbillede, som igen er en model af virkeligheden/overfladen.

Der optræder som antydning ovenfor modeller i et geografisk perspektiv, og den matematiske, statistiske analyse giver anledning til at diskutere forskellige matematiske modeller.

Endvidere behandles modelbegrebet generelt.

Analysemetoden kan repræsenteres ved et forholdsvist enkelt udtryk, men dette udgør ikke en model for sammenhængen mellem f.eks. reflektionsforholdene og jordbundsforholdene.

Preben Nørregaard : "Analyse af multispektrale
satellitbilleder."

IMFUFA tekst nr. 49 (1982), RUC.

134 s ISSN 0106-6242

RESUMÉ :

Projektet er et kombineret geografi/matematik projekt. Det beskæftiger sig med anvendelse af LANDSAT satellitbilleder til registrering af forskellige arealmæssige udbredelser samt ændringer inden for disse.

I denne sammenhæng søges opstillet en metode/model til analyse af multispektrale satellitbilleder med henblik på at afsløre forhold og strukturer, der ikke umiddelbart fremtræder på satellitbillederne.

Der gives en oversigt over begrebet remote sensing og dets anvendelighed, med særlig vægt på forhold vedrørende LANDSAT satellitter.

Satellitbillederne, som anvendes i dette projekt, består af oplysninger om overfladens reflektionsforhold. De fortæller altså noget om vegetationsforholdene på jordoverfladen, og er således en model af virkeligheden/overfladen.

I projektet foretages en principalkomponentanalyse af satellitbillederne.

Resultatet af denne analyse er et nyt 'syntetisk' satellitbillede, som igen er en model af virkeligheden/overfladen.

Der optræder som antydning ovenfor modeller i et geografisk perspektiv, og den matematiske, statistiske analyse giver anledning til at diskutere forskellige matematiske modeller.

Endvidere behandles modelbegrebet generelt.

Analysemetoden kan repræsenteres ved et forholdsvist enkelt udtryk, men dette udgør ikke en model for sammenhængen mellem f.eks. reflektionsforholdene og jordbundsforholdene.

INDHOLDSFORTEGNELSEKap. IIndledning

Forudsætninger og begrundelser for valg af emne
 samt problemformulering s. 2- 5

Kap. IIOversigt

Oversigt over remote sensing og dets anvendelig-
 hed, med særlig vægt på forhold vedrørende LAND-
 SAT-satellitter s. 6- 25

Noter og litteraturhenvisninger til kap. II s. 26- 27

Kap. IIIModeller

Diskussion af modelbegrebet. Modeller generelt
 og specielt i geografi- og matematiksammenhænge s. 28- 42

Noter og litteraturhenvisninger til kap. III s. 43- 44

Kap. IVAnalyse

Kommentarer til valget af analysemetode/model
 samt den egentlige analyse og tolkning s. 45-124

Noter og litteraturhenvisninger til kap. IV s. 125

Kap. VKonklusion

Kommentarer til analyseresultatet samt konklusion på problemformulering s. 126-128

Appendix

Et eksempel på PCA-analyse på et mindre data-
 materiale s. 129-134

KAPITEL I

INDLEDNING

Forudsætninger og begrundelser for valg af emne samt problemformulering.

Da min fagkombination er geografi/matematik, har jeg fundet det spændende og nærliggende (begge fag er naturvidenskabelige, som dels har indbyrdes relationer og dels har nære relationer til samfundsmæssige problemer og forhold) at bringe de to fag i spil over for hinanden.

Efter samtaler med mine vejledere om egnede projektemner og om de formelle muligheder for et kombineret projekt, valgte jeg at arbejde med analyse af satellitbilleder. Denne analyse af satellitbilleder (fra LANDSAT) foretages med henblik på at finde nye strukturer, der stemmer overens med kendte (f.eks. jordbundskort, geologiske kort o.l.).

Analyser af satellitbilleder med henblik på udsagn om forskellige vegetationsforhold og forudsætningerne for disse er noget forholdsvis nyt. Dette betyder bl.a., at der ikke på forhånd findes autoriserede standardmetoder til sådanne analyser.

Analysemetoderne er derfor under stadig udvikling og forbedring.

Til brug ved analyse af satellitbilleder kan man i princippet forestille sig tre forskellige fremgangsmåder :

- (1) analyse uden brug af matematik
- (2) analyse ved hjælp af matematiske modeller/metoder, men uden større kendskab til den bagvedliggende teori og de indbyrdes relationer i denne
- (3) analyse ved hjælp af matematiske modeller/metoder, og med kendskab til den bagvedliggende teori og sammenhængen og strukturen i denne

Det er den sidstnævnte fremgangsmåde, jeg har valgt at forsøge mig med.

Uanset hvilken af de tre fremgangsmåder der vælges, er det nødvendigt at anvende datalogiske hjælpemidler.

Problemformulering : Forsøg på at anvende satellitbilleder til registrering af forskellige arealmæssige udbredelser og ændringer inden for disse.

I denne sammenhæng søges opstillet en brugbar metode/model til analyse af multispektrale satellitbilleder vedrørende overfladeforhold, med henblik på frembringelse af nye 'ukendte' strukturer, der kan sammenholdes med kendte strukturer (fra kort).

Fordelen ved at anvende satellitbilleder frem for konventionelle registreringsmetoder er bl.a., at man hurtigt og kontinuerligt kan få oplysninger vedrørende arealmæssige udbredelser og ændringer inden for disse.

Fordelen ved at anvende multivariabel analyse af multispektrale satellitbilleder er, at man kan analysere flere/alle billedets oplysninger (stammende fra de fire spektralområder) sammenholdt.

Derved kan sammenhænge, som ikke lod sig afdække ud fra de enkelte spektralområders informationer, afsløres.

F.eks. vil det sandsynligvis ved en multivariabel analyse af multispektrale satellitbilleder vedrørende vegetation vise sig, at vegetationen afspejler jordbundsforholdene.

Efter indledningen følger et kapitel om LANDSAT-satellitten. Det er en beskrivelse af satellittens opbygning, virkemåde og anvendelsesmuligheder m.v.

Herefter kommer et afsnit om modeller.

Der anvendes i dag i stigende grad modeller ved beskrivelse af forskellige problemstillinger og forhold.

Visse problemstillinger kan ofte tydeliggøres ved brug af modeller.

Sammenhængene i naturen og samfundet er blevet mere komplicerede (og tekniske) og til at afdække mekanismer inden for disse områder, kan man - og er ofte nødsaget til - benytte sig af modeller.

Der anvendes især matematiske modeller og det både inden for f.eks. naturvidenskab og samfundsvidenskab. Modelbygning- og anvendelse finder sted på mange forskellige områder og niveauer.

Jeg har i denne projektsammenhæng fundet det relevant at behandle begrebet modeller.

Dette skyldes flere forhold.

Geografi og matematik er begge naturvidenskabelige fag, og geografi er samtidig et samfundsvidenskabeligt fag. Matematik anvendes mere og mere inden for forskellige områder i samfundet.

Fagene medvirker således begge til beskrivelse af sammenhænge inden for naturen og samfundet.

I projektet indgår også modeller på forskellige områder og niveauer.

For at afgrænse forskellige modeltyper fra hinanden samt belyse deres anvendelsesmuligheder diskuteres modelbegrebet først generelt og senere specielt inden for geografi- og matematikssammenhænge.

Kapitel 4 handler om den valgte analysemetode, principalkomponentanalyse. Desuden indeholder kapitlet analyseresultater vedrørende de behandlede satellitbilleder samt tolkninger af disse.

Kapitel 5 indeholder kommentarer til analyseresultatet samt konklusion på problemformuleringen.

Sidst i rapporten er vist et eksempel på PCA-analyse foretaget på et mindre datamateriale, hvilket var grundlag for vores første afprøvning af analysemetoden.

Denne projektrapport er udarbejdet ved RUC i efterårssemestret 1981, som rapport til opfyldelse af modulkrav til gymnasielæreruddannelsens 2. fagligt pædagogiske modul i geografi og matematik.

RUC februar 1982

Preben Nørregaard

Henvisninger til rapporten med kildeangivelse tilladt.

KAPITEL II

OVERSIGT

Oversigt over remote sensing og dets anvendelighed, med særlig vægt på forhold vedrørende LANDSAT-satellitter.

Remote sensing : "indsamlingen af information om et objekt uden at være i fysisk kontakt med objektet..." ¹⁾

eller udtrykt i to punkter :

- (1) "record information about a subject by detecting or sensing the interaction between the subject and electromagnetic radiation, and
- (2) produce an image of the subject" ^{2.)}

"I geografi-sammenhænge bliver ordet remote sensing anvendt kun i forbindelse med data indhentet fra fly eller satellit." ³⁾

Tabel 2.1

Summary of remote-sensing systems

Image system	Wavelength region	Property detected	Operating constraints	Special applications
UV imagery and photography	0.3 to 0.4 μm	Reflectance and fluorescence from solar radiation.	Daytime, good weather, low altitude to minimize atmospheric scattering.	Detecting oil films on water and fluorescent minerals.
Normal color and black-and-white photography	0.4 to 0.7 μm	Reflectance of visible solar radiation.	Daytime, good weather, any altitude.	Provides high spatial resolution and stereoscopic coverage.
IR color and IR black-and-white photography	0.5 to 0.9 μm	Reflectance of visible and photographic IR radiation.	Daytime, good weather, any altitude.	See above; also used for mapping vegetation, soil moisture, land-water contacts.
Landsat Multispectral Scanner	0.5 to 1.1 μm	Reflectance of visible and photographic IR radiation.	Daytime, good weather, 918 km altitude.	Repetitive regional coverage; available in digital form.
Thermal IR imagery	3 to 14 μm	Radiant temperature.	Day or night, good weather, any altitude.	Mapping temperature variations of land, water, and ice.
Radar imagery	1 to 25 cm	Surface roughness and topography.	Day or night, most weather conditions; presently limited to aircraft operation.	Mapping fractures and roughness; especially useful in areas with poor weather.

4)

LANDSAT-satellitten

LANDSAT, som opsendtes i juli 1972, er en satellitttype, der optager billeder af Jorden, bl.a. til kontrol af Jordens ressourcer.

Oprindelig hed satellitten ERTS (Earth Resources Technology Satellite).

Satellitten blev omdøbt til LANDSAT, fordi den ikke egnete sig til oceanografiske studier. Til dette formål er opsendt et nyt system, SEASAT.

LANDSAT er en videreudvikling af NIMBUS-vejrsatellitten, som den ligner i konstruktiv udformning. Men med hensyn til observationsinstrumenter, registreringsapparater og kommunikationsmidler er satellitterne meget forskellige.

LANDSAT-banerne

LANDSAT bevæger sig i solsynkrone baner omkring Jorden, omtrent vinkelret over ækvator, i en afstand af ca. 918 km. At en satellit bevæger sig i solsynkrone baner betyder, at den passerer over samme sted på jordoverfladen på samme tidspunkt hver dag, når man regner i Z-tid (Greenwich tid).

Satellitten passerer ækvator i sydgående retning kl. ca. 9.30 lokal tid i hvert omløb. Dette betyder i princippet, at alle observationer på en bestemt breddegrad vil kunne gøres under ens belysningsforhold.

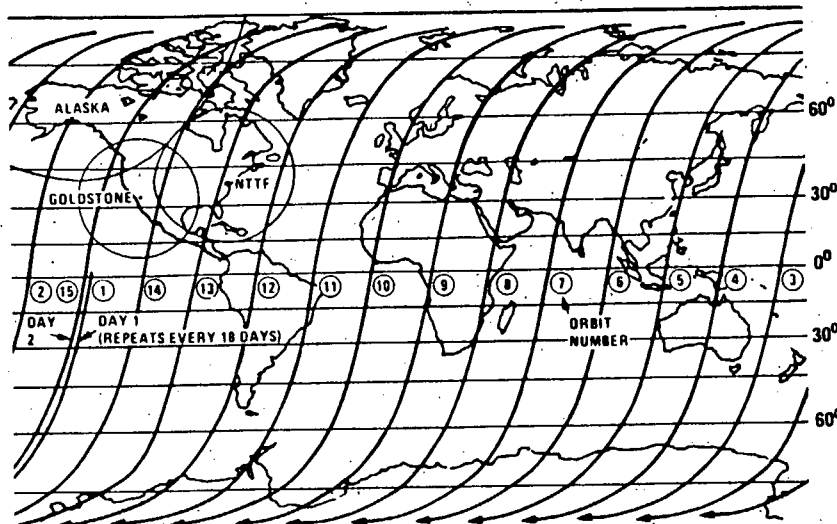
Danmark passeres hver dag kl. ca. 11.00.

Baneretningen afviger fra ækvatorretningen med 9° , hvilket betyder, at satellitten kun når ud til 81° nordlig og sydlig bredde.

Den bevæger sig i princippet overalt i samme højde over Jorden. Visse afvigelser opstår dog da Jorden p.g.a. rotation ikke er helt kugleformet samt p.g.a. tyngdekraftforskelle.

LANDSAT foretager ca. 14 ture omkring Jorden i døgnet. Et omløb varer ca. 103 minutter.

Satellittens baner ligger således, at de passerer ækvator ca. 26° forskudt fra tur til tur. I løbet af et døgn bliver det til lidt mere end en gang rundt om Jorden. Derfor bliver den 15. bane lidt forskudt i forhold til bane nr. 1.



Figur 2.1

Typical daytime Landsat orbit paths for a single day. Each day the paths shift westward 160 km at the equator so that every 18 days the paths are repeated. Images are acquired between 9:30 and 10:00 A.M. local sun time, except at high latitudes. Note location and ranges of receiving stations in the United States. From NASA (1976, Figure 2-6). 5)

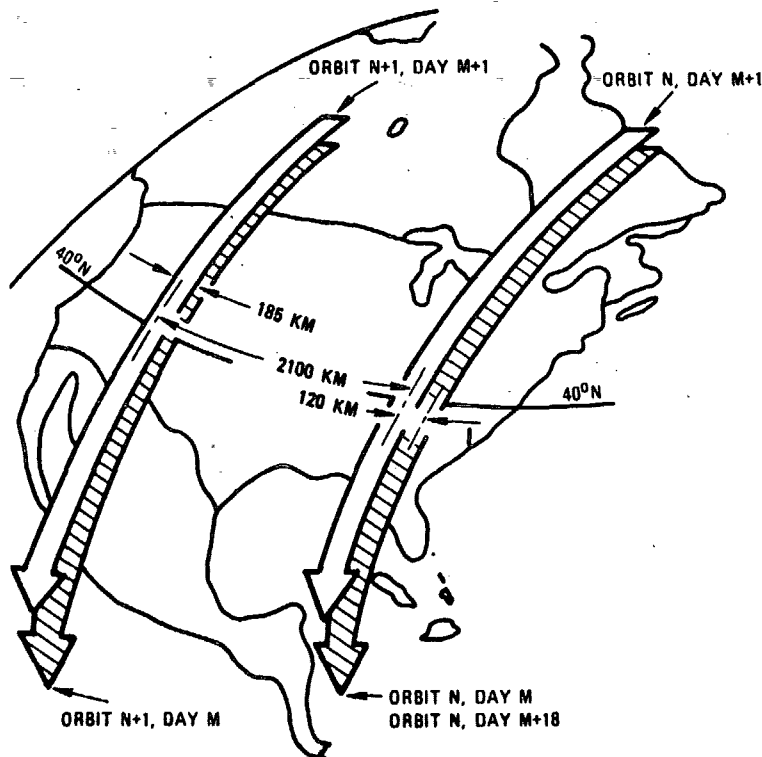
Efter 18 dage med ca. 14 omløb pr. dag vindes der 1 banebredde p.g.a. baneforskydningen. Det betyder, at bane nr. 252 nøjagtigt følger bane nr. 1.

Under omløbet afsøger satellittens sensorer en 185 km bred strimmel. Synsfeltstrimlerne dækker tilsammen hele Jorden og overlapper endda hinanden lidt. Overlapningerne bliver større jo længere væk fra ækvator, satellitten bevæger sig. Som vist i figur 2.2, er der ca. 34 % overlapning ved 40° nordlig bredde. Overlapningen aftager til ca. 14 % ved ækvator og stiger til ca. 70 % ved polaregnene.

Overlapningerne fra nærliggende (nabobilleder) kan be-

tragtes stereoskopisk.

Specielt i polaregnene skulle man kunne observere jordoverfladen meget tit. Men da der her ofte er dis og tåge i atmosfærens nederste dele, er mængden af brugbare observationer lille.



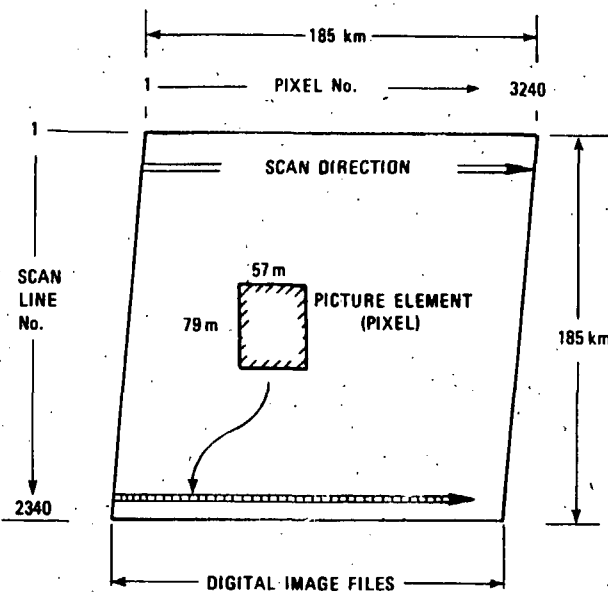
Figur 2.2

Landsat orbits over the United States on successive days. Note the 62-km sidelap of successive image swaths at 40°N latitude. 6)

På næste side er vist en LANDSAT-billedscene.

Hver billedscene indeholder ca. 3240 billedpunkter, pixels, i bredden (scan direction) og ca. 2340 linier i længden (satellittens bevægelsesretning).

Billedet indeholder således ca. $7,6 \cdot 10^6$ pixels.



Figur 2.3

Reference system of scan lines and pixels for Landsat MSS image. Note location of digital image files on computer compatible tapes.

7)

LANDSATs observationsapparater

LANDSAT har to hovedsensorysystemer, som svarer til hinanden med hensyn til observationsfeltets bredde og tre af de to systemers bølgeområder.

Det ene system kaldes multispektral scanner systemet (MSS), og det afsøger Jorden i fire frekvensområder (fire bånd), to i det synlige område og to i det infrarøde.

Tabel 2.2

Landsat multispectral scanner bands

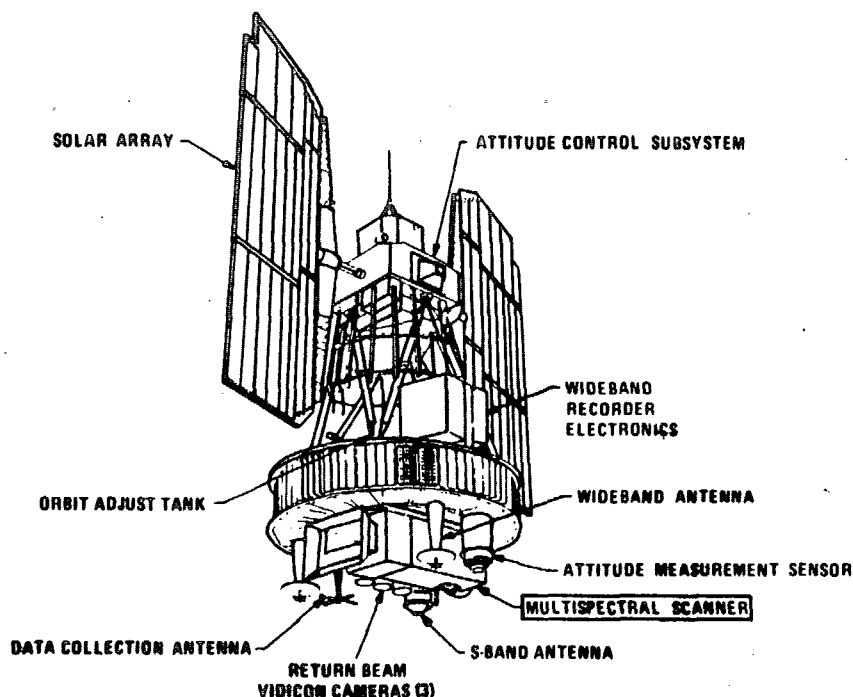
MSS band	Wavelength, μm	Color	Color normally used for projection
4	0.5 to 0.6	Green	Blue
5	0.6 to 0.7	Red	Green
6	0.7 to 0.8	Photo. IR	Red
7	0.8 to 1.1	Photo. IR	Red

8)

Det andet system benævnes return beam vidicon kameraer (RBV), som tager billeder samtidigt i tre frekvensområder (tre bånd), hvorved disse kan sammensættes til farvebilleder.

De tre RBV-bånd betegnes henholdsvis bånd 1, 2 og 3. De fire MSS-bånd benævnes bånd 4, 5, 6 og 7. (Det er det sidstnævnte område, bånd 7, der ikke kan optages effektivt med RBV-kameraer).

Endvidere findes et thermal IR-bånd, benævnt bånd 8. Scanneren, som opererer inden for dette bølgeområde (det fjerne infrarøde), registrerer Jordens varme-stråling. Dette kan udnyttes både om dagen og om natten.



Figur 2.4

Diagram of Landsat 1 and 2. The multispectral scanner has produced almost all the imagery from these satellites. From NASA (1976, Figure 2-2). 9)

RBV-kameraernes opløsningsevne er formelt 40 m X 40 m, men i praksis ofte mellem 40 m X 40 m og 80 m X 80 m.

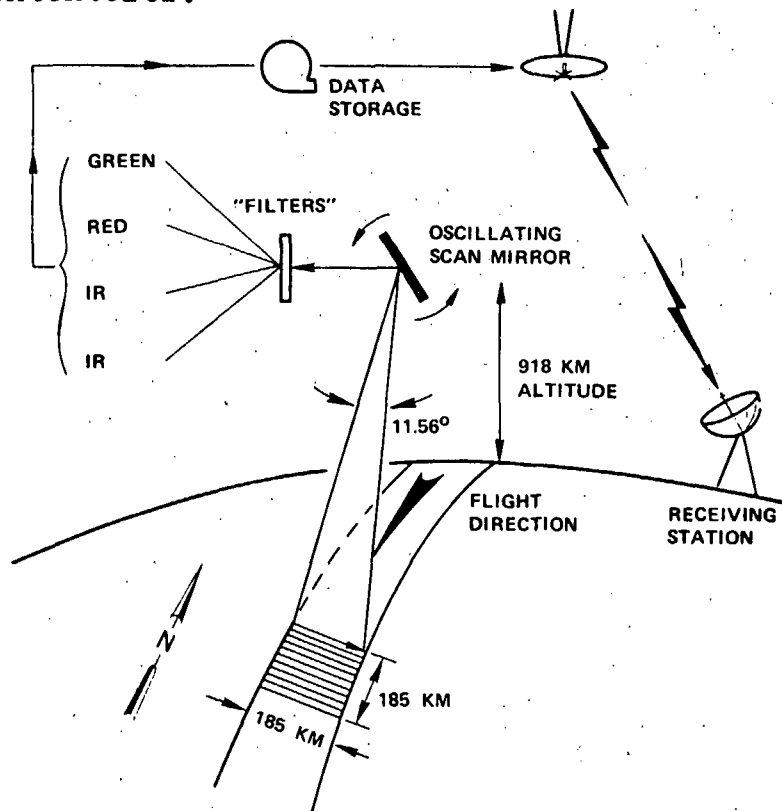
MSS-scannerne har en teoretisk opløsningsevne på 79 m X 79 m, men i praksis er den ofte et sted mellem 200 m X 200 m og 250 m X 250 m, bl.a. p.g.a. hældning i satellitten. Dette forhold kan der kompenseres for.

Multispektral scanner systemet

MSS-systemet er ligesom RBV-systemet et optisk system. Det er baseret på lysmålere, som registrerer lyset fra en så snæver kegle, at de i princippet kun optager lyset fra et punkt.

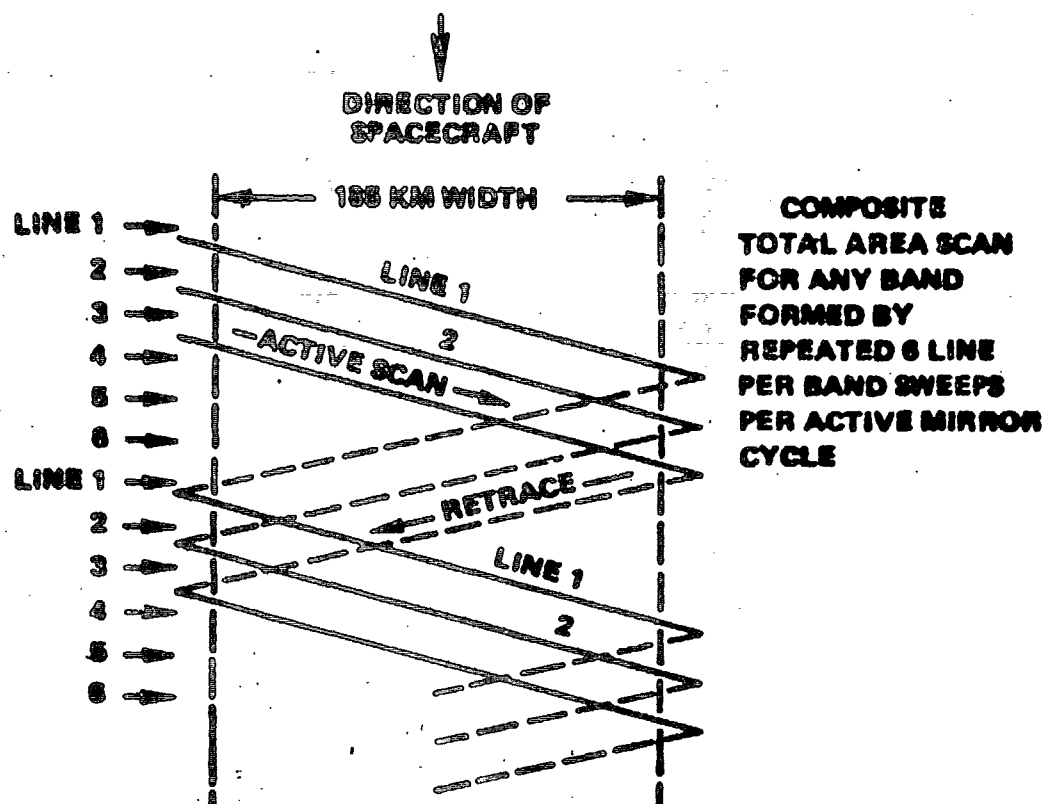
Lysmålerne scanner billedfeltet. Det sker ved, at lyset, som kommer til lysmåleren fra Jorden, bliver reflekteret fra et spejl i satellittens optiske system. Spejlet roterer således, at lyset modtages succesivt fra en stribe af jordoverfladen på tværs af satellittens bevægelsesretning. Det vil sige, at der for hver omdrejning afspejles en linie fra jordoverfladen.

Informationerne fra denne linie deles op i mindre enheder. Den energimængde, der stammer fra hver af disse småenheder - scanningsarealerne - sendes gennem et filter op i de ønskede spektralområder og videre ind i en række dektektorer.



Figur 2.5

Landsat multispectral scanner. For each terrain scene, four images are transmitted to a receiving station. From NASA (1976, Figure 2-4). 10)



Figur 2.6

Ground Scan Pattern for a Single MSS Detector ¹¹⁾

MSS-systemet scanner i virkeligheden 6 striber ad gangen tilsammen i et bælte, der er $6 \times 79 \text{ m} = 474 \text{ m}$. Til dette kræves der umiddelbart seks lysmålere.

SCAN LINE	DETECTOR No.	MIRROR SWEEP DIRECTION
No. 1.	1	No. 1
2.	2	
3.	3	
4.	4	
5.	5	
6.	6	
7.	1	No. 2
8.	2	
9.	3	
10.	4	
11.	5	
12.	6	

Figur 2.7

Detail of detector array for Landsat MSS.

¹²⁾

Hver af lysstrålerne deles (se figur 2.5) i apparatet i fire stråler, der passerer hver sit lysfilter.

Disse fire stråler, som repræsenterer forskellige områder af spektret, måles hver for sig.

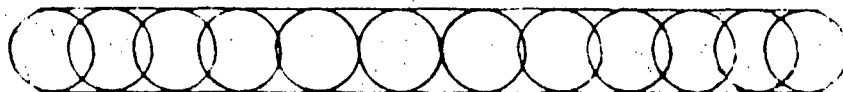
Der bruges altså $6 \times 4 = 24$ lysmålere.

Informationerne herfra i form af serier af elektriske strømvariationer kodes til digital form.

Billedformat

Det 185 km brede bælte (som teoretisk set er uendelig langt) svarer til tv-billeder, der er lagt i forlængelse af hinanden. Derfor kan de to slags optagelser (RBV og MSS) uden videre sammenlignes.

En enkelt billedscene er som tidligere nævnt 185 km gange 185 km og indeholder ca. $7,6 \times 10^6$ billedpunkter. Man kan opfatte hver scanner i satellitten som et kamera, der kan registrere et areal på $79\text{ m} \times 79\text{ m}$ nede på Jorden. På grund af spejlets bevægelse ved hver af søgning overlapper billedpunkterne hinanden meget i yderpositionerne (vest, øst) og mindre ind mod midten af billedscenen, hvor der intet overlap er.



Figur 2.8

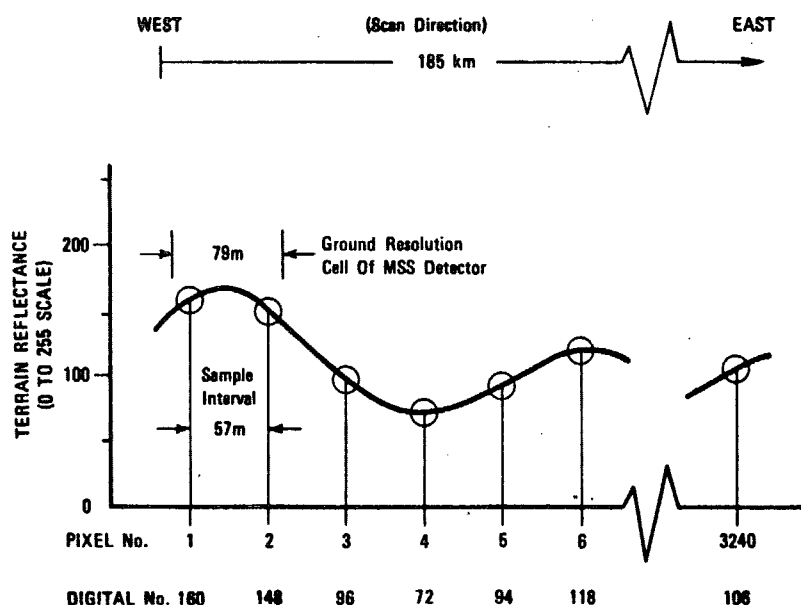
Overlay of pixels, corresponding to a variable mirror velocity.

(Note : 1. Pixels are represented by circles for ease of illustration; they are actually squares.

2. Not drawn to scale.) ¹³⁾

"Kurven på nedenstående figur (figur 2.9) viser reflektionen som en funktion af afstanden langs scanlinjen. Den kaldes 'analog display' (analog signal afbildning) fordi data er vist i direkte målelige størrelser. Analoge signaler adskiller sig fra digitale signaler, som registrerer information i numerisk form. Analoge data bliver omregnet til digitale data ved udtagning af det analoge signal i ensartede intervaller og ved at registrere værdien i hvert udtagningspunkt (sample point) i digital form.

Ombord på LANDSAT bliver de analoge signaler udtaget (sampled) i 57 m - intervaller og omregnet til digitale data, som bliver transmitteret til modtagestationer på Jorden.



Figur 2.9

Plot of terrain reflectance along a Landsat scan line. The 79-m ground resolution cell of each MSS detector produces a reflectance curve that is sampled at intervals of 57 m to generate the digital number for each pixel.

14)

Som vist på figuren frembringer udtagningen (the sampling) af en scanlinie 3240 punkter (pixels), hver med et tilsvarende digitalt nummer, som repræsenterer reflektionen.

Det analoge signal kunne være udtaget i ethvert inter-

val. Forholdet 1,4 mellem opløseligheden på Jorden (ground resolution cell) og udtagningsintervallet ($79\text{ m} / 57\text{ m} = 1,4$) blev bestemt teoretisk og eksperimentelt, som værende passende til at repræsentere det analoge signal.

Et større forhold (mindre udtagningsinterval) ville ikke mærkbart forbedre de digitale data. Et mindre forhold ville forringe kvaliteten af de digitale data.

Denne oplysning blev velvilligt givet af Virginia Norwood of the Space and Communications Group of Hughes Aircraft Company, som konstruerede de multispektrale scannere. Den rumlige opløselighed på et billede er i sidste instans bestemt af opløseligheden af jordelementerne, hvis dimensioner er $79\text{ m} \times 79\text{ m}$; det mindre udtagningsinterval ændrer ikke dette forhold." ¹⁵⁾

"Lysstyrkeværdierne for bånd 4, 5 og 6 bliver registreret på CCT-bånd, computer compatible tapes (det er magnetiske bånd på hvilke de digitale data fra LANDSATs MSS-billeder bliver registreret) inden for en syv-bit skala (fra 0 til 127). Bånd 7 bliver registreret inden for en seks-bit skala (fra 0 til 63).

(Syv-bit skala betyder, at der kan skrives op til syv-cifrede tal inden for det binære talsystem, totalssystemet).

Før denne proces multiplicerer nogle digitale systemer disse værdier med to eller fire for at frembringe en ensartet otte-bit skala for alle fire bånd. Som bidrag til konsistensen mellem MSS-båndene, minimaliserer det ensartede otte-bit format fejl, der skyldes afrunding af decimalværdier.

For at reducere datamaskinens regnetid og brug af kernelager bruges hele tal, hvor det er muligt.

Decimalværdier bliver afrundet til det nærmeste hele tal.

I seks-bit format (0 til 63) bliver beregnede værdier på 8,6 og 9,3 begge afrundet til 9. I otte-bit format

(0 til 255) bliver de tilsvarende værdier repræsenteret ved 34 og 37." 16)

Transmissions- og modtageforhold

Resultaterne fra satellittens observationer af jordoverfladen skal transmitteres til Jorden enten med det samme (real time) eller med mindst mulige forsinkelser, bl.a. p.g.a. lagerkapacitetsproblemer.

LANDSATS radioudstyr er konstrueret med henblik på at kunne transmittre billedserierne fra alle de tre RBV-kameraer og de fire MSS-scannere. Til denne transmission benyttes sendere med stor informationskapacitet. Informationerne fra LANDSAT-satellitter sendes med radiobølger med høj frekvens, altså korte bølgelængder. Radiobølger af denne længde bevæger sig kun retlinet. For LANDSATS vedkommende kan modtagelsen derfor kun ske fra jordstationer, der ligger inden for en afstand af 2000 km fra satellitten, dog i specielle gunstige tilfælde op til en afstand af 3000 km.

Modtagestationerne skal kunne optage et meget stort antal informationer samt registrere dem i båndoptagere. Disse procedurer er ikke særligt komplicerede eller kostbare. Derimod kræver forskellige opretninger af de digitale data samt opbygning af arkiver, at stationernes indretning er meget avanceret og dermed kostbar. Den nærmeste modtagestation i forhold til Danmark ligger i Kiruna.

Datatyper og databehandling

Når man har modtaget informationerne fra satellitten, er det muligt at bearbejde disse videre under hensyn til målpunkter i billedfeltet, sådan at billederne kan fungere som landkort.

Ved hjælp af et kort med et specielt net, der svarer til satellittens baner samt nogle tværgående linier, er det muligt at navngive en lokalitet med et banenummer (path-

number) og et rækkenummer (row-number).

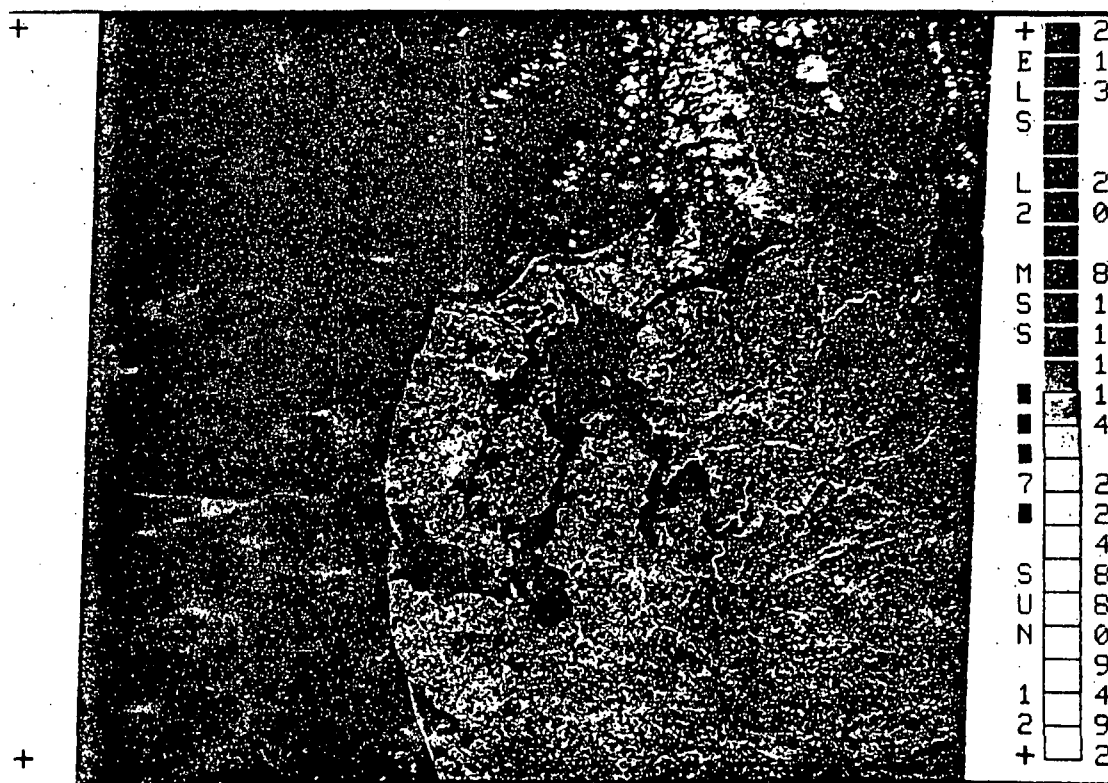
Banenumrene over Danmark strækker sig fra 207-213 og de vandrette rækkenumre går fra 20-22.¹⁷⁾

På baggrund af satellittens informationer kan fremstilles forskellige typer billeder.

Nedenfor ses et quick-look over Danmark.

Yderst til højre angives forskellige oplysninger såsom banenummer, rækkenummer samt årstal og dato. Billedet stammer fra observationer gjort med MSS-systemet og satellitten hedder LANDSAT 2. Desuden findes andre oplysninger.

Billedet dækker en såkaldt LANDSAT-scene. Det vil sige et areal på 185 km X 185 km, indeholdende ca. $7,6 \times 10^6$ billedpunkter.



Figur 2.10

Quick-look over Nordvestjylland.¹⁸⁾

Primærdataene lagres normalt på HDDT'ere (High Density Digital Tapes) i rå form. Bagefter sker en foreløbig geometrisk opretning af dataene. Det betyder, at den kontinuerede datastrøm fra satellitten deles op i pixler, der lægges i linier, som svarer til hver sin spejlrotation.

Herefter sker der endnu en geometrisk opretning, der som regel har til formål at rette informationerne ind i et kartografisk koordinatsystem, UTM-systemet. ¹⁹⁾ Endvidere sker der forskellige andre korrigeringer af dataene.

Der sker en såkaldt billedrekonstruktion for at kompensere for datafejl og datastøj, som er sket ved scanningen, transmissionen og registreringen på Jorden.

For at øge billedets visuelle virkning på fortolkeren foretages en kontrastforbedring og en forbedring af informationerne fra billedets yderkanter. ²⁰⁾

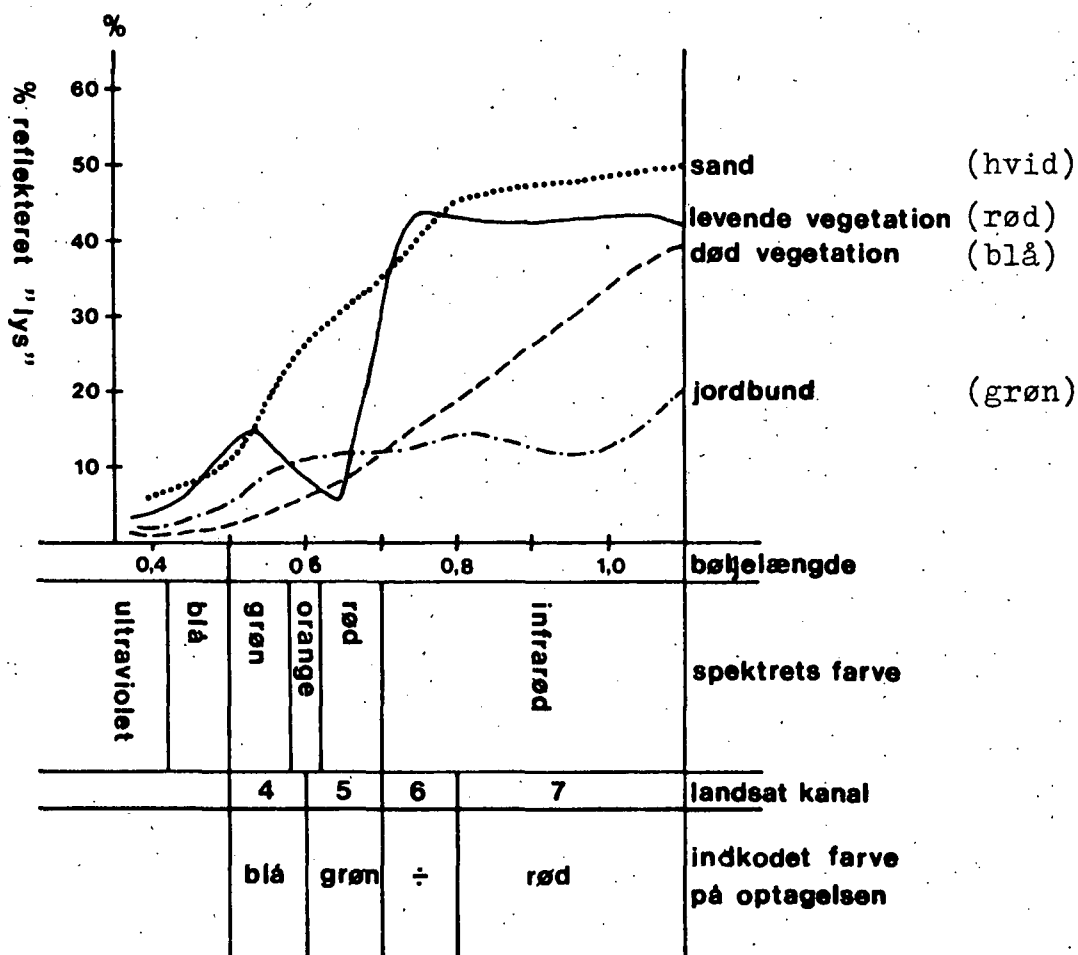
De oprettede data lagres på CCT'ere og kaldes digitale data.

Den anden type data er de såkaldte hardkopier (satellitfotos) som er analoge filmprodukter. De fremstilles i en laser-processor, enten på grundlag af HDDT'ere - de såkaldte quick-looks, eller ud fra CCT'ere - systemkorrigerede fotos.

Analoge filmdata kan behandles som luftfotos eller andre former for fotografier. ²¹⁾

Et falsk farvebillede fremstilles ved at man indfarver film fra forskellige kanaler med hver sin farve og samkopierer resultaterne.

På næste side ses en figur over forskellige overfladetyperes reflektionsforhold og der gives en beskrivelse af, hvordan et falsk farvebillede (FCC) kan fremstilles.



Figur 2.11 22)

Figuren viser hvor mange % af sollyset forskellige overfladetyper reflekterer i forskellige spektralområder. F.eks. ses det, at ved en bølgelængde på 0,6 μ m - den orange del af spektret - reflekterer en almindelig jordbund 10 % af det indstrålede sollys.

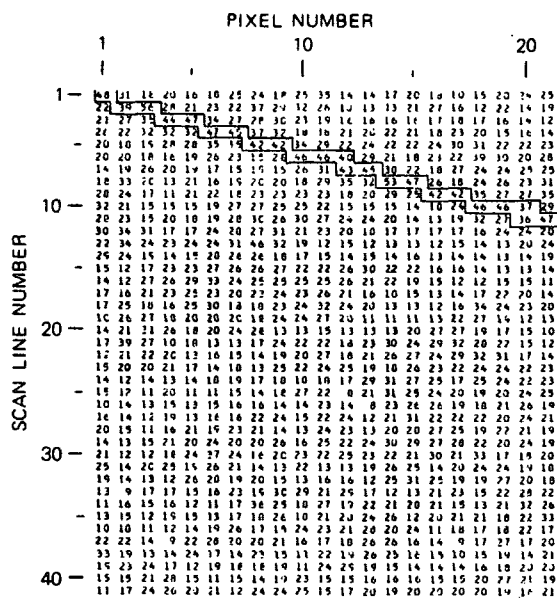
Af figuren fremgår det ligeledes, hvordan de enkelte skannerkanaler farvekodes og hvilken farvetransformation, som dermed finder sted.

Farveangivelserne i parentes efter overfladetyperne angiver, hvilken farve de enkelte overflader vil få på satellitoptagelsen ved den valgte farvekodning.

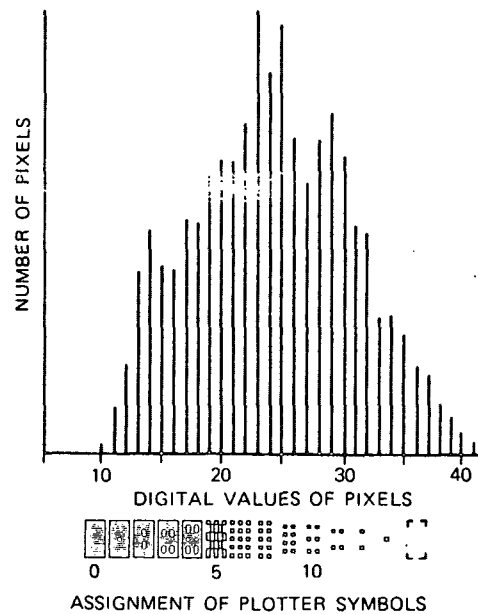
Når man har bestemt sig for at undersøge et område ud fra et satellitbillede, kan man f.eks. først kigge på et quick-look over det pågældende område. Et sådant

koster kun ca. 10 kr., og det kan fortælle noget om billedets kvalitet, nemlig om et eventuelt skydække og omfanget af dette samt visse tekniske fejl.

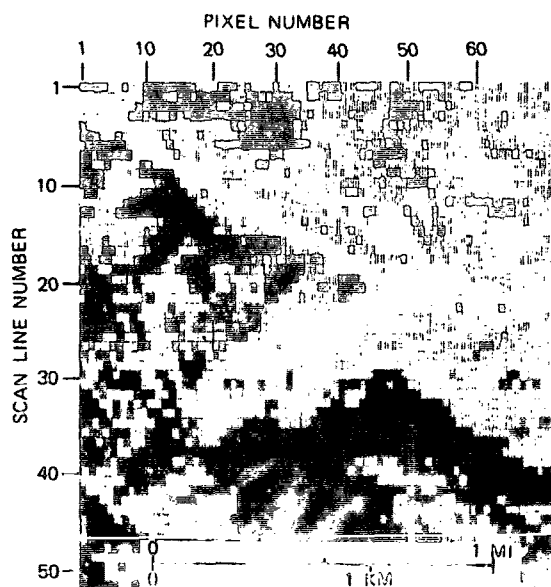
Herefter kan man så bestille selve båndet over det pågældende område. Fra dette kan man ved hjælp af row- og path-numre, de geografiske koordinater samt finjusteringer få udtegnet gråtonekort for hele området eller et delområde, som man specielt interesserer sig for.



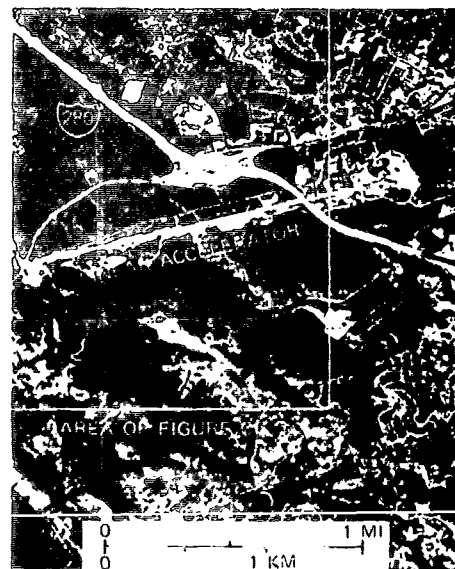
A. PRINTOUT OF DIGITAL VALUES OF PIXELS.



B. HISTOGRAM OF PIXEL VALUES WITH GRAY SCALE ASSIGNMENTS.



C. GRAY SCALE DISPLAY.



D. AERIAL PHOTOGRAPH.

Figur 2.12

Digital display of Landsat image, showing conversion of pixel values to gray scale display. Area is Palo Alto, California, on Landsat 1028-10145, band 5, acquired December 30, 1973. Data courtesy R. J. P. Lyon, Stanford University.

På foregående side er vist forskellige procedurer, som kan foretages alt afhængig af, hvad det er, man er interesseret i at analysere og bestemme.

Anvendelsesområder

LANDSAT-billeder anvendes til mange forskellige formål, og det er især informationerne fra MSS-kanalerne, man benytter sig af.

Et formål kunne være oplysninger om Jordens ressourcer. Når det er vigtigt at skaffe sig oplysninger om Jordens ressourcer, er det fordi mængden af disse er begrænset.

Naturens eget kredsløb og stofproduktion samt samfundets indblanding i og udnyttelse af det er et kompliceret forhold. Hvis man vil sikre en økologisk forsvarlig udnyttelse af Jordens begrænsede ressourcer, er det konstant nødvendigt at planlægge og styre udnyttelsen. Til dette formål kan bl.a. LANDSAT-billeder anvendes.

I Jordens begrænsede ressourcer eksisterer mange forskellige anvendelsesmuligheder. Og i denne sammenhæng er det derfor mere relevant at tale om Jordens potentialer i stedet for ressourcer. ²⁴⁾

Menneskene og samfundet er som nævnt interesserede i at få oplysninger om Jordens ressourcer f.eks. vegetation og jordbund.

Interessen i at få disse informationer kan være begrundet i forskellige forhold.

Det kan skyldes, at pågældende samfund mangler ressourcer ved produktion af fødevarer, boliger, varme m.v. til eget forbrug og/eller til eksport.

Ressourcerne kan også bruges til udvikling af nye energiformer, nye måder at producere på, nye produkter m.m. begrundet i øget befolkning, ændrede levevilkår (socialt, materielt, sundhedsmæssigt o.l.) og dette både internt, d.v.s. for producenten og externt, for producentens omgivelser.

Der kan således være tale om interesse i oplysninger om ressourcer af hensyn til interne og/eller eksterne behov samt i forhold til nuværende og/eller fremtidige behov.

Oplysningerne kan indhentes på forskellige måder.

I de tidligste tider skete kortlægningen og udnyttelsen af ressourcerne i takt med menneskets behov for føde, bolig, redskaber m.m. Og dette i et relativt langsomt tempo.

I dag sker kortlægningen og udnyttelsen af ressourcerne i et meget hurtigt tempo og ud fra mange forskellige interesser, som ikke alene grunder sig i menneskets elementære behov.

En væsentlig drivkraft, der ikke alene skyldes menneskets umiddelbare behov, er kortlægning og udnyttelse af ressourcerne samt en stadig teknologisk udvikling af metoder til dette ud fra økonomiske, konkurrencemæssige interesser; f.eks. afgrødebedømmelser som led i en handelsstrategi.

Men nævnes skal det selvfølgelig også, at udviklingen og anvendelsen af ny teknologi til ovennævnte formål kan tjene til en økologisk forsvarlig udnyttelse af miljøet.

Det er i lyset af ovenstående, at f.eks. brugen af satellitbilleder til bl.a. vegetationsanalyser og jordbundsanalyser skal ses.

Et andet geografisk perspektiv er, at ved satellitbilleder fås informationer om arealmæssige udbredelser i modsætning til punktmålinger.

En anden fordel ved satellitbilleddata er, at man her har digitale informationer, som der kan opereres på.

Der er andre fordele ved satellitbilleder, men samtidig er der også ulemper og vanskeligheder forbundet med disse.

Quick-looks er som nævnt billige (koster ca. 10 kr.) og tilgængelige for alle. Denne type billeder anven-

des bl.a. inden for forskellige off-shore aktiviteter i de arktiske områder. Billederne kan fortælle noget om isens udbredelse i havet og dens bevægelse. 25)

Falske farvebilleder koster ca. 1000 kr. og derved begrænses brugermængden noget.

Vil man foretage specielle analyser på selve datamaterialet (CCT-båndene), kræver det avanceret og kostbart udstyr (i øjeblikket koster et sådant anlæg som minimum ca. 2 mill. kr.), hvilket igen indsnævrer brugerkredsen.

Har man til gengæld anlægget, koster et CCT-LANDSAT-billede (185 km X 185 km) 'kun' ca. 10.000 kr., hvor en affotografering ved konventionel luftfotografering af samme område ville være væsentligt dyrere.

Men da forudsætningerne for videregående analyser er det i øjeblikket kostbare datalogiske materiel, betyder det, at f.eks. udviklingslande kun kan anvende falske farvebilleder, quick-looks o.l. eller færdigproducerede analyseresultater fra andre lande.

Opløseligheden på et satellitbillede såvel den teoretiske som den praktiske er udmærket til mange formål. Bl.a. til vegetationsregistreringer, miljøundersøgelser og vurderinger af vækstudbytte.

Desuden kan man med LANDSAT-billeder hurtigt og gentagne gange få billeder af et bestemt område.

Endvidere er det i begrænset omfang muligt at frembringe stereoskopiske billeder.

En af svaghederne ved LANDSAT's MSS-kanaler er, at de kun er operative om dagen og forudsætter skyfrit vejr.

NASA (National Aeronautical and Space Administration) har planer om opsendelse af en ny satellit, LANDSAT-fellow-on eller LANDSAT D (4).

I denne nye satellit skal MSS-båndenes opløsningsevne forbedres af hensyn til bl.a. bedre muligheder for resourceeftersøgning.

Andre forbedringsmuligheder og kombinationer af informationer overvejes ligeledes.

Tidligere (i begyndelsen af 1970'erne) anvendte man IR-luftfotografier til at registrere plantesygdomme som f.eks korn-rust.

Men et meget mere ambitiøst program er LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment) støttet af NASA og forskellige kontraktorganisationer.

Formålet er at foretage jævnlige, årlige vækstudbytteforudsigelser af de væsentligste kornarealer på verdensplan, begyndende med hvede.

Man bruger her CCTdata fra LANDSAT til at identificere arealtyper og til at estimere arealtypernes udbredelse. Denne information bliver så kombineret med nedbørsdata fra vejr-satellitter for at estimere udbyttet. 26)

Andre datakombinationer kan tænkes anvendt.

Når man tænker på, at USA er verdens største hvede-producent, er det nok ikke tilfældigt, at det anvender og videreudvikler teknikker, som gør det muligt at registrere og forudsige det årlige hvedeudbytte på verdensplan.

Noter og litteraturhenvisninger til kapitel II

- 1) Sabins, Floyd F. : "Remote sensing, principles and interpretation". W. H. Freeman and company, San Francisco, 1978. p. 411.
- 2) ibid. p. 15-16.
- 3) Folving, Sten : "Introduktion til registrering af geografiske data; 3. Anvendelse af satellitoptagelser. Kompendium nr. 20, Institut for geografi, samfundsanalyse og datalogi, RUC, 1980. p. 11.
- 4) Sabins, Floyd F. p. 402.
- 5) ibid. p. 73.
- 6) ibid. p. 73.
- 7) ibid. p. 236.
- 8) ibid. p. 67.
- 9) ibid. p. 66.
- 10) ibid. p. 67.
- 11) Thomas, Valerie L. : "Generation and physical characteristics of the Landsat 1 and 2 MSS computer compatible tapes". Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 1975. p. 4.
- 12) Sabins, Floyd F. p. 237.
- 13) Thomas, Valerie L. p. 30.
- 14) Sabins, Floyd F. p. 236.
- 15) ibid. p. 235-237.
- 16) ibid. p. 237-238.
- 17) Landsat Acquisition Map, European Space Agency, Earthnet, Roma, Italy.
- 18) Fotokopi af quick-look, udlånt fra geofagsalen.
- 19) Folving, Sten. p. 40.
- 20) Sabins, Floyd F. p. 254, 273.

- 21) Folving, Sten. p. 41.
- 22) Folving, Sten : "Introduktion til registrering af geografiske data; 4. Satellitfototolkning til regionale analyser". Kompendium nr. 23, Institut for geografi, samfundsanalyse og datalogi, RUC, 1981. p. 6.
- 23) Sabins, Floyd F. p. 239.
- 24) Brandt, Jesper og Rasmus Ole Rasmussen : "Fysisk planlægning og landskabsanalyse; Potentialet og den samfundsmæssige produktion". Kompendium nr. 21, Institut for geografi, samfundsanalyse og datalogi, RUC, 1980. p. 24 ff.
- 25) Sabins, Floyd F. p. 349.
- 26) ibid. p. 359

Desuden er følgende titler anvendt i større eller mindre omfang :

- a) Lademanns astronomileksikon 1979, dansk udgave revideret af Asger Lundbak.
- b) Andersen, C. E. : "Landsat-observationer af jordoverfladen".
- c) "Naturen og den samfundsmæssige produktion", en artikelsamling redigeret af Rasmus Ole Rasmussen.
1. del : Menneske og natur og 2. del : Ressourcer, Teknik og Teknologi. RUC-geografi, 1981.
- d) Brandt og Rasmussen : "Fysisk planlægning og landskabsanalyse" og "Potentialet og den samfundsmæssige produktion". RUC, 1981 (se ovenfor).
- e) Sabins, Floyd F. : "Remote sensing, principles and interpretation". W. H. Freeman and company, San Francisco, 1978.

KAPITEL III

MODELLER

Diskussion af modelbegrebet.

Der indgår i projektet modeller på forskellige niveauer og inden for forskellige områder.

Det er derfor valgt at diskutere modelbegrebet generelt og senere omtale eksempler inden for geografi- og matematikssammenhænge.

Dels for selv at få klarhed over begreberne og dels for at læseren/eleven skal have mulighed for at blive opmærksom på forskellige typer modeller og deres anvendelser.

mo'del -len, -ler [mo'dæl'] (fr. *modèle*, ital. *modello*, fra lat. *modulus* mål, dim. af *modus* måde) gengivelse, kopi af en eksisterende ting i lille målestok; den urform hvorefter ting vil blive fremstillet; nøjagtig form hvorefter noget tegnes, støbes osv., mønster; forbillede; mønstergyldigt eksempel; type; levende forbillede for bildende kunstner; den holdning, det billede af verden som systemdigtningen* udtrykker i sproglig form; opstilling af hypoteser, forklaring; teori.

1)

model

(latin *modulus*: mål, målestok), en samling antagelser om ikke-iagttagelige egenskaber og mekanismer ved systemer... 2)

I det følgende præsenteres et udpluk fra forskellige artikler og bøger, som jeg har fundet relevant i denne sammenhæng.

"Hensigten med og resultatet af en videnskabelig undersøgelse er at opnå forståelse af og kontrol over en eller anden del af universet". 3) Det er videnskabsmandens operationelle holdning.

Uffe Juul Jensen fremhæver den emancipatoriske, aktive rolle ved videnskabelig erkendelse, idet han siger: "Den videnskabelige erkendelse sætter os ikke blot i stand til at manipulere objekterne i en én gang for alle given verden, men sætter os tillige i stand til at forandre denne ved at skabe nye objekter". 4)

Når vi bliver i stand til at afdække de mekanismer og indre lovmæssigheder, som ligger bag ved systemers op-

førsel, giver dette os muligheder for at forandre naturen og samfundet.

Når man skal erkende, kontrollere og forandre omverdenen eller dele af den, er abstraktion ofte nødvendig.

"Abstraktion består i at erstatte den betragtede del af universet med en model af tilsvarende, omend simplere, struktur." 5)

"Alle gode abstraktioner er gode eksperimenter." 6)

"Et eksperiment er et spørgsmål. Langtfra alle videnskabelige spørgsmål kan direkte afgøres ved eksperimenter. Hvis man placerer spørgsmålene på en generalitets-skala, er det normalt kun dem af mindst generalitet, der kan underkastes en direkte eksperimentel afgørelse." 7)

Abstrakte og generelle spørgsmål må først nedbrydes til specifikke spørgsmål, der direkte kan oversættes til et eksperiment.

Det er dog kun een side af sagen. Den anden er at gå fra det faktiske til det abstrakte, altså ud fra (velvalgte) eksperimentelle data at arbejde på at opnå stadig mere generelle forestillinger. Det vil sige arbejde på at opbygge en teori for det pågældende virkelighedsområde. Når man udfører eksperimenter, videnskabeligt arbejde benytter man sig af modeller.

Man kan skelne mellem materielle modeller og formelle, begrebsmæssige modeller (teoretiske modeller).

"En materiel model er en repræsentation af et komplekst system ved et formodet simplere system, som antages at have egenskaber, der ligner dem, som i det oprindelige komplekse system er udvalgt til at skulle undersøges."

8)

Materielle modeller (som kan have didaktiske fordele) tillader, at man foretager eksperimenter under bedre forhold, forudsat at man har en passende formel model, hvis struktur ligner hver af de to materielle systemers (den materielle virkelighed og den materielle model).

(Hvis S er det studerede system og M er en materiel mo-

del, så har man altså en formel model F, der fungerer som model af (dele af) såvel S som M. Den måde, hvorpå man kan vide, at M er en materiel model af S, er, at man har F, som er model af både S og M. Hvis det desuden kræves, at M skal være lettere at manipulere med end S uden at være 'trivielt', er der givet en nogenlunde definition af relationen 'er en materiel model af', en definition som dog forudsætter relationen 'er en formel model af').

Materielle modeller kan bestå i skalaændringer (i tid eller rum) eller andre ændringer f.eks. etiske. Man laver forsøg med små dyr (M) i stedet for store dyr eller mennesker (S), idet man forudsætter, at visse egenskaber (F), f.eks. genetiske, optræder nogenlunde ens i de to populationer.

Undertiden kaldes materielle modeller også for fysiske modeller.

Det er imidlertid ikke denne type modeller, der indtager en væsentlig rolle i videnskabsprocessen, videnskabelig erkendelse.

Det gør teoretiske modeller, og de fungerer som symbolske modeller og er "påstande udtrykt i logiske termer om en idealiseret, forholdsvis simpel situation, der samme strukturelle egenskaber som det oprindelige system." 9)

De teoretiske modeller kan gradueres efter en skala, der går fra 'closed box' til 'open box' eller fra 'black box', 'grey box' til 'white box'. 'Åbningen' eller retikulationen af æsken fører til stadig mere udviklede teoretiske modeller, en udvikling "fra de forholdsvis simple og yderst abstrakte modeller til mere komplekse, mere konkrete teoretiske strukturer." 10)

På mellemstadierne i modeludviklingen vil man stå med den oprindelige 'closed box' retikuleret ud i en række delkomponenter, hvoraf nogle er 'closed boxes', andre

er de (p.t.) basale byggesten, og atter andre er 'half opened boxes' (grey boxes).

Modeller og analogier

Ved eksperimenter kan man frembringe fænomener, som aldrig ville forekomme i naturen. Vi er således i vores praksis i stand til at frembringe ting, som vi ikke umiddelbart kan forstå inden for denne praksis. Hvis vi vil forstå disse fænomener, kræver det en begrebsmæssig konstruktion.

Man kan skelne mellem forskellige former for analogier blandt fænomener.

Hvis de fænomener man betragter som analoge, har visse materielle eller rumlige egenskaber, træk fælles, kaldes analogien substantiel (jvf. materielle modeller).

Hvis egenskaberne kun korresponderer, f.eks. hvis de beskrives ved samme matematiske udtryk, kaldes analogien formel (jvf. teoretiske modeller).

Men indholdet af en model forklares ikke alene ved de analogier, som har dannet grundlag for modeldannelsen. Man er også nødt til at danne sig en model af de mekanismer, indre sammenhænge, der er bestemmende for et systems opførsel.

Når analogi og model ofte sammenblandes er det ifølge UJJ fordi to forskellige spørgsmål blandes:

1. Genetiske og begrebslogiske træk ved modellen.
2. Modellens ontologiske indhold. 11)

Som eksempel nævnes påstanden 'livet er som et teater'. Hvis vi vil søge en videnskabelig forklaring på fænomenet (livet, social adfærd) er det ikke tilstrækkeligt at undersøge menneskers adfærd på en scene. Vi må danne os en model af de sociale mekanismer, som resulterer i, at vi somme tider opfører os, som om vi spillede skuespil.

Vi må altså også uden for teaterverdenen og iagttage menneskers sociale adfærd, suppleret med socialpsykolo-

giske teorier og erfaringer. 12)

Modeller og semiotik

Modeller præsenteres somme tider i diagrammer, hvilke er i snæver forbindelse med analogierne. I sådanne diagrammer er det afgørende, at elementerne i disse, på en overskuelig måde repræsenterer de indgående objekter i modellerne. Det er altså vigtigt at vælge de tegn, som et diagram skal opbygges af, omhyggeligt. Forskellige fagområder har forskellige måder at benævne givne begreber på, og der er udviklet mange tegn- og diagramsystemer til at udvikle specielle modeller og teorier. 13)

De tegn, som indgår i en model kan klassificeres i følgende kategorier (efter C.S.Peirce):

(1) Ikoner, der er en slags idealiserede billeder af bestemte forhold og handlinger. Disse tegns form er afgørende for deres betydning. Et eksempel på et ikon inden for geografisammenhænge er en globus. Det er straks vanskeligere at komme med eksempler på ikoner fra matematikverdenen. Et eksempel kunne dog være romertallene for de første ti naturlige tal. (V betyder en håndfuld, altså fem. Anbringer man et V 'på hovedet' under et V, får man et X, som betyder to håndfulde, altså ti).

(2) Symboler, er oftest bogstaver, hvis form ikke spiller nogen rolle for deres betydning. Symbolet henviser altid til en vedtagelse, der er afgørende for betydningen af tegnet.

En zig-zag streg evt. med en pil i den ene ende, får os normalt til at tænke på et lyn, højspænding. Hvis det samme tegn optræder på et geografisk kort over produktion hentyder det til elektrisk-teknisk industri. I det sidste tilfælde optræder tegnet som symbol og i det første som ikon.

Den samme zig-zag streg kan i matematiksammenhænge

betyde afbildning (f.eks. $x \mapsto x^3$).

Andre eksempler:

På højdekort angiver grøn farve som regel lavland og brun farve højland.

I geometri hentyder et rektangel i hjørnet mellem to sider, at der er en vinkel på 90° .

Bogstavet Z hentyder i matematik til de hele tal, ligesom N hentyder til mængden af naturlige tal.

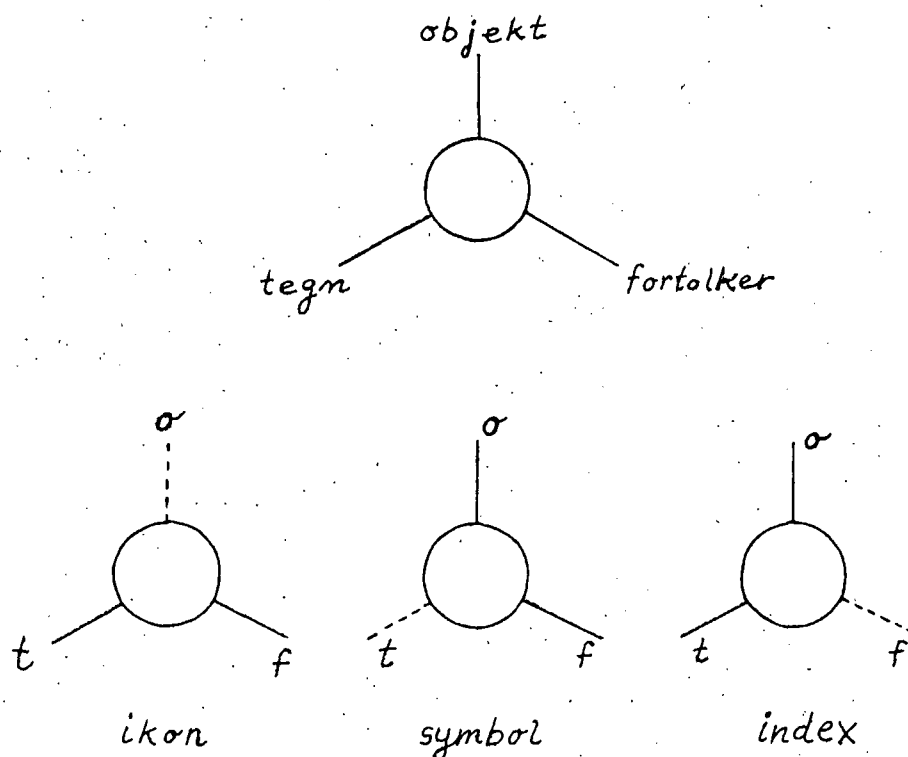
- (3) Indices er en slags mærker, som bruges til at udpege et bestemt objekt eller til at skelne mellem forskellige objekter af samme type. Tydningen af et index afhænger i reglen kun af i hvilken sammenhæng det anvendes.

Et eksempel på dette er en talfølge: $x_1, x_2, \dots, x_n$, hvor $1, 2, \dots, n$ ligefrem kaldes indices.

"Man kan forestille sig de tre kategorier af tegn afmærket som de tre vinkelspidser af en ligesidet trekant. Et vilkårligt tegn kan så repræsenteres ved et punkt på eller indenfor trekantens omkreds og vil i reglen ligge nærmest ved én af vinkelspidserne, svarende til at tegnet i overvejende grad er enten ikon, symbol eller index.

Ifølge Peirce indgår et tegn altid i en såkaldt ægte triadisk relation med et objekt (som tegnet hentyder til) og en fortolker (som tyder tegnet). Dvs. i almindelighed er alle tre faktorer nødvendige, for at vi kan tale om en tegnrelation. En triadisk relation kan imidlertid udarte til en dyadisk relation (med kun to faktorer) ved at én af de indgående tre faktorer svinder i "betoning". Tegnrelationen kan derfor udarte på tre forskellige måder, og dette er forklaringen på, at vi opererer med tre forskellige "rene" tegnkategorier. Et ikon svarer således til en tegnrelation, hvor objektets betoning er underordnet, idet tegnet vil være et ikon, hvadenten objektet har en fysisk eksistens eller ej. (Man kan f.eks. tænke på Salvador Dali's billede af den brændende giraf). For et symbol er tegnets betoning underordnet og det af-

gørende er den relation mellem objekt og fortolker, som leveres af en konvention. Endelig er for et index fortolkeren underbetonet, f.eks. vil et støvleaftryk i sandet indicere, at her har gået en person, selv om der ikke er nogen til at se aftrykket." 14)



Figur 3.1 Tegnrelationen og dens tre udartede former.¹⁵⁾

Modeller i matematiksammenhænge

Ved en matematisk model forstås sædvanligvis en samling symboler eller elementer, der er sammensat ved matematiske relationer på en sådan måde, at der gives en simple-
re fremstilling af nogle sammenhænge, som p.g.a. syste-
mets kompleksitet vanskeligt lader sig åbenbare umiddel-
bart.

Nedenfor vises en måde at skelne mellem modeller:

EXEMPLARY MODELS							
	Material				Symbolic		
	Replication	Quasi-replica	Analog	Descriptive	Similar	Formalization	
STATIC	Deterministic	Earthen Relief Map	Road Map	Statue of B. Franklin	Ten Commandments	Decision Logic Tables (See [33])	Increasing Generality ↓
	Stochastic	Critical Dosage Test	Weather Map	Die Toss for Russian Roulette	Weather Report	Non-Adaptive, Random, Chess Playing Program	
DYNAMIC	Deterministic	Model Train Set	Planetarium Show	Analog Computer Circuitry for $\dot{y} = -y$	Constitution of U.S.A.	Critical Path Algorithms	Increasing Abstraction Increasing Inferential Facility Decreasing Reality →
	Stochastic	Drosophila Genetic Experiment	CRT Display of Endurance Test	White Noise Generator	Text on Darwinian Evolution	Vehicle-By-Vehicle Transportation Model	

Figur 3.2 16)

Denne oversigt er temmelig detaljeret, hvilket umiddelbart kan være nyttigt i visse situationer. I andre tilfælde vil det være mere hensigtsmæssigt med færre kategorier.

Når tabellen er medtaget, er det ikke fordi, jeg erklærer mig enig med forfatterens opdeling, men det skyldes, at tabellen har givet anledning til mange diskussioner, ændringer af opdelingen. Den har herigennem været medvirkende til at klargøre begreberne, evt. vælge en anden og bedre opdeling.

Disse virkninger håber jeg også tabellen vil kunne bringe andre læsere.

Jeg vil nedenfor nøjes med at opdele matematiske modeller i deterministiske, stokastiske og statistiske.

Denne opdeling er ikke autoriseret og endegyldig, specielt er sondringen mellem stokastiske og statistiske modeller ikke altid entydig. Men i denne projektsammenhæng og forhåbentlig også andre situationer kan opdelingen være nyttig.

Matematiske modeller kan anvendes til forskellige formål såsom prognoser, datareduktion, bestemmelse af en bestand (f.eks. ved fiskeribiologiske forhold) o.m.a..

Når der her er valgt en inddeling af de matematiske modeller i ovenstående tre, skyldes det, at jeg håber at

kunne benytte denne kategorisering ved en karakteristik af den eller de modeller, der indgår i projektet.

En deterministisk model udtaler sig om konsekvenser af bestemte påvirkninger. Det vil sige, at hvis man kender systemets tilstand og parametre på et vilkårligt tidspunkt, kan man bestemme dets tilstand på et andet vilkårligt tidspunkt eller i en ny situation.

Et eksempel på en sådan model er Lotka-Volterras ligninger, som forsøger at forklare periodiske ændringer i dyrebestande (se f.eks. "Noen matematiske modeller i økologi", Jon Reed, Nordisk Matematisk Tidsskrift 1976).

En stokastisk model udtaler sig om de sandsynligheder, hvormed visse hændelser indtræffer.

Variationen i de tilfældige hændelser kan altså ikke forudsiges, men bestemmes ved de stokastiske modeller. Det er altså modeller af virkelighedsfænomener, som er tilfældige.

Et eksempel på denne type model er eksperimentet "kast med en terning". Først kan man opstille et udfaldsrum, U , der beskriver eksperimentets forløb, dvs. de seks mulige øjental ved terningekast. Til udfaldsrummet knyttes en sandsynlighedsfordeling P . Man omtaler da sandsynlighedsfeltet (U, P) som en stokastisk model for det forelagte eksperiment.

Hvis man f.eks. kaster 18 gange med en terning, ved man ikke på forhånd, hvor mange gange dette resulterer i en sekser. Men hvis terningen er korrekt konstrueret, til lægger man hver af de seks øjental sandsynligheden $\frac{1}{6}$. Det betyder, at man skulle forvente at få 3 enere, 3 toere, osv.

Det er dog som regel først ved længere eksperimentserier, at de tillagte sandsynligheder stemmer overens med de empiriske data.

Ved anvendelse af stokastiske modeller kan man drage deduktive slutninger.

En statistisk model bruges i forbindelse med analyse af .

datamaterialer. Man søger at forklare data ved at opfatte dem som observationer fra en eller flere sandsynlighedsfordelinger, som er kendt på nær nogle ukendte parametre. På grundlag af observationerne kan man estimere de ukendte parametre.

Sandsynlighedsfordelingernes opgave er her at beskrive, hvilke andre udfald end det faktisk observerede man kunne have fået og med hvilke sandsynligheder. Det benyttes bl.a. når man tester hypoteser og vurderer rimeligheden af modellen i relation til observationerne.

Man konfronterer altså data med modellen, som ikke behøver at have baggrund i virkeligheden. Modellen foregiver ikke at beskrive mekanismer, der har fremkaldt observationerne. Denne modeltype kan optræde i eksperimentet 'måling af børns højde'. Inden for en given aldersgruppe regner man med, at højden følger en normalfordeling. Men der er ingen mekanismer, der sørger for, at børns højde er normalfordelt.

Ved statistiske modeller, kan man foretage induktive slutninger (statistiske inferenser).

Er det nu en deterministisk, stokastisk, statistisk model, en blandingsform eller ingen af delene, som opstilles ved analysen (se kap. IV) af datamaterialet fra satellitbilledet? Jeg synes, det på nuværende tidspunkt er svært at afgøre dette spørgsmål. I stedet vil jeg vende tilbage til satellitbilledet set i relation til modelbetragtninger.

Satellitbilledet som model af virkeligheden

Satellitbilleder kan som tidligere nævnt være velegnede til at belyse forskellige geografiske forhold.

Men det kan et traditionelt kort jo også.

Hvad er så forskellen på disse to former?

Kortet er en gengivelse af landskabets forskellige indhold, opfattet og videregivet med henblik på udgivelse i et bestemt målestoksforhold og til et bestemt formål. Satellitbilledet er, afhængig af valgt teknik, en gen-

givelse af overfladens totaludseende ved den pågældende opløselighed samt gengivelsesmålestok og afhænger af nogle optagelsesbetingelser (bl.a. tid på året og dagen).

Satellitbilleder er afbildninger af jordoverfladen, som er opdelt i felter på (for LANDSATS vedkommende) ca. 80 m X 80 m, hvert felt bidragende med en responsværdi. Et satellitbillede er altså en model af virkeligheden. Man kan vælge at betragte et sort/hvid foto ad gangen. De enkelte kanalers foto vil så kunne fortælle visse særegne træk om det pågældende område.

F.eks. fortæller kanal 7 og kanal 5 som regel noget om vegetationen.

(I øvrigt vil man ved anvendelse af traditionelle sort/hvide luftfotos få et resultat, der svarer til kanal 5 optagelser. Ved brug af infrarøde sort/hvide film fås en fordeling, der svarer til fordelingen på kanal 7. Ved anvendelse af infrarøde farvefilm fås en fordeling svarende til de falske farvebilleder.) 17)

Hvis man vil sammenkoble flere sort/hvide fotos fra forskellige kanaler til et billede bliver det vanskeligt for det menneskelige øje at registrere nuancerne. Det menneskelige øje kan kun opfatte ca. 20 gråtoner, hvorimod det kan opfatte flere tusinde farvetoner.

Det falske farvebillede indeholder oplysninger fra flere (3 eller 4) kanaler i et billede. Man kan sige at billedet er sammensat af flere komponenter.

Ved at sammenholde flere komponenter på et billede fremhæves strukturer, som nok er indeholdt i det samlede informationsmateriale, men som ikke viste sig ved præsensation af enkeltkanaler.

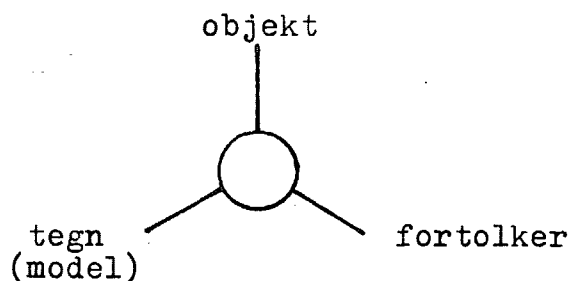
Med ved at sammenholde informationer på denne måde (FCC) afsløres, fremhæves visse særegne strukturer.

Hvis man havde valgt andre farver eller samkopieret på en anden måde, havde der måske vist sig andre strukturer, som kunne fortælle noget interessant om virkeligheden.

Nu følger en beskrivelse af den satellitbilledanalyse, der foretages i dette projekt set i et modelperspektiv og ved brug af begreberne objekt, tegn, fortolker.

Forløbet i analysen i relation til modelbetragtninger

- 1) overfladefænomener
- 2) elektromagnetiske svingninger
- 3) digitale data
- 4) principalkomponentanalyse
- 5) gråtonekort



Figur 3.3

I analysen startes med overfladefænomener som objekt. Disse fænomener bliver fortolket i satellitten som nogle elektromagnetiske svingninger, nu tegn.

Disse tegn bliver så i satellitten fortolket som nye tegn, nemlig digitaliserede data.

Ved hjælp af datamaskiner nede på Jorden fortolkes disse tegn endnu en gang.

Det kan ske ved, at der udtegnes gråtonekort fra de oprindelige digitale data, eller man kan foretage en principalkomponentanalyse og dernæst udtegne gråtonekort for hver af de nye syntetiske kanaler.

Som det helst skulle fremgå af ovenstående, optræder resultaterne af en fortolkning, tegn, som objekt for en ny fortolkning o.s.v.

Vi har en hypotese om, at vegetationen (art, udbredelse, intensitet) afspejler jordbundsforholdene (kornstørrelsesfordelingen, humusindholdet, vandkapaciteten m.m.). 18)

Vi forventer altså, at observationsresultaterne, efter at være blevet udsat for et antal manipulationer, fortolkninger af matematisk, statistisk, geografisk og datalogisk art sluttende med udtegnning af gråtonekort, stemmer overens med f.eks. jordbundskort, som er modeller af virkeligheden.

Man kan teknisk hurtigt og på lidt plads modtage informationer om overfladefænomener.

De elektromagnetiske svingninger er en symbolsk, næsten entydig (jvf. tabeller over responsværdier fra forskellige vegetationer) 19) repræsentation af virkeligheden/overfladen (præsenteret to-dimensionalt og i et vist målestoksforhold).

Disse symboler transformeres til andre og simplere (overskuelige, operationelle) symboler, digitale data, eventuelt gråtonekort. Disse symboler kan betragtes som tematiske kort og er derfor en slags fysisk model af virkeligheden.

De digitaliserede data transformeres nu via principal-komponentanalysen (PCA) til nye digitale data, for at kunne afsløre underliggende strukturer og sammenhænge i datamaterialet (forklarings-, fortolkningshensyn). Disse sidste digitale data oversættes af overskueligheds- og sammenligningsmæssige grunde til gråtonekort (som stadig er en model af virkeligheden/overfladen).

Vi håber, at der er en snæver sammenhæng mellem vegetationens lysreflektion og jordbundsforhold.

Analyseresultatet afhænger bl.a. af årstidsvariationer, forskelle i geografisk placering, kunstige indgreb m.m., og vi må derfor nøjes med at udtale os om sandsynligheden for, at bestemte slags vegetationer afspejler

bestemte jordbundsforhold.

Endelig skal det også nævnes, at grundlaget for et jordbundskort sædvanligvis er punktmålinger, boreprøver.

Vores 'jordbundskort' bygger på reflektionsintensiteter, hvor farve og vegetationsintensitet bl.a. spiller en rolle.

Det er derfor ikke sikkert, at de to kort umiddelbart svarer til hinanden og kan sammenlignes.

Det antages, som tidligere nævnt, at der er en sammenhæng mellem lysreflektionen fra jordoverfladen og jordbundsforhold.

Men et problem er, at vi ikke ved, hvad delkomponenterne i den eller de indgåede analysemodeller skal identificeres som.

Det kan godt være, at vi gang på gang kan iagttage, at hvis lysreflektionerne er på en bestemt måde, resulterer dette i ganske bestemte jordbundstyper.

Men hvor man f.eks. i Ohms lov kan identificere de enkelte elementer, og hvis man kender størrelsen af de to, kan udtale sig om den tredje komponent; kan vi ikke på nuværende tidspunkt benævne de indgåede elementer i analysemodellen, selvom resultatet stemmer overens med f.eks. jordbundskort, som er en model af virkeligheden.

Hvis man f.eks. installerer en lysstyrkedæmper i et rum, kan man iagttage, at hvis man tænder for lyset og drejer kontakten til højre, øges lysstyrken.

Dette fænomen kan sikkert også iagttages et andet sted, hvor en sådan kontakt er installeret.

Når man drejer kontakten til højre øges lysstyrken altså.

Er det nu fordi man drejer kontakten til højre, og/eller er det på grund af helt andre regler og sammenhænge?

Hvis man har kendskab til begreberne strømstyrke, spænding og modstand, Ohms lov, effekt o.s.v., vil man kunne forstå fænomenet på en helt anden og indsigtfuld

måde.

Hvad sker der inde i 'vores kontakt' ?

Rent teknisk, matematisk kan vi følge data igennem principalkomponentanalysen, men hvad repræsenterer de forskellige størrelser undervejs i analysen og er det jordbundstyper, som fremkommer efter analyse og udtegning af gråtonekort ?

Hvis f.eks. majs, hvede og bomuld i løbet af deres vækststadier har responsværdier, der ligger inden for et fællesinterval, vil en analyse af data vedrørende disse vegetationstyper ikke umiddelbart føre til en entydig relation til jordbundstype.

Man er her nødt til at supplere analysen med forskellige oplysninger såsom årstid og geografisk placering. Herefter kan man med en vis sandsynlighed udtale sig om, at i det undersøgte område er vegetationen nok dette og jordbunden er derfor sandsynligvis denne.

Men et andet problem er bl.a. om bestemte jordbundstyper, geologiske-, og geomorfologiske forhold rundt om i verden udnyttes på en bestemt måde.

Faktorer, der kan sløre et eventuelt sådant entydigt billede, er kunstvanding, kunstgødning.

Som afslutning på dette kapitel fremføres følgende.

Vi kan ikke hævde at have opstillet én model (deterministisk, stokastisk, statistisk), som beskriver fænomenet (sammenhæng mellem lysreflektioner og f.eks. jordbundstyper).

Men i analysen indgår forskellige modeller og på forskellige niveauer, og der anvendes matematiske, statistiske og geografiske metoder.

Analysen og fortolkningen af resultaterne foregår altså i en matematisk, statistisk og geografisk ramme og ved anvendelse af datalogiske hjælpemidler og teknikker.

I næste kapitel følger en beskrivelse af principalkomponentanalysen samt begrundelser for valget af denne analyse.

Noter og litteraturhenvisninger til kapitel III

- 1) Brüel, Sven : "Gyldendals fremmedordbog", 5. udgave
2. oplag 1971. p. 342.
- 2) Jensen, Uffe Juul : "Videnskabsteori 1", København
1980. p. 301.
- 3) Rosenblueth, Arturo and Wiener, Norbert : "The role
of models in science", Phil. sci. 12, 1945. p. 316.
- 4) Jensen. p. 112.
- 5) Rosenblueth and Wiener. p. 316.
- 6) ibid. p. 316.
- 7) ibid. p. 316.
- 8) ibid. p. 317.
- 9) ibid. p. 317.
- 10) ibid. p. 319.
- 11) Jensen. p. 121.
- 12) ibid. p. 123-124.
- 13) Bacher, Crilles og Preben Jensen : "Polymere stof-
fers viscoelastiske egenskaber belyst ved hjælp af
mekaniske impedansmålinger og mössbauereffektmålin-
ger". Projektrapport, IMFUFA, RUC 1980. p. 9-10.
- 14) Christiansen, Peder Voetmann : "Semiotik og system-
egenskaber (1)". IMFUFA, RUC 1979. p. 7.
- 15) ibid. p. 7.
- 16) Mihram, G. Arthur : "The modelling process", IEEE
Transactions on systems, man, and cybernetics, Vol.
smc-2, no. 5, november 1972. p. 624.
- 17) Folving, Sten : "Introduktion til registrering af
geografiske dat". 4. satellitfotografering til regi-
onale analyser. Kompendium nr. 23 fra Institut for
Geografi, Samfundsanalyse og Datalogi, RUC 1980 p. 34.

- 18) a) Brandt, Jesper og Rasmus Ole Rasmussen :
 "Fysisk planlægning og landskabsanalyse" og
 "Potentialitet og den samfundsmæssige produktion".
 Kompendium nr. 21. RUC 1980. p. 9.
- b) Suadicani, Henrik m.fl. : "Aspekter af den danske
 jordklassificering". Projektrapport, RUC 1980 p.
 71-76.
- 19) a) Bunnik, N.J.J. : "The multispectral reflectance
 of shortwave radiation by agricultural crops in
 relation with their morphological and optical
 properties". Wageningen 1978.
- b) Steiner, D. and T. Gutermann : "Russian data
 on spectral reflectance of vegetation, soil and
 rock types". Zürich 1966.

Desuden har følgende titler været anvendt i større eller
 mindre omfang :

- 1) Jensen, Jens Højgaard : Matematiske modeller, vejled-
 ning eller vildledning. Naturkampen nr. 18, 1980
 p. 14-22.
- 2) Poulsen, Claus : "Hvilken forskel er der egentlig
 mellem satellit- og fiskerimodellen ?". Naturkampen
 nr. 18, 1980 p. 23.
- 3) Læserbreve i Naturkampen nr. 19, 1981.
- 4) KRISTA-gruppen : "Hvor ligger Ballerup ?". Natur-
 kampen nr. 21, 1981. p. 27-31.
- 5) Larsen, Jørgen m.fl. : "Undersøgelse af den statis-
 tiske model (SMEC II)". Projektrapport, RUC 1975.

KAPITEL IV

ANALYSE

Kommentarer til valget af analysemetode/model samt den egentlige analyse og tolkning.

Datamaterialet består af målinger fra 40.000 objekter (pixels). På hvert objekt måles fire kvantitative variable.

Nemlig graden af refleksion, inden for fire forskellige bølgeområder.

Der foreligger altså 160.000 observationer.

De fire variable fortæller noget om vegetationsforholdene det pågældende sted. Ved en bearbejdning af datamaterialet kan man få oplysninger om forskellige vegetationsformer, eventuelt ørken, vand- og isforekomster.

Vi vil foretage en analyse af datamaterialet med henblik på at finde nye (bagvedliggende) strukturer, som kan sammenholdes med f.eks. jordbundskort, topografiske kort, geologiske kort.

Det betyder, at vores analyse ikke (primært) skal føre til en bestemmelse af, hvilken type vegetation, der er i et givet område (f.eks. hvede eller nåleskov). Men vi håber, ved hjælp af analysen og ved senere at sammenholde resultaterne med ovennævnte kort og andre relevante oplysninger, at kunne udtale os om baggrunden for en bestemt type vegetation eller mangel på samme i et bestemt område.

Da vi vil foretage en analyse af de fire variable (kanalværdier) sammenholdt, gælder det om at finde en velegnet metode/model til denne flerdimensionale analyse. Når man skal bestemme sig for en relevant analysemetode/model, er der mange muligheder. Man kan eksempelvis :

- (a) læse litteratur, artikler om satellitbilledanalyser
- (b) læse i bøger vedrørende flerdimensional analyse
- (c) undersøge statistik-programpakker til datamaskiner
- (d) benytte sig af vejledernes og egen viden om emnet

Det følgende bygger på en kombination af de nævnte punkter, og som resultat af disse overvejelser er principalkomponentanalyse (PCA) valgt som en mulig fremgangsmåde.

Principalkomponentanalyse er en flerdimensional analyse.

Det er en metode til at afsløre underliggende strukturer i et flerdimensionalt datamateriale.

Kort fortalt svarer de principale komponenter til resultatet af en egenværdianalyse af dispersionsmatricen for en flerdimensional stokastisk variabel.

Metoden stammer fra ca. år 1900 (Karl Pearson). Senere, i 1930'erne, blev metoden udformet mere præcist af Harold Hotelling. ¹⁾

Når det kan være rimeligt at antage, at oplysninger, vedrørende overfladefænomener indhentet fra satellit efter en principalkomponentanalyse og udtegnning af gråtonekort, vil stemme overens med f.eks. jordbunds-kort, skyldes det flere forhold :

- (1) jordbundens kvalitet har betydning for afgrødeproduktionen
- (2) der er en sammenhæng mellem høstudbytte og lysreflektion fra en bestemt type vegetation (gennem vækstperioden)
- (3) der findes tabeller over responsværdier fra forskellige vegetationstyper ²⁾

Hvis ovenstående tre punkter sammenholdes kan oplysninger om jordbundens kvalitet afsløres, når man har responsværdierne. Det er således en inddirekte metode.

- (4) principalkomponentanalyse er en flerdimensional analyse, der kan afsløre underliggende strukturer og sammenhænge i et datamateriale

Hvis man benytter sig af dette punkt, skulle man kunne få oplysninger om f.eks. jordbundsforholdene med det samme (altså efter PCA-analyse), hvis man kender responsværdierne fra overfladen/vegetationen. Det er derfor en mere direkte metode.

- (5) tidligere analyseresultater baseret på PCA ³⁾

I sædvanlige analyser er fremgangsmåden ved klassifikation af vegetation :

- (a) identificere vegetationen
- (b) vurdere vegetationens kvalitet
- (c) vurdere om kvaliteten er naturligt eller kunstigt frembragt

Herefter kan man sige noget om f.eks jordbundsforhold på baggrund af responsværdierne.

Hvis man kunne sammenkoble informationer vedrørende to eller tre af de ovennævnte punkter, og samtidig få nogenlunde de samme slutresultater, ville man 'spare' et eller flere trin i analyse- og klassifikationsproceduren.

En måde at sammenkoble informationer på er ved principalkomponentanalyse og efterfølgende gråtoneudtegnning. Her udtages informationer, fra hver af de fire kanaler, som så sammensættes til et nyt syntetisk kanalbillede (i alt fire). Hver af disse fire nye kanalbilleder afslører sandsynligvis (interessante) strukturer om virkeligheden, strukturer hvis oplysninger lå gemt i informationsmaterialet, men som ikke umiddelbart lod sig afsløre.

Fordele ved principalkomponentanalyse fremfor falsk farvebilledanalyse er, at man meget hurtigere, nøjagtigere og billigere (relativt) kan ændre på sin analyse, sammenstilling af informationer.

Hvad angår eventuelle ulemper ved principalkomponentanalysen, vil disse blive omtalt senere i dette kapitel.

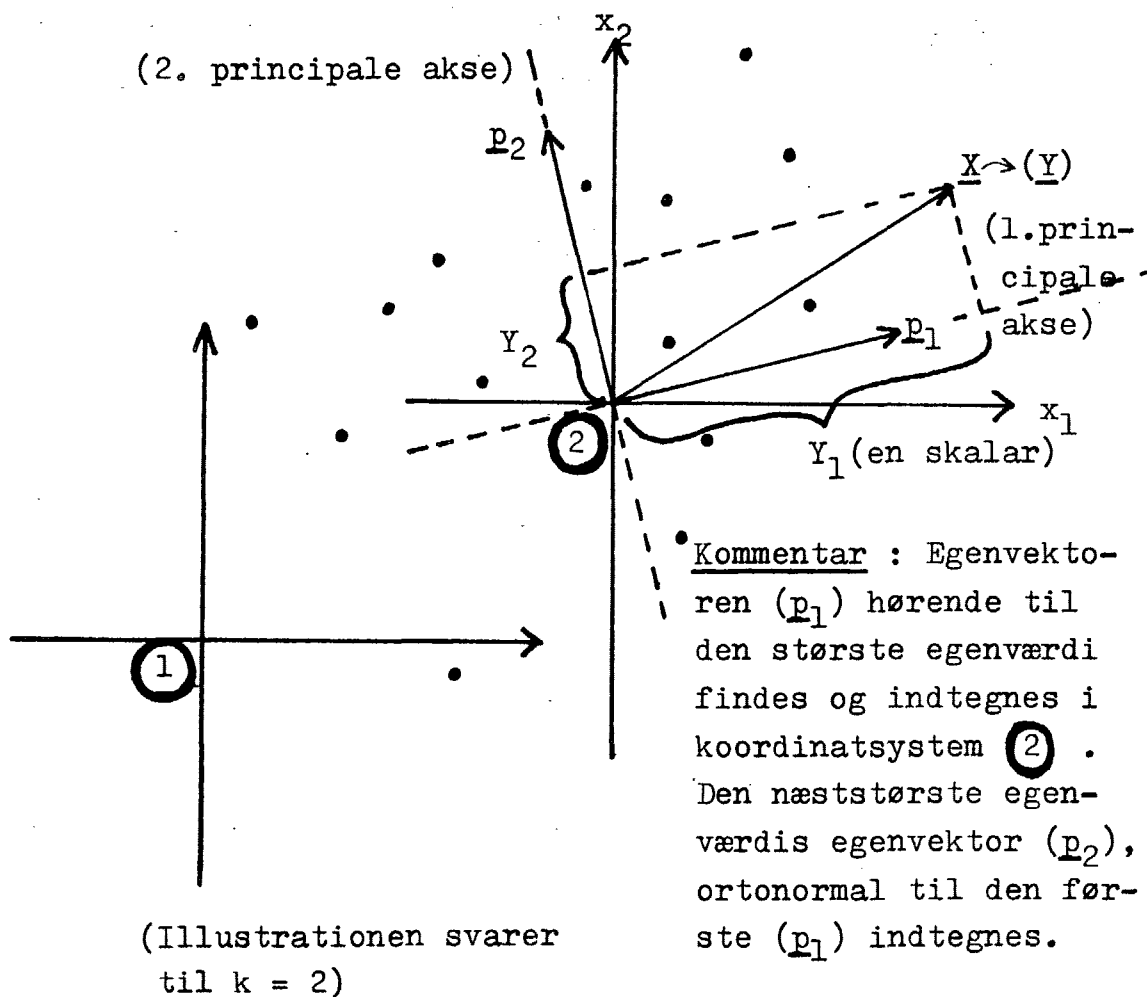
På de næste sider følger nogle betragtninger og kommentarer vedrørende principalkomponentanalyse.

Principalkomponentanalyse

Lad der være givet en mængde punkter i det k -dimensionale rum.

Et nyt koordinatsystem, som 'passer bedre' til punktsværm, frembringes ved at finde tyngdepunktet (midelværdien) og lade det være begyndelsespunkt ($\underline{0}$).

Koordinatsystemets akser er egenvektorerne hørende til dispersionsmatricen for punkterne.



Figur 4.1

Lad $\underline{X}$ være en k -dimensional stokastisk vektor med midelværdi $\underline{\mu}$ og dispersionsmatrix $D(\underline{X}) = \underline{\Sigma}$.

$$\underline{\Sigma} = \begin{pmatrix} V(X_1) & \text{Cov}(X_1, X_2) & \dots & \text{Cov}(X_1, X_k) \\ \text{Cov}(X_2, X_1) & V(X_2) & \dots & \text{Cov}(X_2, X_k) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{Cov}(X_k, X_1) & \text{Cov}(X_k, X_2) & \dots & V(X_k) \end{pmatrix}$$

Lad $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ være egenverdierne og $\underline{p}_1, \underline{p}_2, \underline{p}_3, \dots, \underline{p}_k$ et sæt af tilsvarende ortonormale egenvektorer for $\underline{\Sigma}$.

Den til $\underline{X}$ svarende stokastiske vektor af principale komponenter er da $\underline{Y}$, hvor

$$Y_i = \underline{p}_i \cdot (\underline{X} - \underline{\mu}).$$

Den i'te principale akse er $\{t \cdot \underline{p}_i \mid t \in \mathbb{R}\}$

eller sagt på en anden måde, retningen hørende til egenvektoren $\underline{p}_i$ svarende til den i'te største egenverdi.

Der gælder, at middelværdien, $E(\underline{Y}) = \underline{0}$ og variansen, $V(\underline{Y}) = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)$.

Man kan regne tilbage fra $\underline{Y}$ til $\underline{X}$: $\underline{X} = \underline{\mu} + \sum_{i=1}^k (Y_i \cdot \underline{p}_i)$

Sædvanligvis kender man ikke $\underline{\mu}$ og $\underline{\Sigma}$, til gengæld har man da en stikprøve $\underline{x}_1, \underline{x}_2, \dots, \underline{x}_n$ hvorudfra $\underline{\mu}$ og $\underline{\Sigma}$ kan estimeres, og benytter så $\hat{\underline{\mu}}$ og $\hat{\underline{\Sigma}}$.

Principalkomponentanalysen kan ud over at estimere komponenterne, også bestå i at teste hypoteser om egenverdierne for $\underline{\Sigma}$.

(F.eks. teste om en eller flere af egenverdierne er tæt ved 0 eller lig med 0, hvilket medfører, at variationen i denne retning er meget lille eller 0).

En ulempe ved PCA-analysen er, at den ikke er skala-invariant.

Det betyder, at resultatet af analysen er afhængigt af valget af måleskalaer.

Der er principielt to løsninger på dette problem.

Man kan sørge for at alle de målte variable er af samme type og målt i samme enhed (f.eks. alle højder eller alle vægte).

Alternativet til dette er, at standardisere alle variable, så de får samme enhed i variationen, og derefter beregne de principale komponenter for correlationsmatricen i stedet for dispersionsmatricen.⁴⁾

Hvis man f.eks. multiplicerer en af de variable (i dette projekt kanaler) med en faktor, vil dette ændre på dispersionsmatricen, egenverdierne og egenvektorerne; og dermed på de principale aksers beliggenhed.

På næste side vises en oversigt over analysen.

Oversigt over analysen

- (1) data
- (2) beregning af middelværdier og dispersionsmatrix
(dette er en reduktion, idet der er fire værdier, varianser, i diagonalen, og seks værdier, covarianser, symmetrisk over og under diagonalen. Desuden er der de fire middelværdier).
- (3) egenværdianalyse
- (4) udtryk de oprindelige observationer ved hjælp af det nye koordinatsystem

Observationsresultaterne opfattes som stammende fra et undersøgelsesmateriale, der kun indeholder tilfældige variationer.

Der er forskellige typer vegetation, og de forekommer 'tilfældigt' på billedet.

Disse variationer beskrives ved hjælp af varians og covarians (dispersionsmatrix).

Resultatet af analysen vil føre til reduktion af dimensionaliteten og/eller til en tydeligere sammenhæng talværdierne imellem.

Det nye koordinatsystem (de principale akser) udgør en ortonormal basis.

Covariansmatricen udtrykt i forhold til dette system er en diagonalmatrix, egenværdier i diagonalen og nul på resten af pladserne, og det betyder, at de syntetiske kanaler (de nye pixelværdier) indbyrdes er ukorrelerede.

Hvis de var korrelerede, ville en tilfældig variation i en kanal også (kunne) medføre en variation i den anden kanal.

Der udtegnes gråtonekort for hver enkelt af de fire nye syntetiske kanaler. Disse gråtonekort sammenholdes f.eks. med jordbundskort, topografiske kort, geologiske kort.

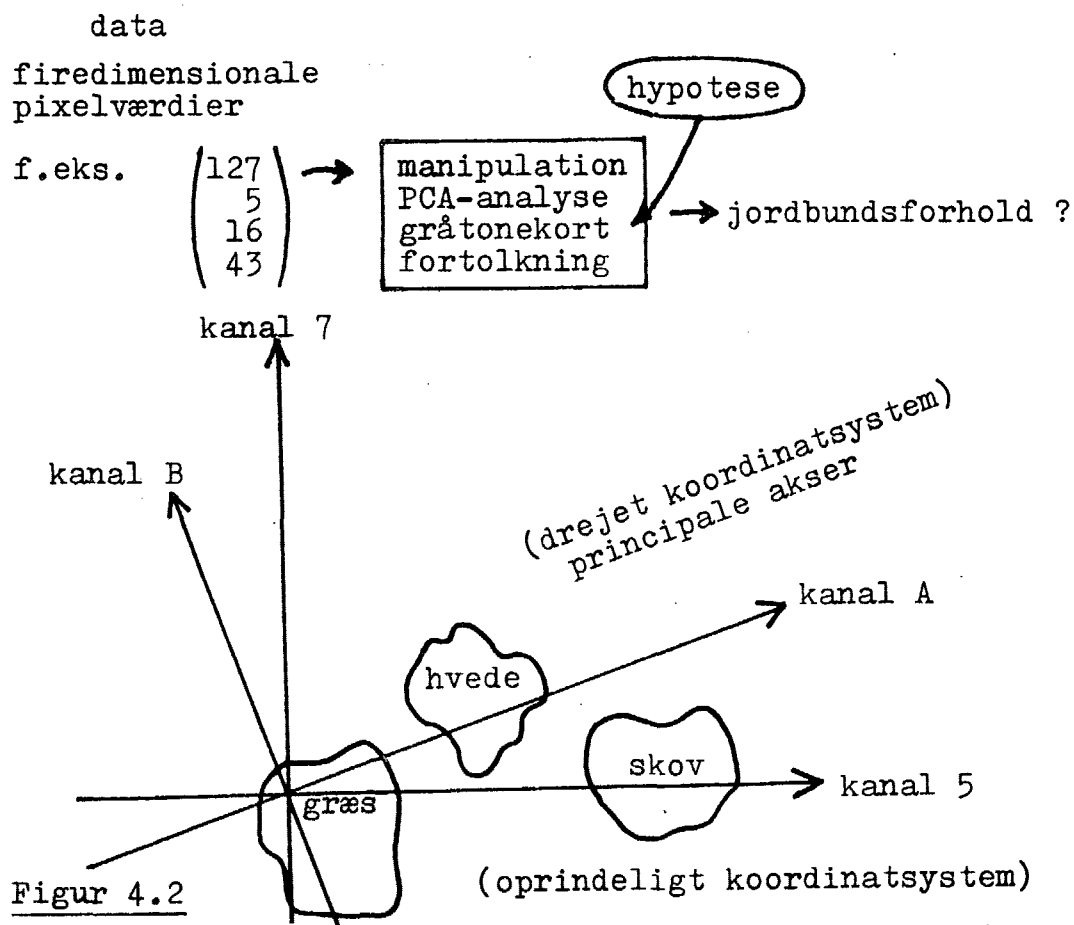
En anden måde at sammenholde de to typer informationer på kunne bestå i, at jordbundskortene var tillagt en talværdi (svarende til jordbundsforholdene), og man kunne så sammenholde analyseresultaterne med disse.

Et gråtonekort er på samme måde som et kort (jordbunds-kort, topografisk kort) eller pixelværdier er det, en model af virkeligheden.

Vi vil altså sammenligne to modeller af virkeligheden, for at se om de stemmer overens.

Vi har, som tidligere nævnt, en hypotese om, at vegetationen afspejler jordbundsforholdene.

Skematisk ser analyse og hypotese således ud :



Det antages f.eks., at kanal B fortæller noget om hvordan, vegetationen reagerer på jordbundsforholdene.

Efter dette følger nogle mere teoretiske, formelle betragtninger over principalkomponentanalysen.

Forsøg på matematiske argumenter for principalkomponentanalyse.

Antag at der foreligger punkter $\underline{x}_1, \underline{x}_2, \dots, \underline{x}_n \in V = \mathbb{R}^k$, og at vi stiller os følgende 'opgave' : at 'reducere' $\underline{x}_1, \underline{x}_2, \dots, \underline{x}_n$ til punkter $\underline{z}_1, \underline{z}_2, \dots, \underline{z}_n \in W = \mathbb{R}^m$, (hvor $m \leq k$ er givet), således at $\underline{z}$ 'erne i en passende forstand indeholder næsten lige så meget information som $\underline{x}$ 'erne.

Reduktionen skal foregå i form af en lineær afbildning.

$\varphi : V \rightarrow W$ (efter at man eventuelt først har erstattet $\underline{x}_i$ med $\underline{x}_i - \bar{\underline{x}}$, hvor $i = 1, \dots, n$).

Dette resulterer altså i en drejning af akserne ②, se figur 4.1, og eventuel bortkastning af nogle.

Som et skridt på vejen til at præcisere, hvad det skal betyde, at $\underline{z}$ 'erne indeholder næsten lige så meget information som $\underline{x}$ 'erne, bestemmer vi, at man skal kunne regne tilbage så godt som muligt, hvilket kan sige, at der skal findes en lineær afbildning $\psi : W \rightarrow V$ som opfylder $\varphi \circ \psi = I$ (identiteten på W).

Vi kan yderligere foreslå, at φ og ψ skal bestemmes således at $(\psi \circ \varphi)(\underline{x}_i)$ ligger så nær $\underline{x}_i$ som muligt, hvor $i = 1, \dots, n$, det vil sige, at afstandene

$\|\underline{x}_i - (\psi \circ \varphi)(\underline{x}_i)\|$ skal minimaliseres.

(under bibetingelsen at $\psi \circ \varphi : V \rightarrow V$ er lineær og af rang mindre end eller lig med m).

Det gøres på følgende måde : Lad L være et m -dimensionalt underrum af V og løs problemet med den yderligere bibetingelse at $(\psi \circ \varphi)(V) = L$. Find derefter det bedste L .

For givet L gælder, at afstandene minimaliseres ved at vælge $\psi \circ \varphi$ til pr_L , ortogonalprojektionen af V på L .

Vi skal altså bestemme det underrum, som minimaliserer afstandene $\|\underline{x}_i - \text{pr}_L \underline{x}_i\|$, hvor $i = 1, 2, \dots, n$.

Det vil sige, at punkterne i ② skal have mindst mulig afstand til L .

Det er underrummet udspændt af de m første principale akser.

Derpå er blot at bestemme φ og ψ , så de opfylder de omtalte betingelser (bl.a. $\varphi \circ \psi = I_W$, $\psi \circ \varphi = \text{pr}_L$).

Opgaven at reducere til lavere dimension er på sin vis løst nu, fordi L er bestemt, og ethvert φ vil faktorisere gennem pr_L og $\varphi|_L$ er bijektiv (man kan regne værdien af φ ud, hvis man kender $\underline{x}$'s projektion).

$$(\varphi = I_W \circ \varphi = \varphi \circ \psi \circ \varphi = \varphi \circ \text{pr}_L)$$

Opgaven at bestemme φ løses altså med fordel ved principalkomponentteknik (og giver svaret $\varphi = \text{pr}_L$).

For en konkret, talmæssig gennemgang af principalkomponentanalysen henvises til eksemplet under appendix, bagest i rapporten.

Til sidst i dette kapitel bringes en del af analyse-materialet herunder gråtonekort samt kommentarer til disse.

Analysematerialet stammer fra et område omkring Søndre Strømfjord samt et område omkring Skallingen-Esbjerg.

Analyseresultaterne og tolkningen af disse.

På de følgende sider vises to kort, som kan benyttes ved tolkningen af satellitbillederne.

Det ene er et topografisk kort suppleret med oplysninger om fredede områder (cirkler med tal i). Kortudsnittet er fra "Kort over Danmark" 1:200.000, Geodætisk Institut og Danmarks Naturfredningsforening, København 1973. (Endvidere har "Atlas over Danmark" af Axel Schou, København 1949, været benyttet).

Det andet kort er fremstillet på baggrund af et landskabskort fra bogen "Vadehavet - et dansk-tysk-hollandsk naturområde", udgivet af Bygd m.fl. 1976.

Herefter følger gråtonekort dels for de oprindelige kanaler og dels for PCA-kanalerne.

De fleste af billederne vises i to udgaver. Et inden for et 128-niveau og et inden for et 256-niveau.

På højre-siderne bringes det 'uberørte' gråtonekort og på venstre-siderne ses et nedfotograferet gråtonekort, hvor visse strukturer er fremhævet samt kommentarer.

Endvidere vises histogrammer for gråtonefordelingerne inden for de forskellige kanaler.

Der er udskrifter, som viser de forskellige gråtone-skalaers symboler.

Desværre er det p.g.a. nedfotograferinger vanskeligt at genfinde og skelne nøjagtigt mellem symbolerne på rapportens gråtonekort.

Men de oprindelige gråtonekort i stort format (100 cm X 70 cm og 70 cm X 50 cm) kan ses i geofagsalen på RUC.

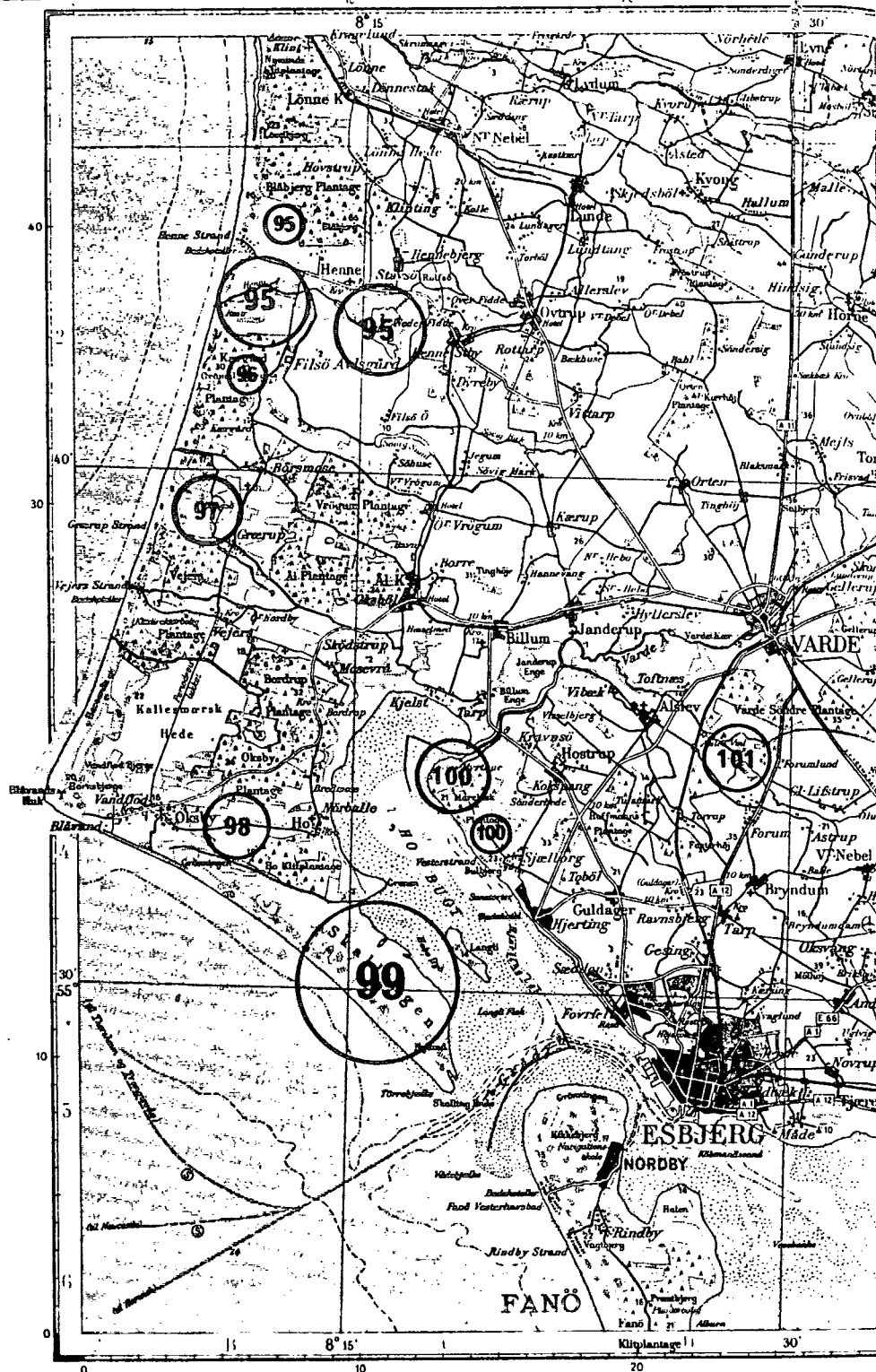
Desuden bringes udskrifter fra selve PCA-analysen.

Som det bemærkes, er ikke alle kanalbillederne i samme målestoksforhold.

De oprindelige kanalbilleder dækker et område på ca. 300 X 260 pixels, svarende til ca. 500 km².

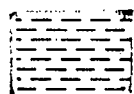
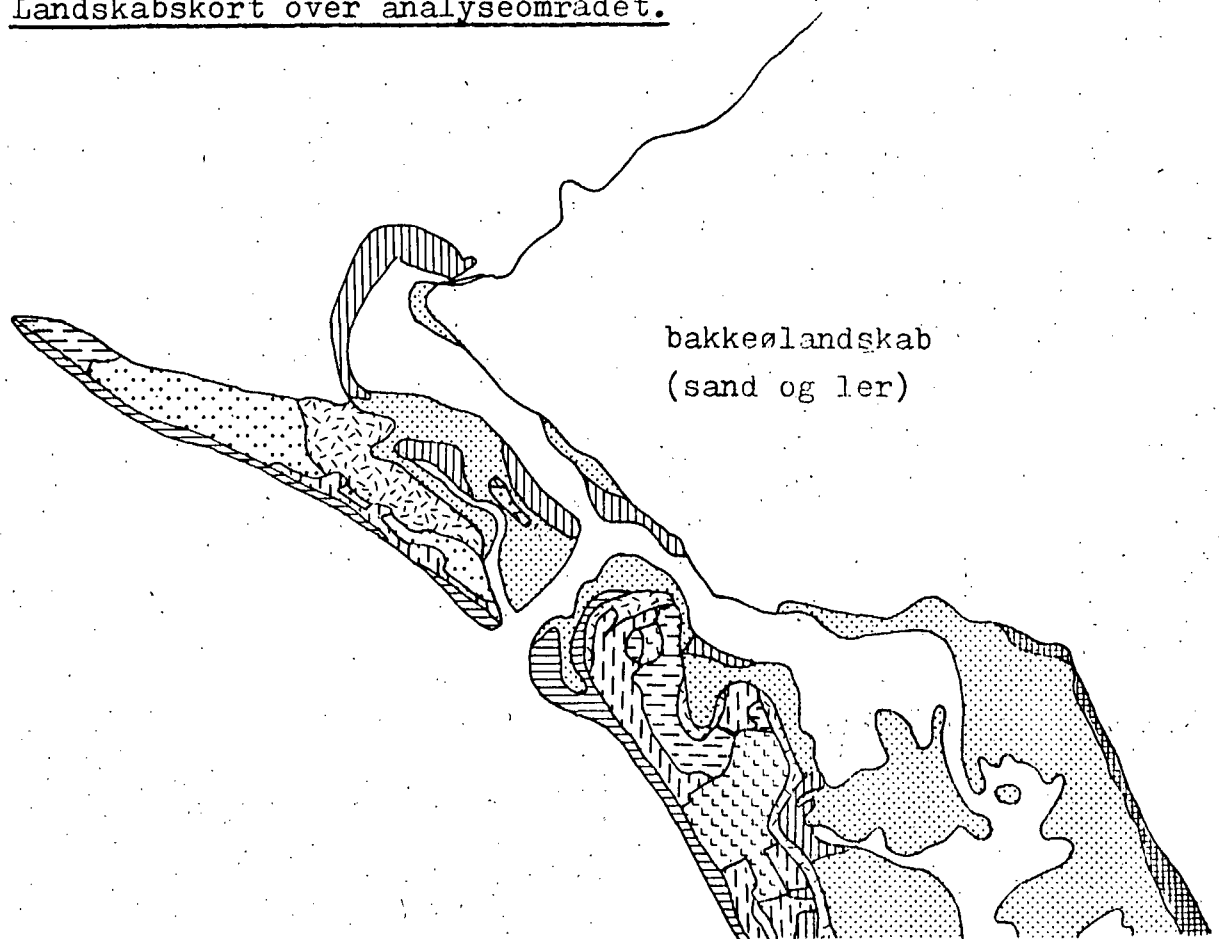
Principalkomponentanalysen kunne af tekniske, kapacitetsmæssige årsager ikke udføres på større områder end ca.

Topografisk kort indeholdende analyseområdet.

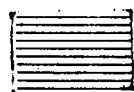


Til tjenstligt brug ved
 ROSKILDE UNIVERSITETSCENTER
 Institut III - GEOGRAFI
 Særtryk med Geodætisk Instituts
 tilladelse (A 341/78) COPYRIGHT

Landskabskort over analyseområdet.



landbrugsjord



sand- og
flyvesandsflader



lave klitter
(og sandfang)



sandvade



landvindingsfelt



klitlandskab



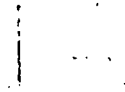
slikvade



skov og krat
(ofte plantet)



forlandsmarsk



vanddækket
ved MLV

200 X 200 pixels, svarende til ca. 260 km².

Der er udført analyser på tre områder.

To områder fra Grønland og et område fra Danmark.

Kriterierne for udvælgelsen af disse områder har været, at Institut for geografi, samfundsanalyse og datalogi var i besiddelse af disse CCT-bånd.

Et CCT-bånd dækker et område på ca. 185 km X 185 km, og der er således udvalgt et areal på ca. 16 km X 16 km.

Uheldigvis er de udvalgte områder fra Grønland for en stor dels vedkommende dækket af skyer eller præget af tekniske fejl.

Der er derfor kun medtaget billeder og nogle få kommentarer fra det ene område.

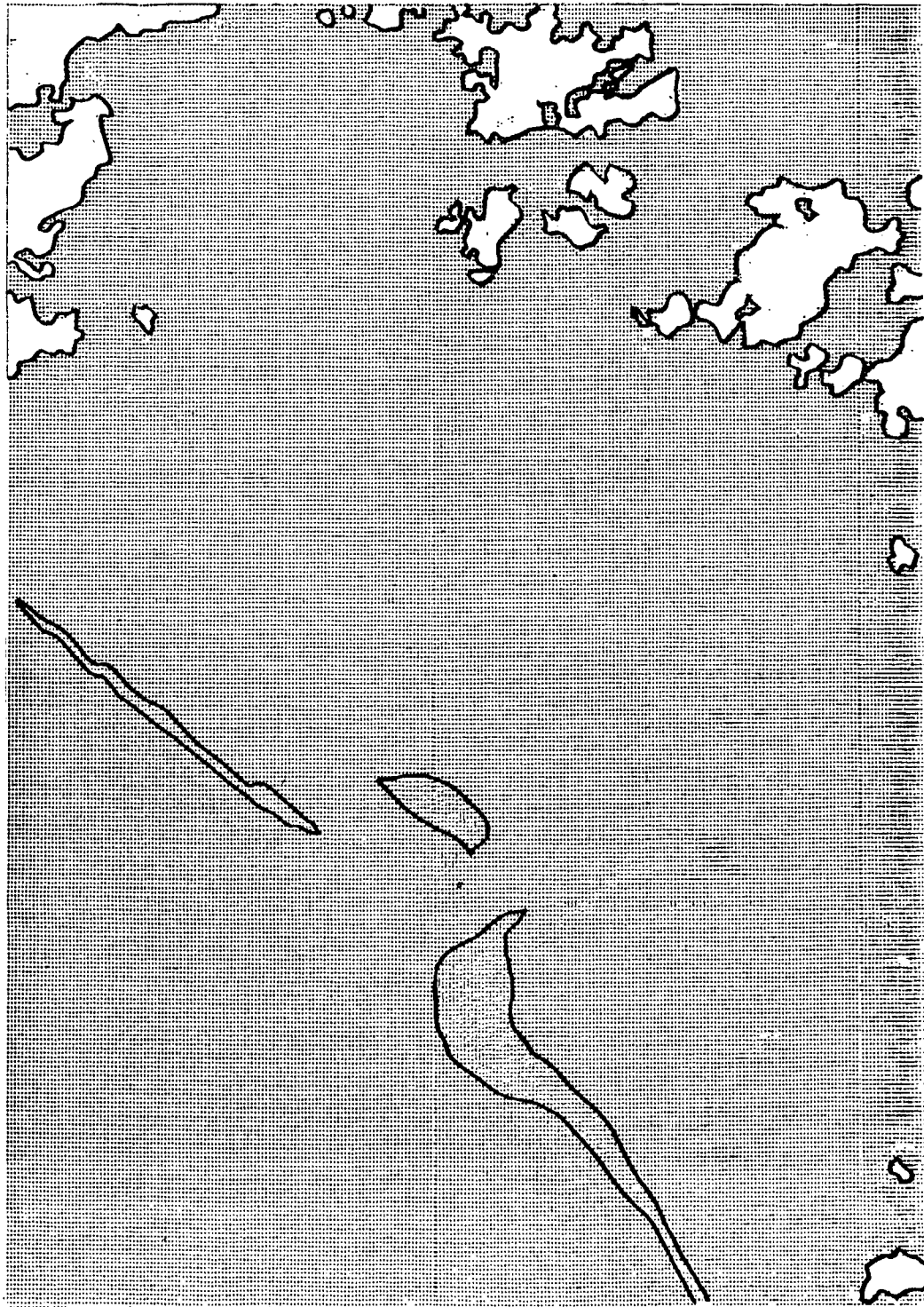
Til slut skal det oplyses, at optagelsen fra Skallingen-Esbjerg stammer fra den 23. juni 1981 kl. 12.12 (sommertid).

Under gunstige forhold kan kanalerne registrere ned til følgende dybder :

Kanal 7	-	0,25 mm
Kanal 6	-	5 cm
Kanal 5	-	3 m
Kanal 4	-	15-20 m

Skallingen-Esbjerg

Kanal 4 (128)



Den øverste halvdel viser skyer.

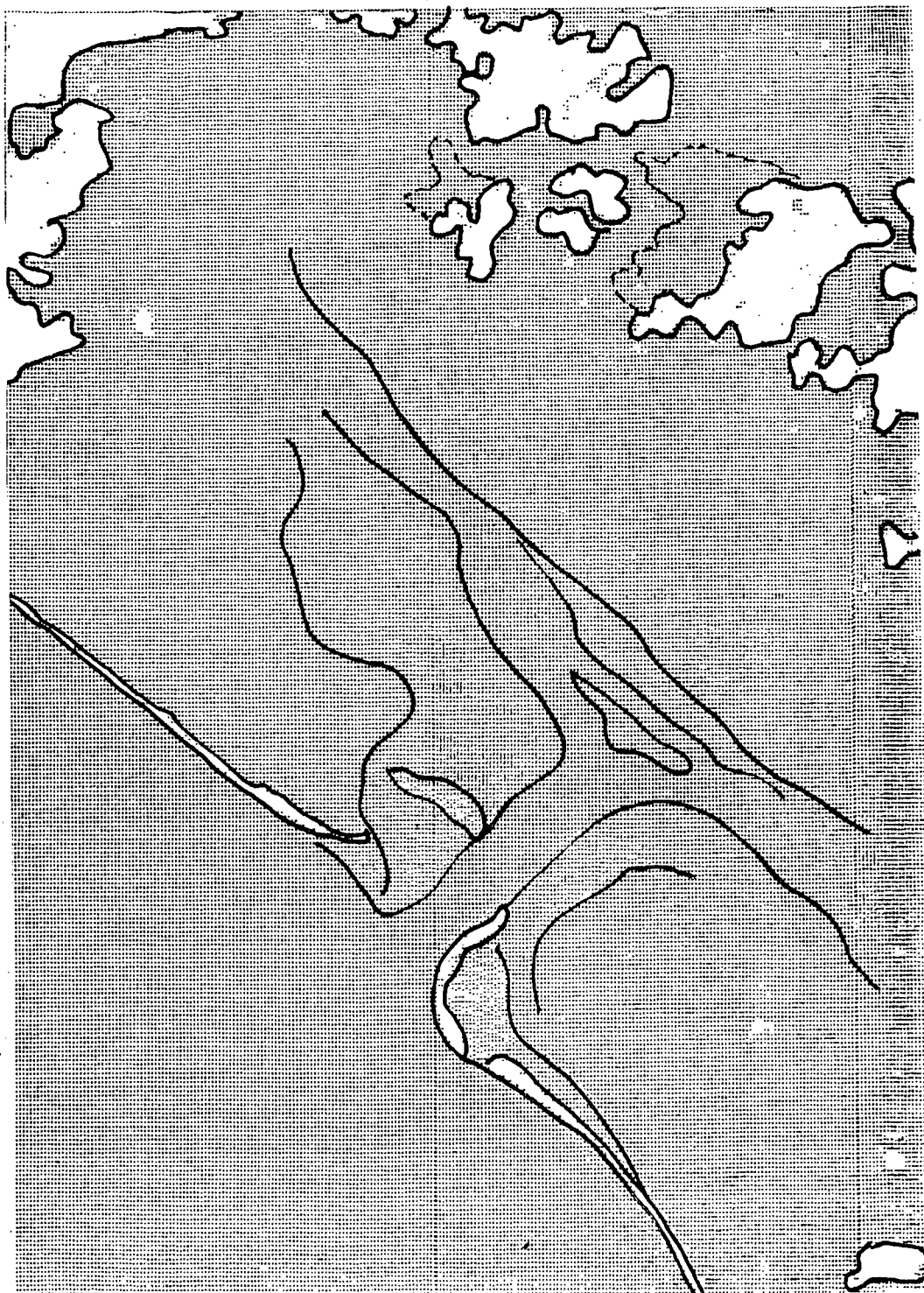
De to langstrakte områder samt det måneformede område mellem disse er sandflader (strandområder og højsander).

I nederste højre hjørne ses et par skyer.

Skallingen-Esbjerg

Kanal 4 (128)

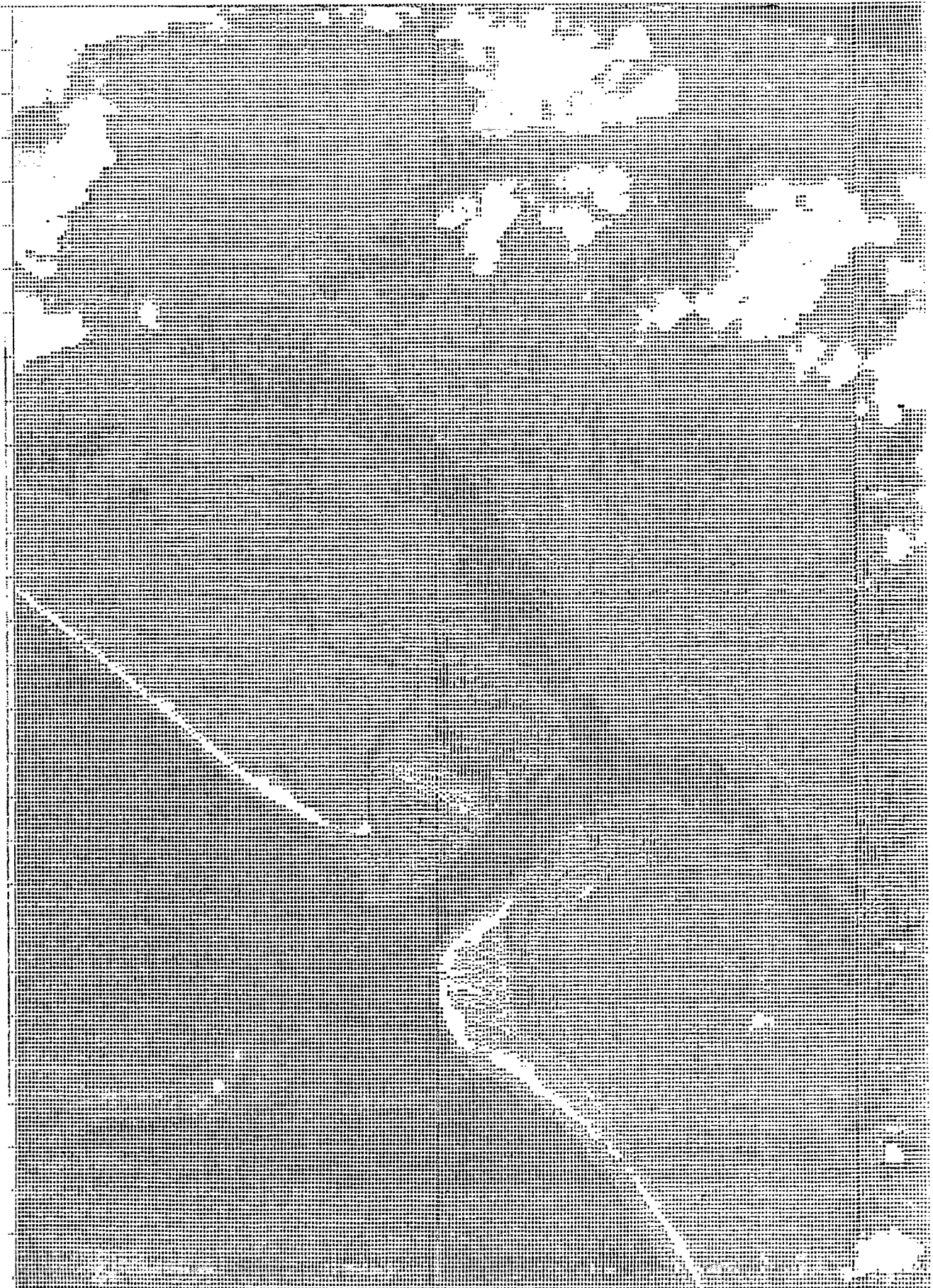


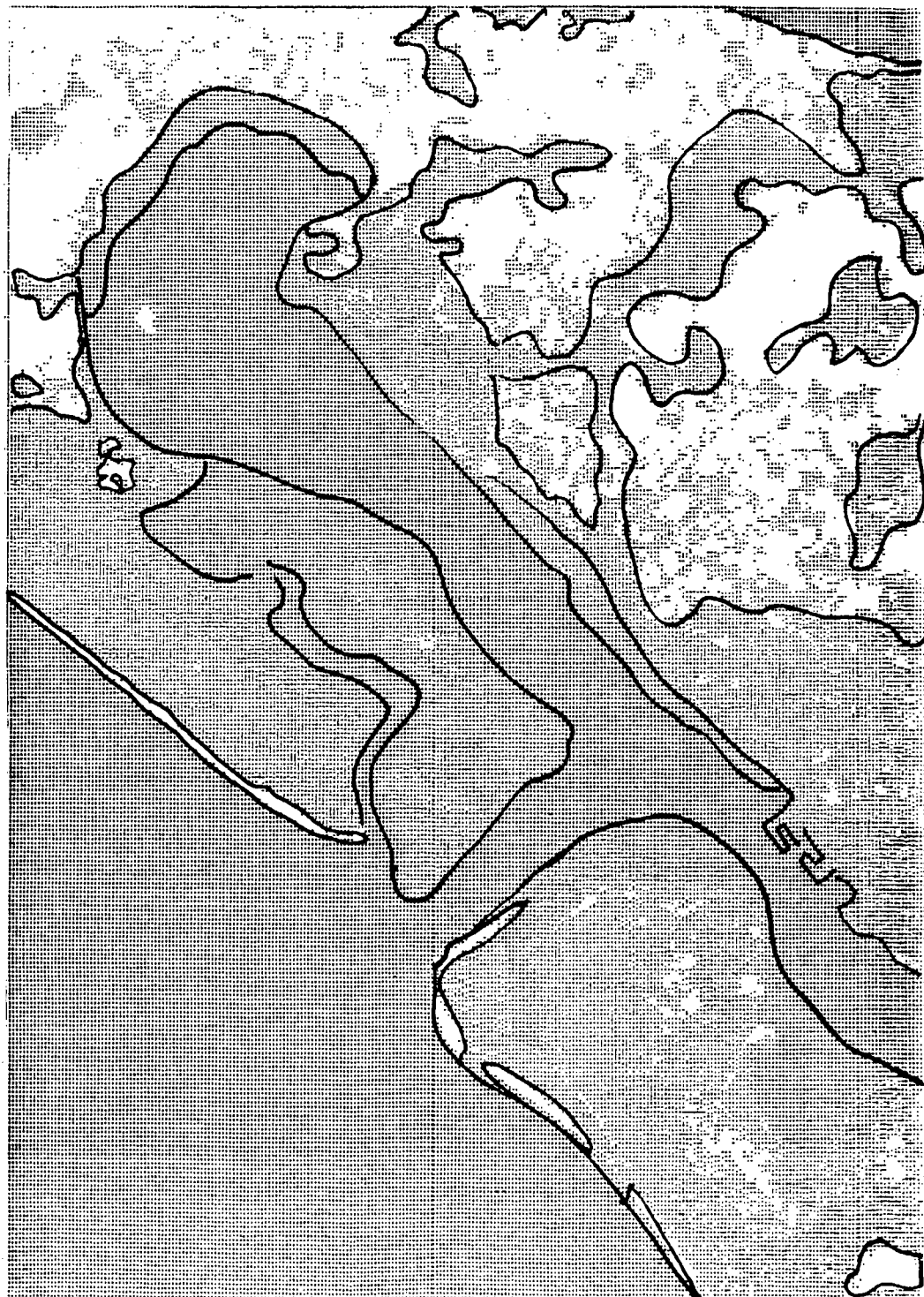


Øverste halvdel og nederste højre hjørne viser skyer. Enkelte steder kan man se skygger fra skyerne. (Solen skinner fra sydøst). Nederst har strandfladerne fået hvid 'farve'. Man kan se dele af Ho bugt (Hobo dyb og Hjerting løb). Endvidere ses Søren Jessens højsande og det måneformede højsande nordvest for Grådyb. For enden af Grådyb ind mod land ses vadeblader og en sandbanke kan svagt anes. Strandflader og skyer har samme 'farve'.

Skallingen-Esbjerg

Kanal 5 (128)





Sammenlignet med kanalbillede 5 (128) ses nu tydeligt en adskillelse mellem land- og vandområder. Hobo dyb er blevet tydeligere. I den nordlige del af Ho bugt skimtes slikvaden. Det ser ud som om, der er kommet flere skyer. Det er imidlertid vegetationen fra dyrkede områder. Det meget regelmæssige rektangulære område øst for Nordfanø er Esbjerg havn.

Skallingen-Esbjerg Kanal 6 (128)



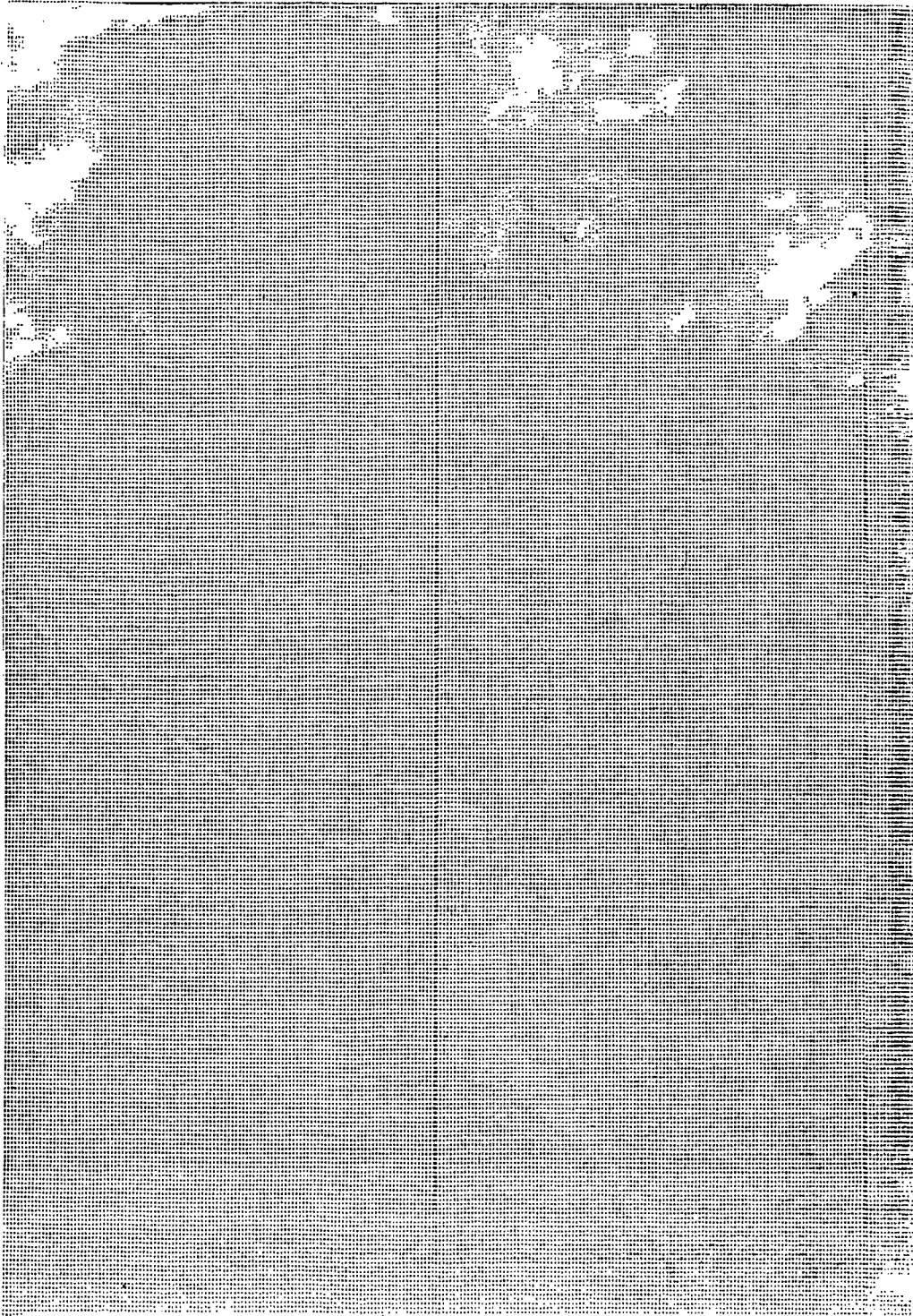


Ingen væsentlige forandringer i forhold til kanal-
billede 6 (128).

Skallingen-Esbjerg

Kanal 7 (128)

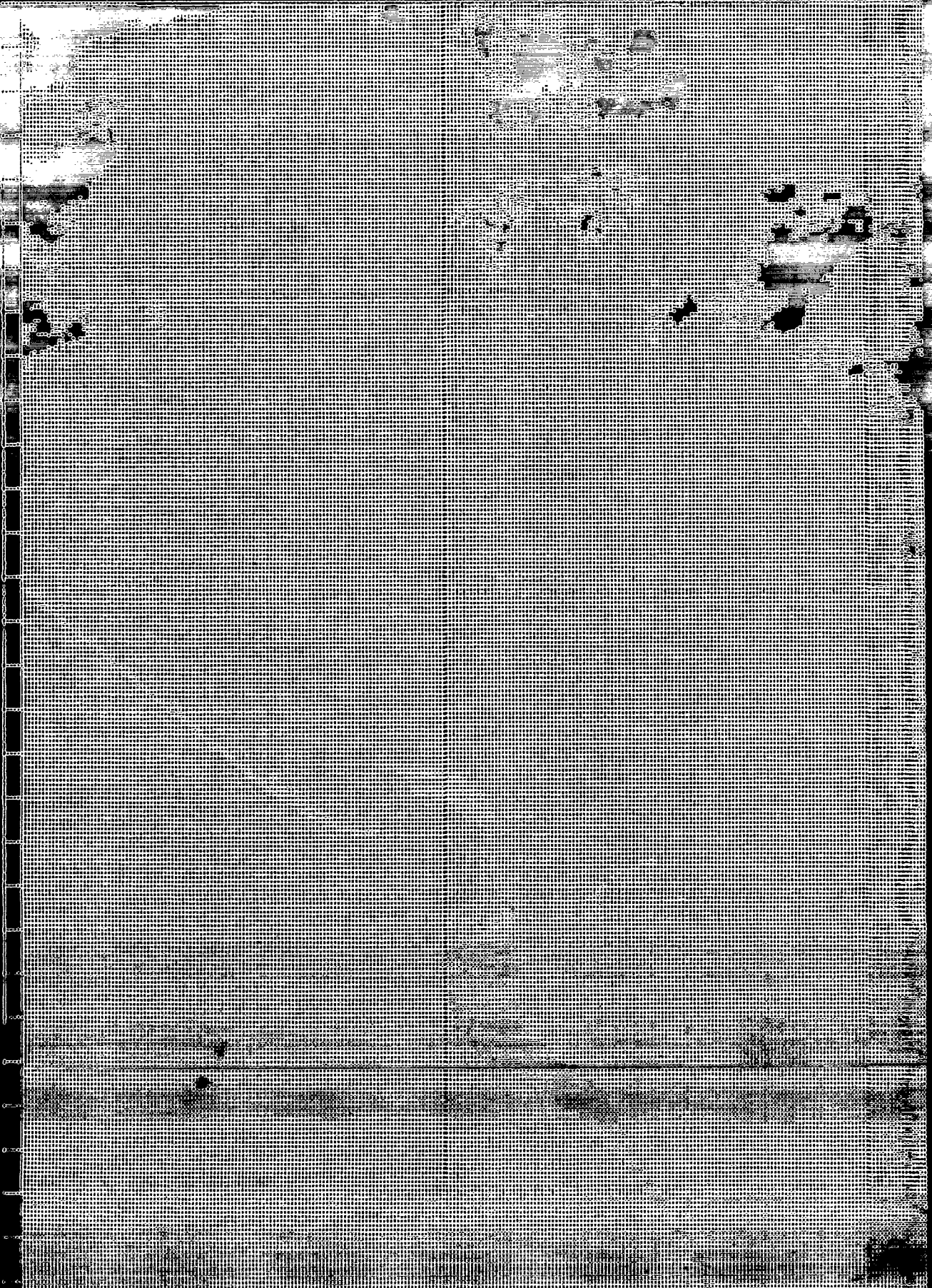


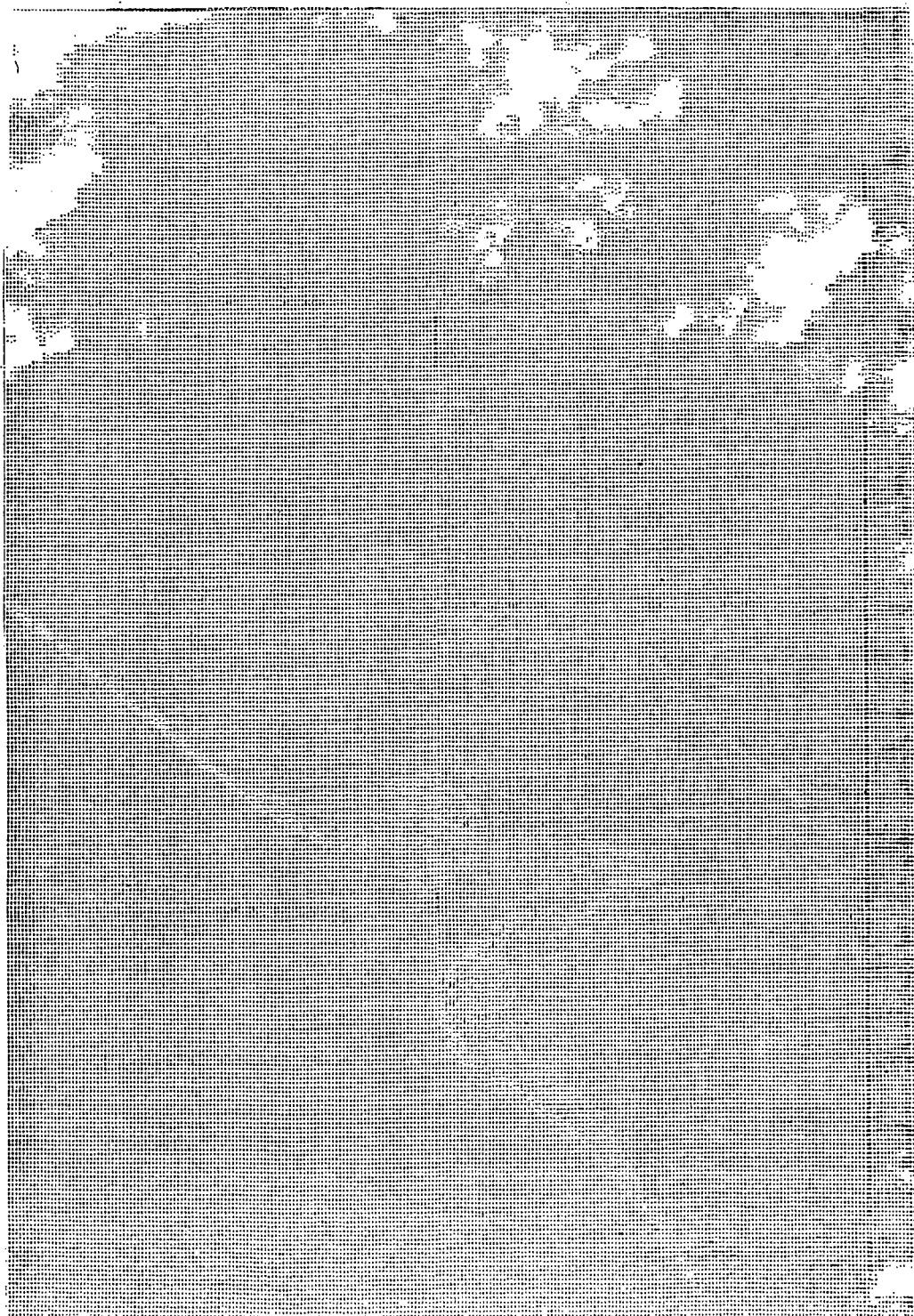


Der er ingen væsentlige ændringer i forhold til kanalbillede 4 (128).

Bemærk dog at skyområderne er blevet reduceret. Skyer reflekterer meget lys. På dette billede er gråtoneskalaen blevet udvidet til 255 og derfor får visse skyområder 'farve'.

Skallingen-Esbjerg Kanal 4. (256)





Sammenlignet med kanalbillede 5 (128) har dele af sky-områderne (ligesom på kanal 4 (256)) fået 'farve'.

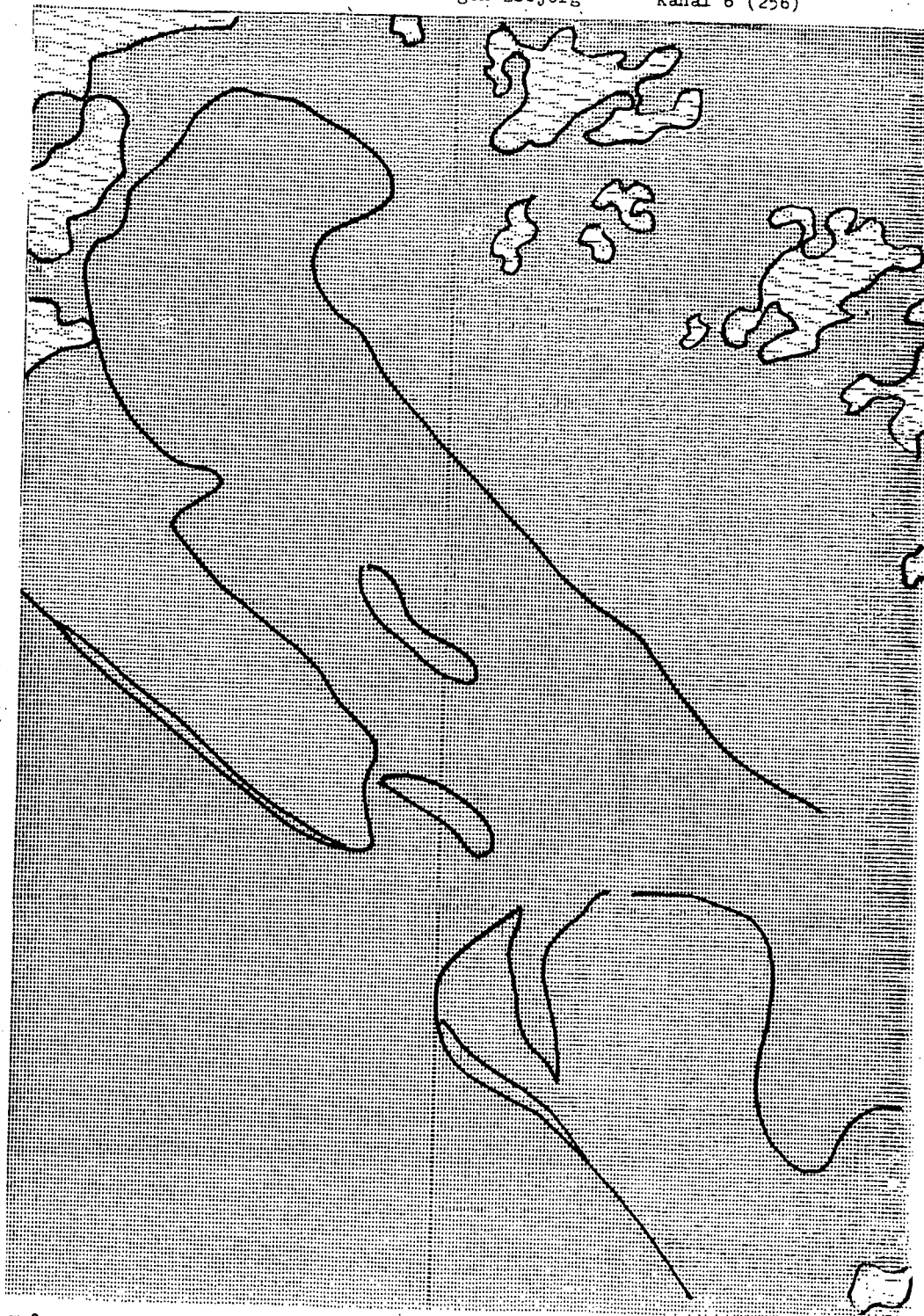
Desuden har de langstrakte strandområder og dele af sky-områderne nu fået forskellige gråtoner.

Tørre, rene sandflader reflekterer meget lys. Dette resulterer i gråtoneværdier på over 127, men under 255.

Skyer har ofte reflektionsværdier på over 255, og disse områder får derfor hvid farve på billedet.

Skallingen-Esbjerg Kanal 5 (256)





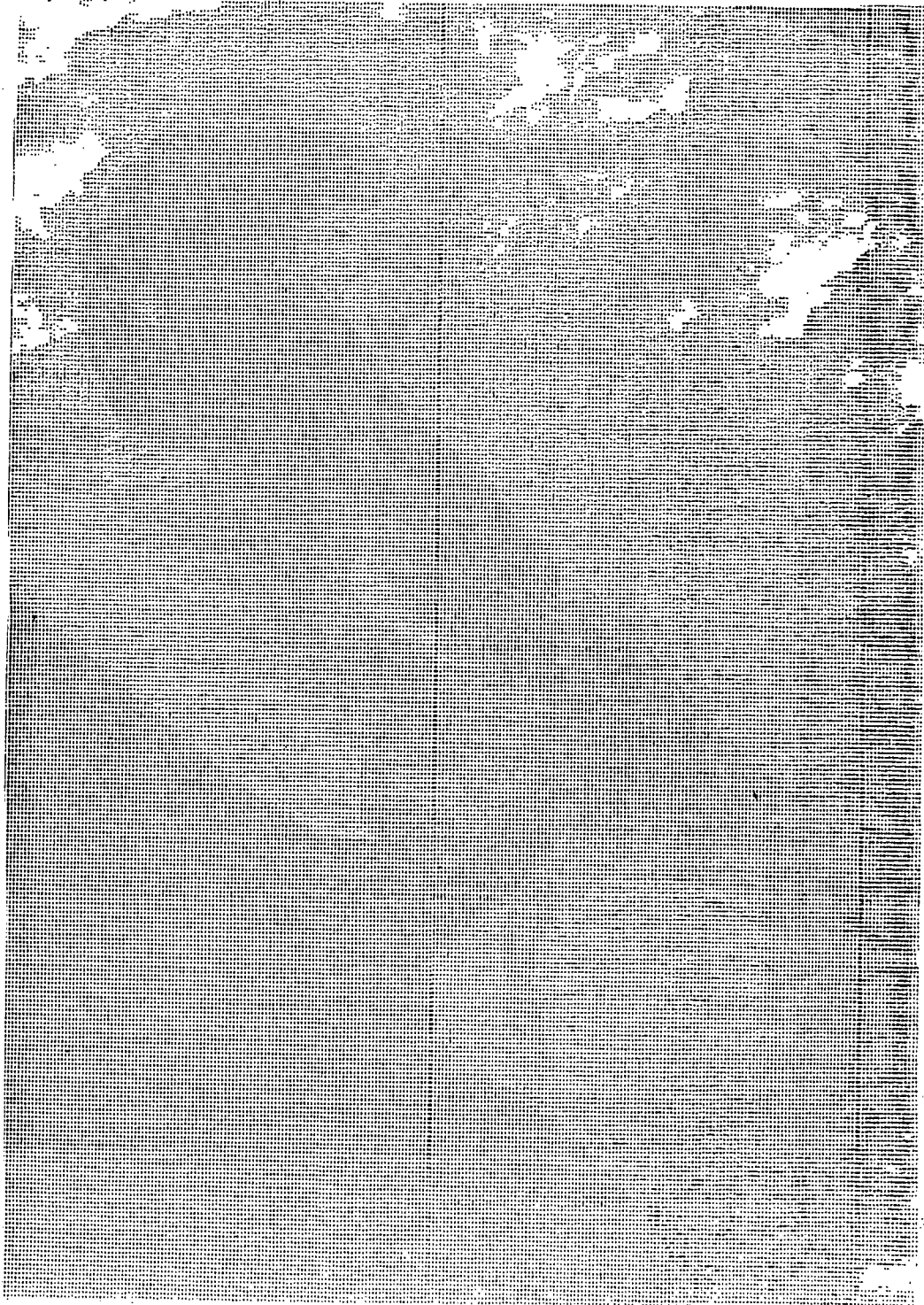
På dette billede ses tre overfladefænomener. Vand- og vadeområder falder sammen i den mørkeste farve. Skyerne er hvide med tværstriber. Dette skyldes en teknisk fejl ved scanningen over skyerne. Det kaldes 'six line drop outs'. (Man kan se satellittens fremadskridende bevægelse under scanningen). Marsk-, klit-, strand- og øvrige landområder falder sammen i den lyse tone. Øen Langli ses tydeligt.

Skallingen-Esbjerg

Kanal 6 (256)



Skallingen-Esbjerg Kanal 7 (256)



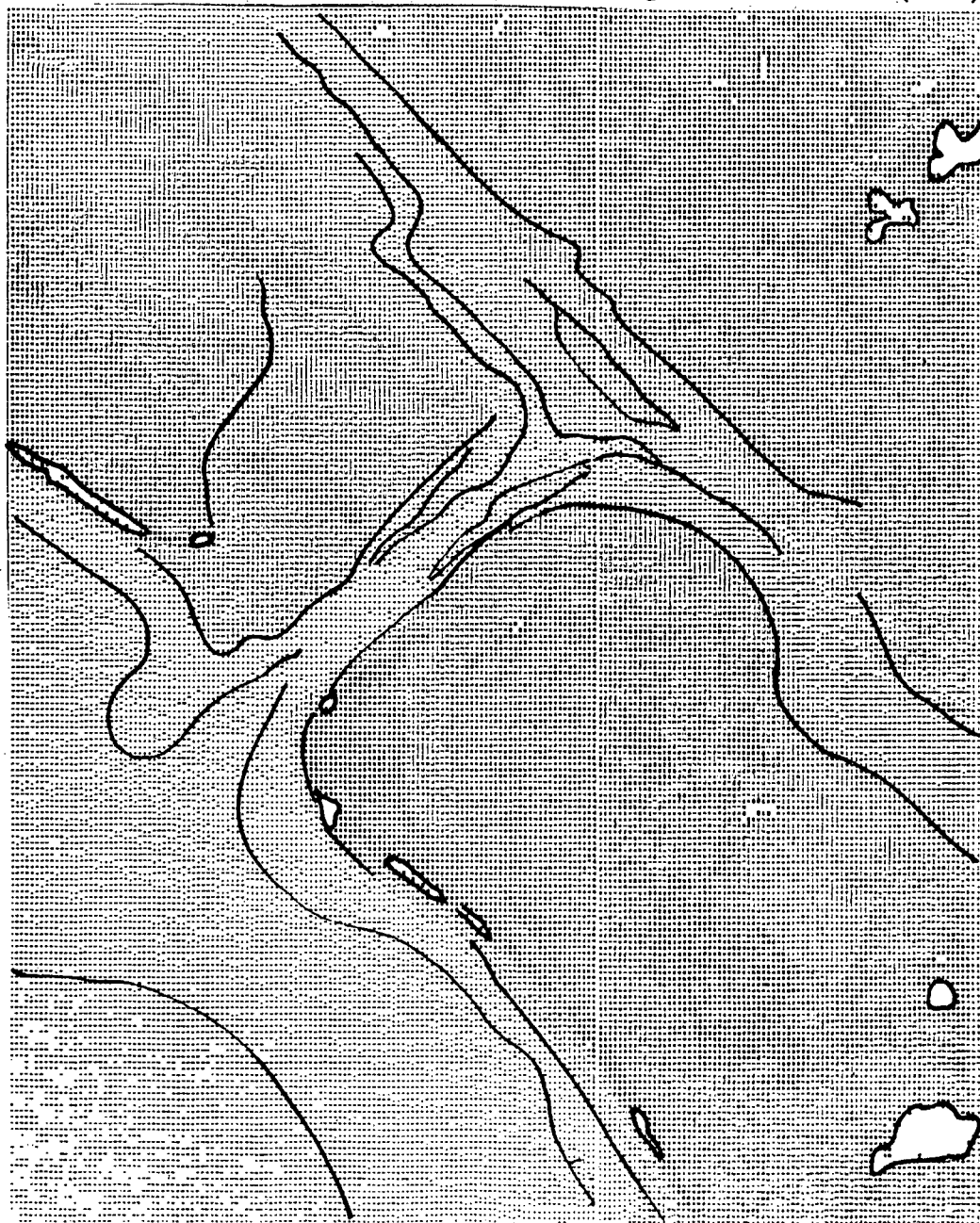
Dette billede er næsten identisk med kanalbillede 6 (256), bortset fra at, der ikke på denne kanal har været et teknisk svigt på hver sjette lysmåler.

Skallingen-Esbjerg

Kanal 7 (256)



Skallingen-Esbjerg PCA-Kanal 1 (128)



På dette billede ses næsten de samme fænomener som på PCA-Kanal 1 (256). Forskellen mellem vadeblader og vand i Ho bugt er dog udvisket noget. De langstrakte strandområder sydvest for Søren Jessens højsande og Skallingen træder tydeligt frem som hvide områder.

Vandområderne er også blevet mere nuancerede. Således ses tydeligt Hjerting løb, hvor ebbestrømmen er på vej ud med suspenderet materiale.

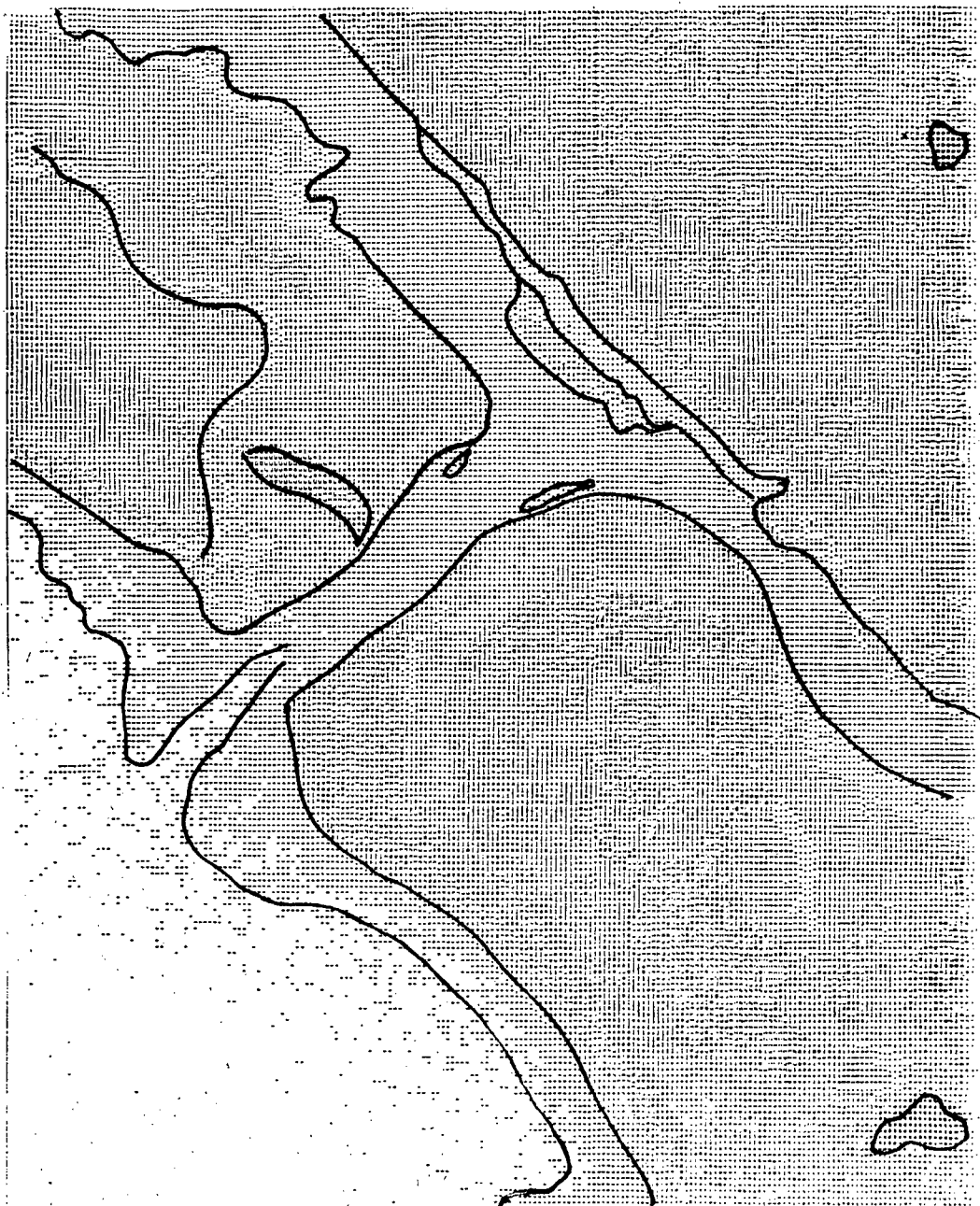
Det klare Nordsøvand er igen på vej ind i Grådyb. På siderne af løbet ses suspenderet materiale og/eller bundreflektion. Nederst i venstre hjørne ses et område med hvide signaturer. Dette skyldes 'sun-glitter' på grund af store bølger.

Skallingen-Esbjerg

PCA-Kanal 1 (128)



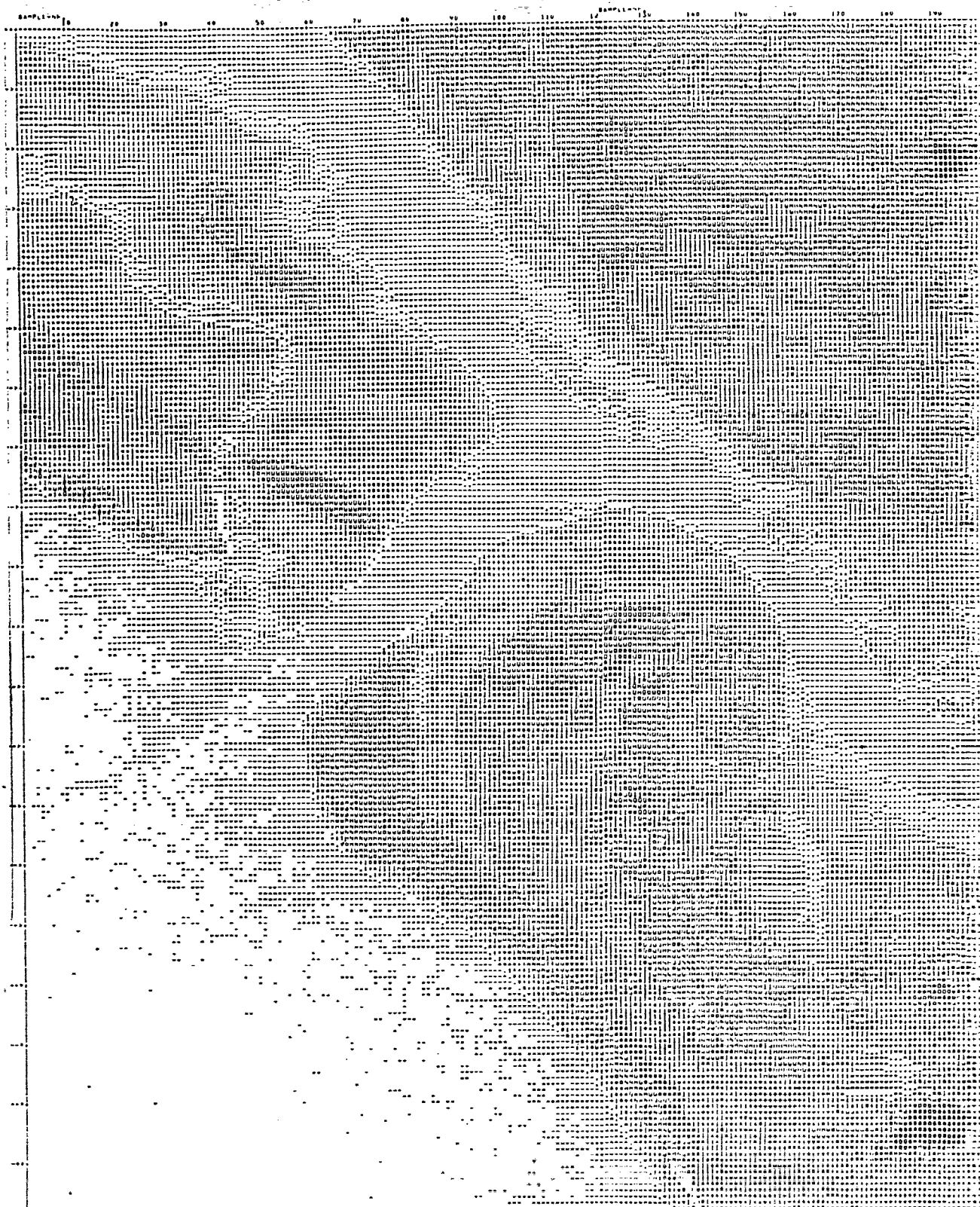
Skallingen-Esbjerg PCA-Kanal 1 (256)



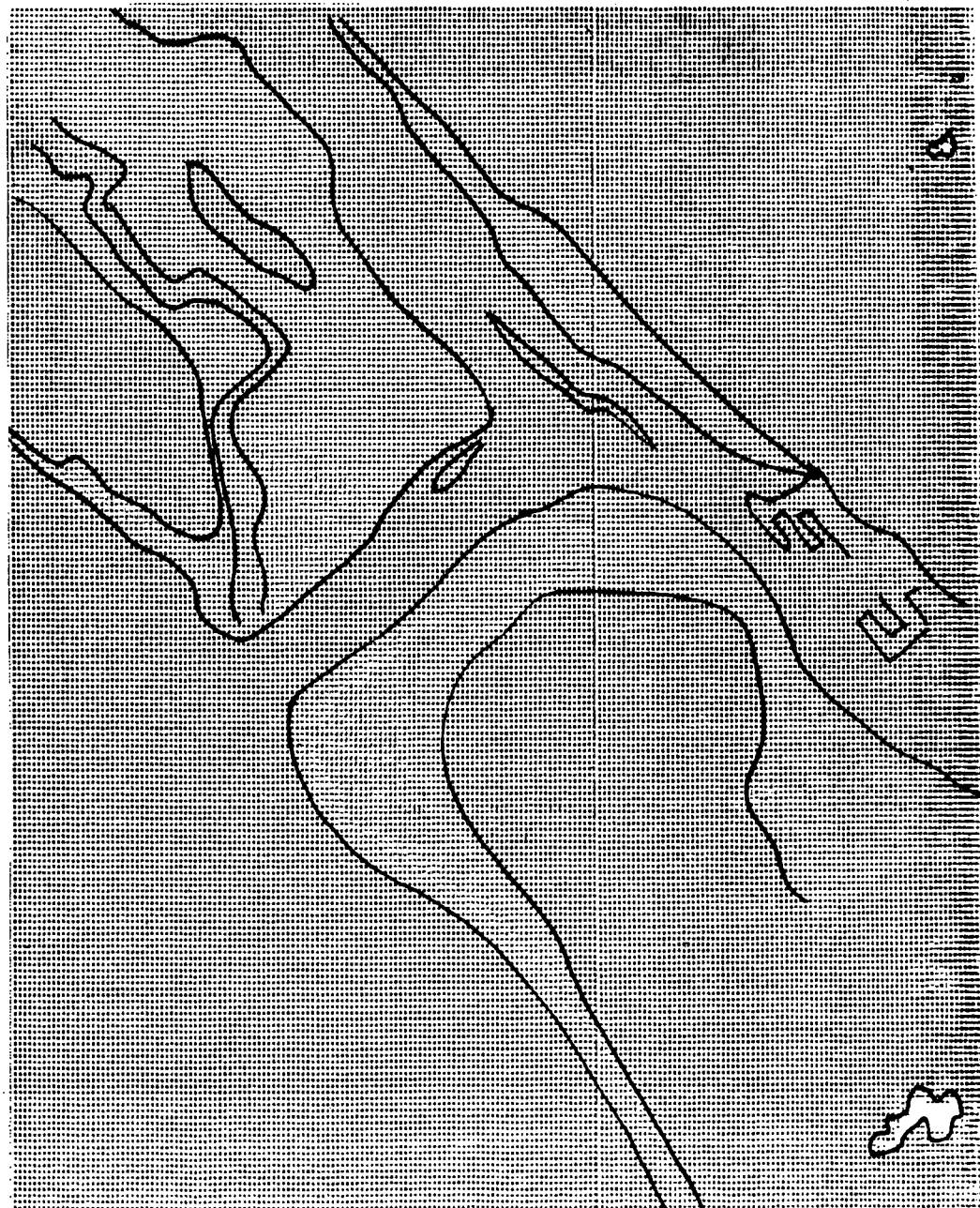
På dette billede ses i det nordvestlige hjørne klit- og strandområder adskilt ind mod vadeområdet af den lyse stribe, Hobo dyb, (øst herfor ses et højsande). Nederst mod sydøst skilles området i strandområde, højsand og vadeområde, klitområde, landbrugsområde. For enden af Grådyb, mod nordøst, ses parallelt med Hjer-ting løb, yderst en muslingebanke og inderst en lysere vadeblade. I nederste hjørne det klare Nordsøvand på vej ind i Grådyb. Den mørke farve omkring Grådyb barre og strandkanten, kan skyldes suspenderet materiale fra den udadgående ebbestrøm og/eller bundreflektion.

Skallingen-Esbjerg

PCA-Kanal 1 (256)



Skallingen-Esbjerg PCA-Kanal 2 (256)



Vadeflader og sandflader (de yderste smalle strandflader og Søren Jessens Højsande) skiller sig tydeligt ud som lyse områder.

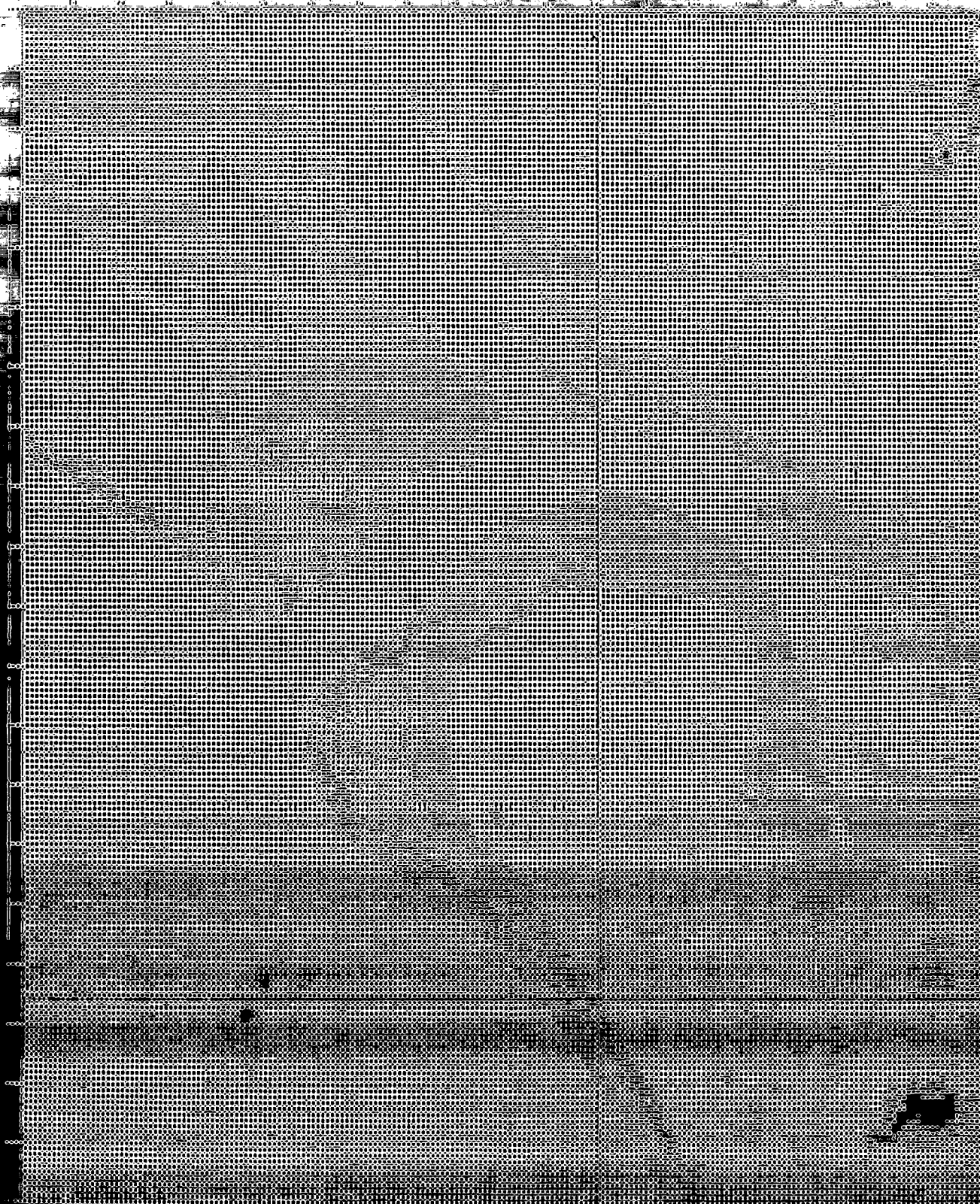
Vandområder, klit- og øvrige landområder er mørke.

Skyer er hvide.

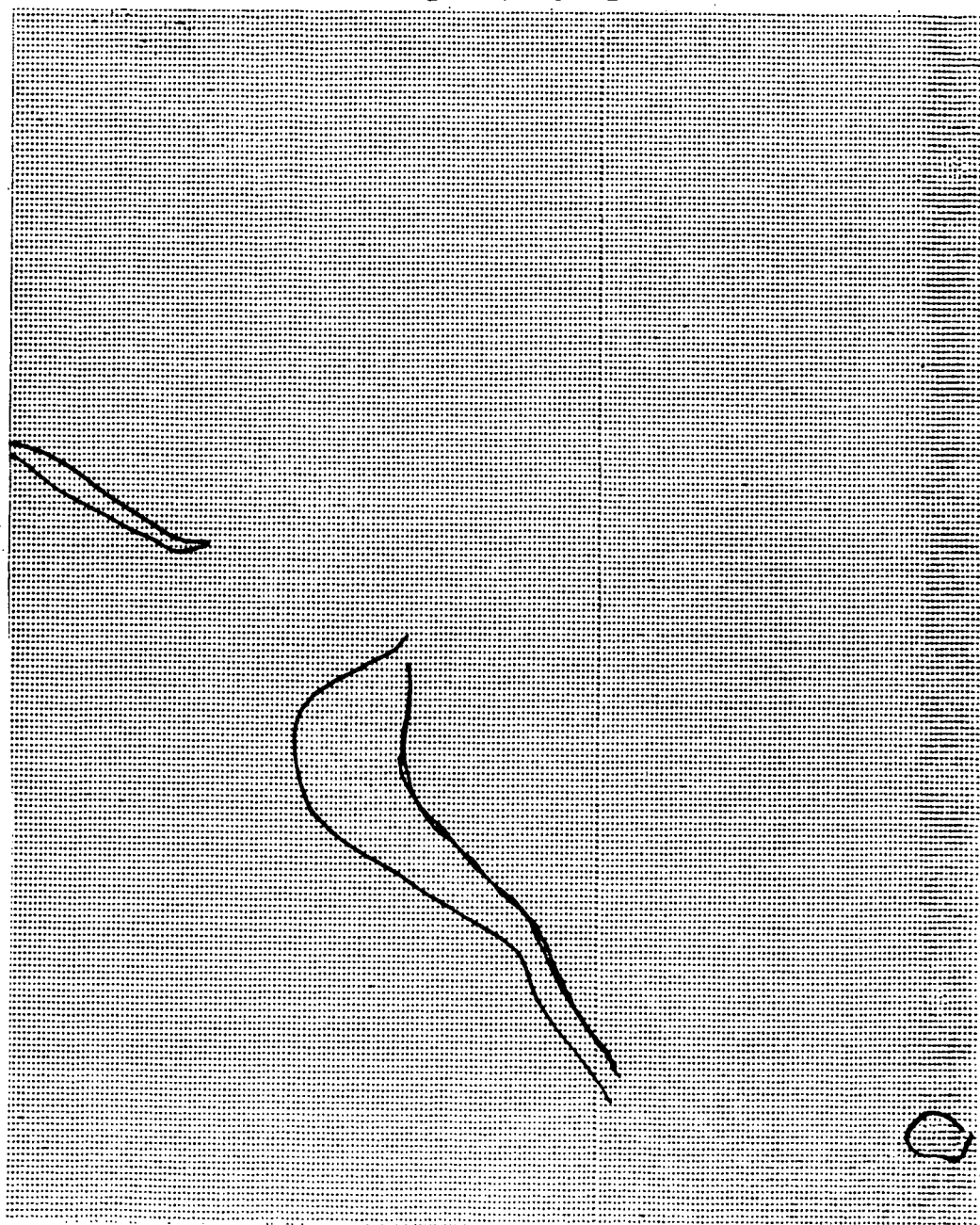
Bemærk det 'rektangulære' område, Esbjerg havn.

Skallingen-Esbjerg

PCA-Kanal 2 (256)



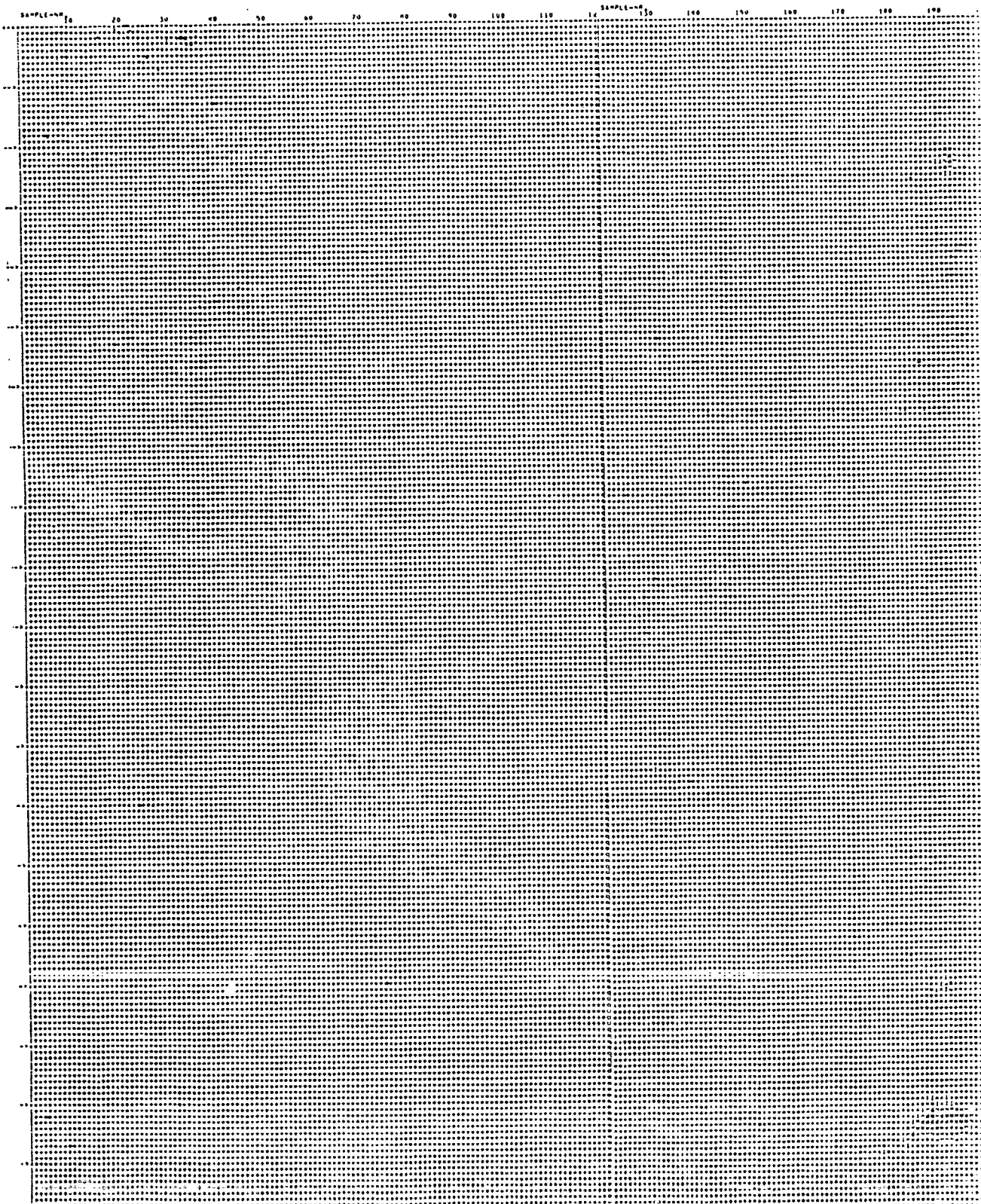
Skallingen-Esbjerg PCA-Kanal 3 (256)



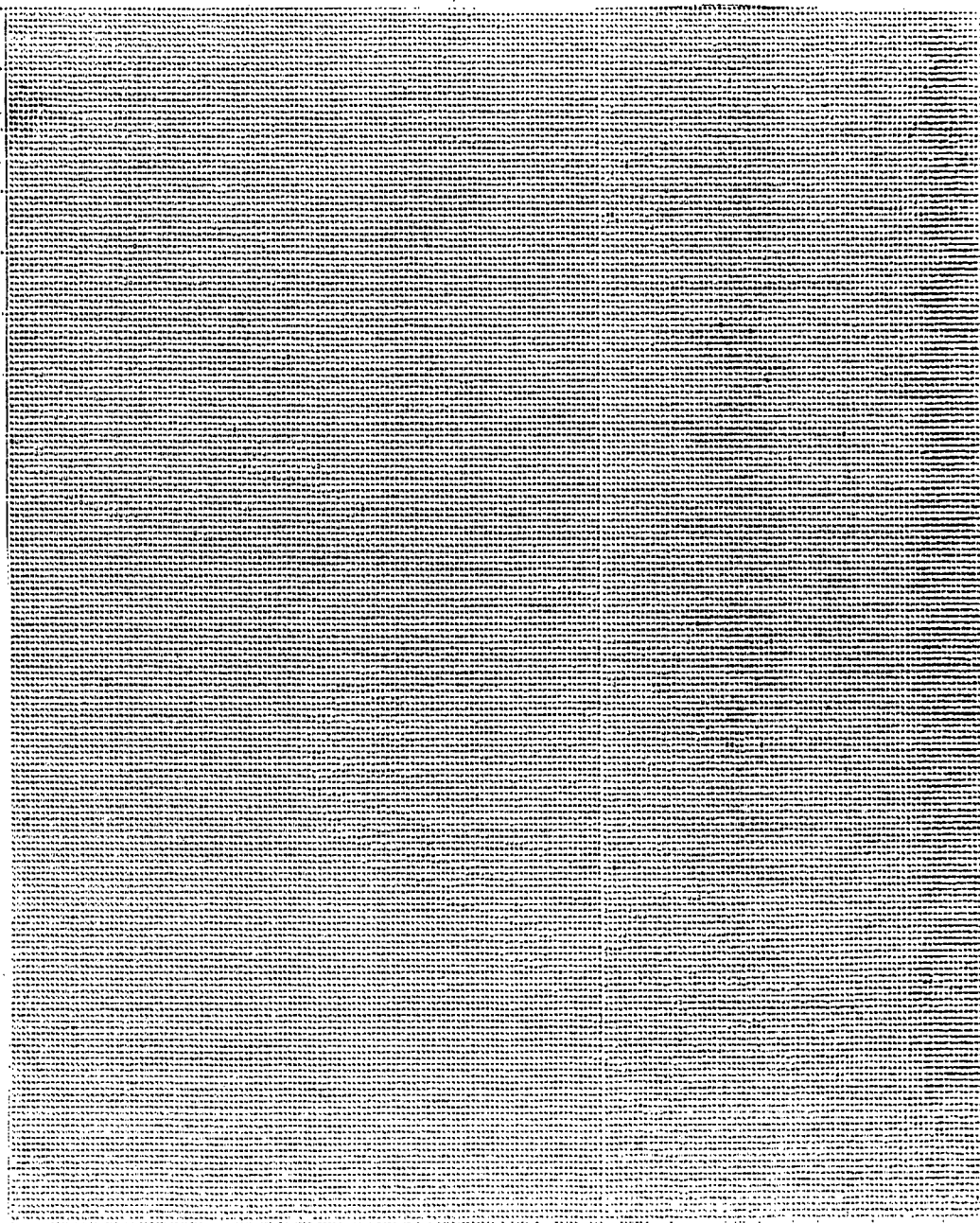
På dette billede kan meget svagt anes strandflader og en sky i nederste højre hjørne. Når der ikke kan ses mere hænger det nøje sammen med principalkomponentanalysen. Den første principale kanal indeholder mest variation (ca. 88 %). Den anden principale kanal indeholder ca. 11 % af den samlede variation. Den tredje PCA-kanal (dette billede) indeholder kun ca. 0,3 % af den totale variation. Derfor ser billedet meget homogent ud.

Skallingen-Esbjerg

PCA-Kanal 3 (256)



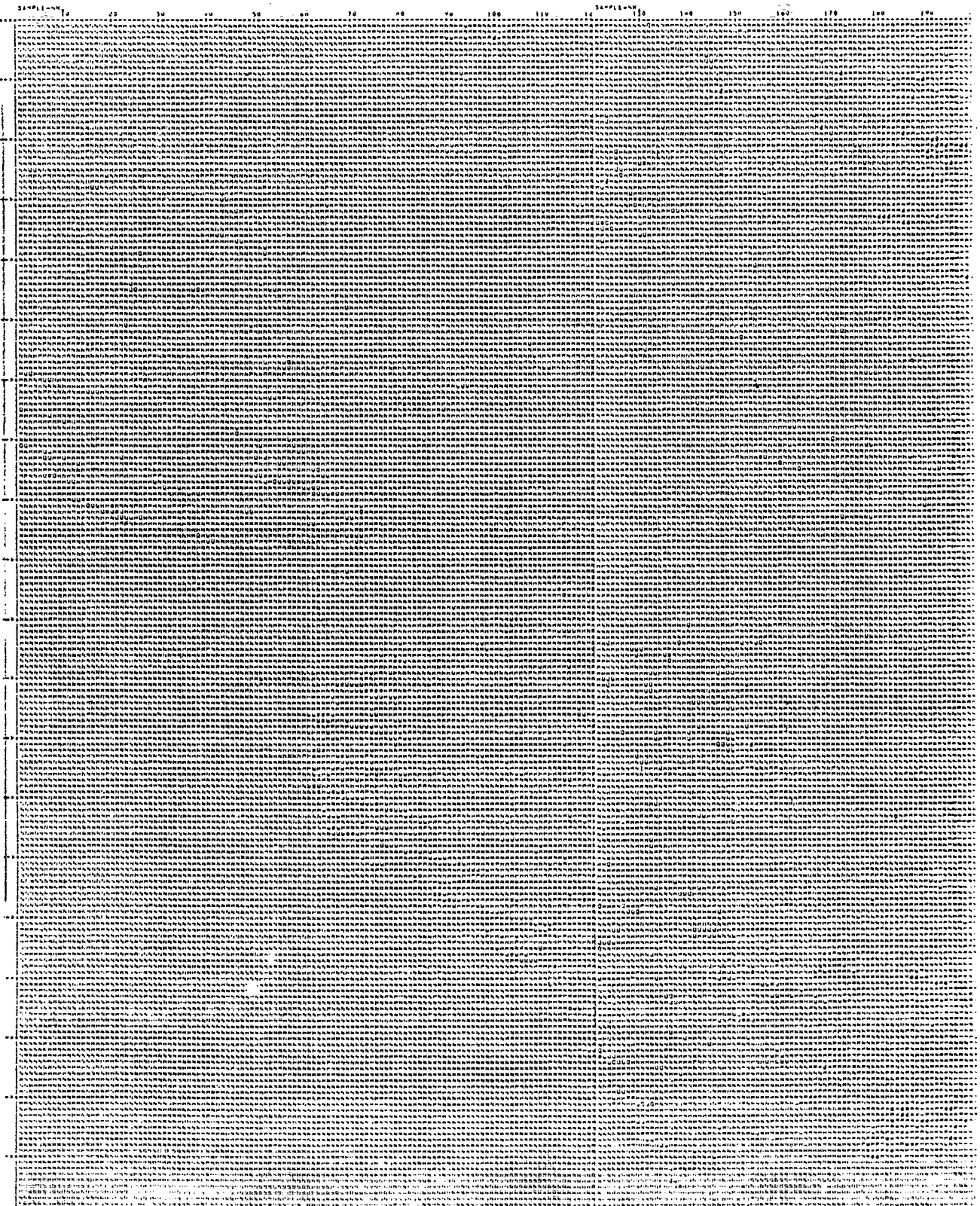
Skallingen-Esbjerg PCA-Kanal 4 (256)



PCA-kanal 4 indeholder endnu mindre variation end PCA-kanal 3. Derfor opleves dette billede som værende næsten helt homogent.

Skallingen-Esbjerg

PCA-Kanal 4 (256)

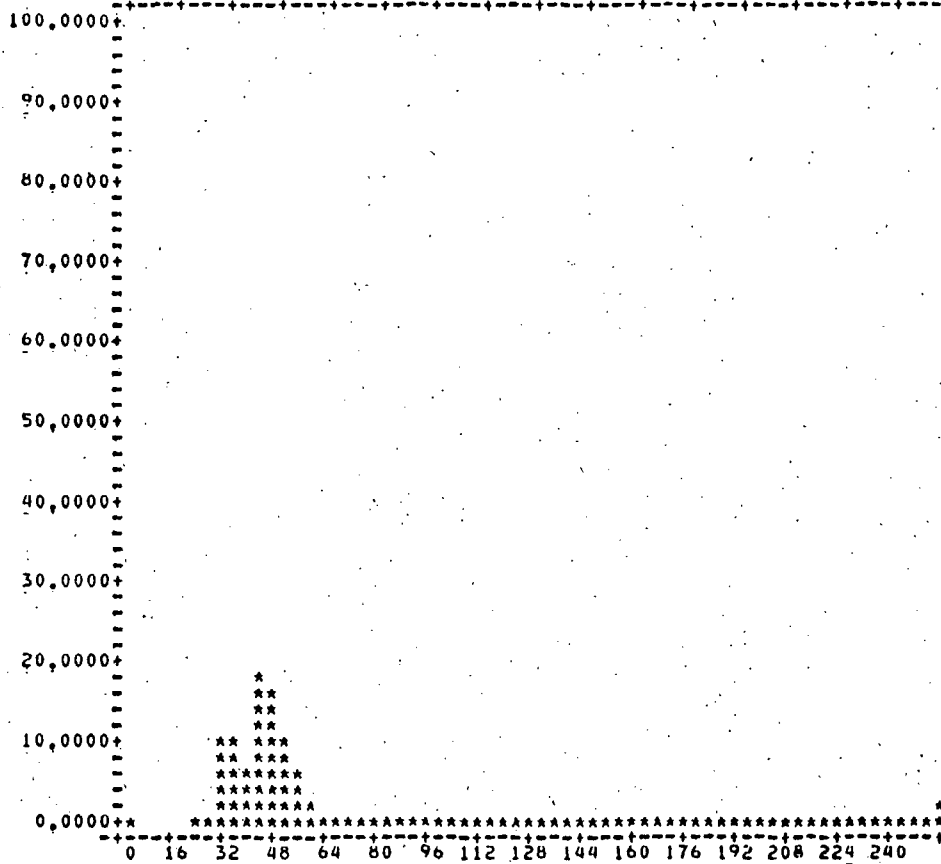


```

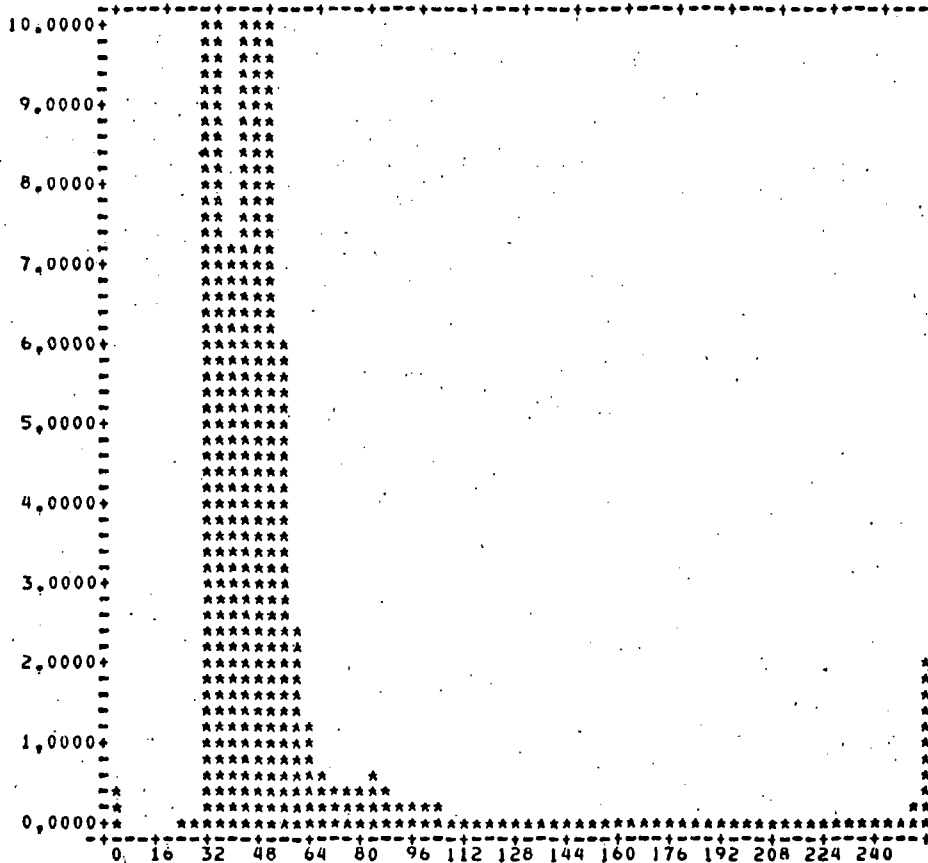
*****
* MULTISPEKTIPAL ANALYSE *
* .....ROC-1474-SIMBA ..... H I S T O G R A M .....
* .....SYSTEM ..... IDENTIFIKATION .....
* RASMUSSEN/FOLVING * H*U1
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

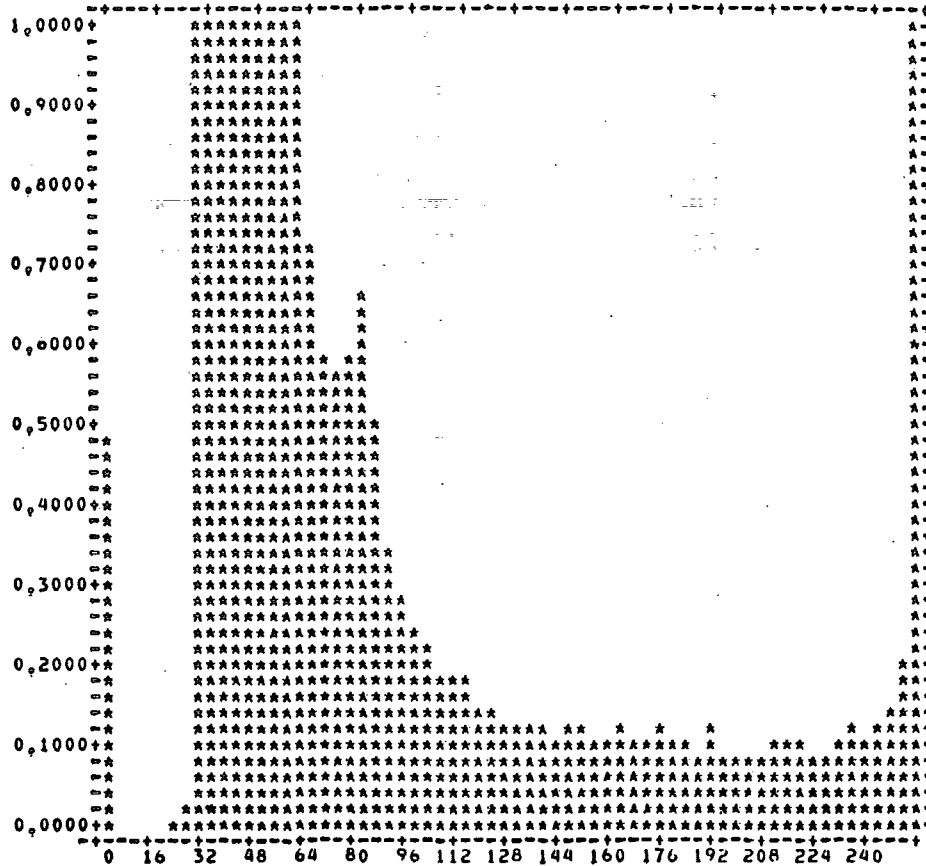


GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

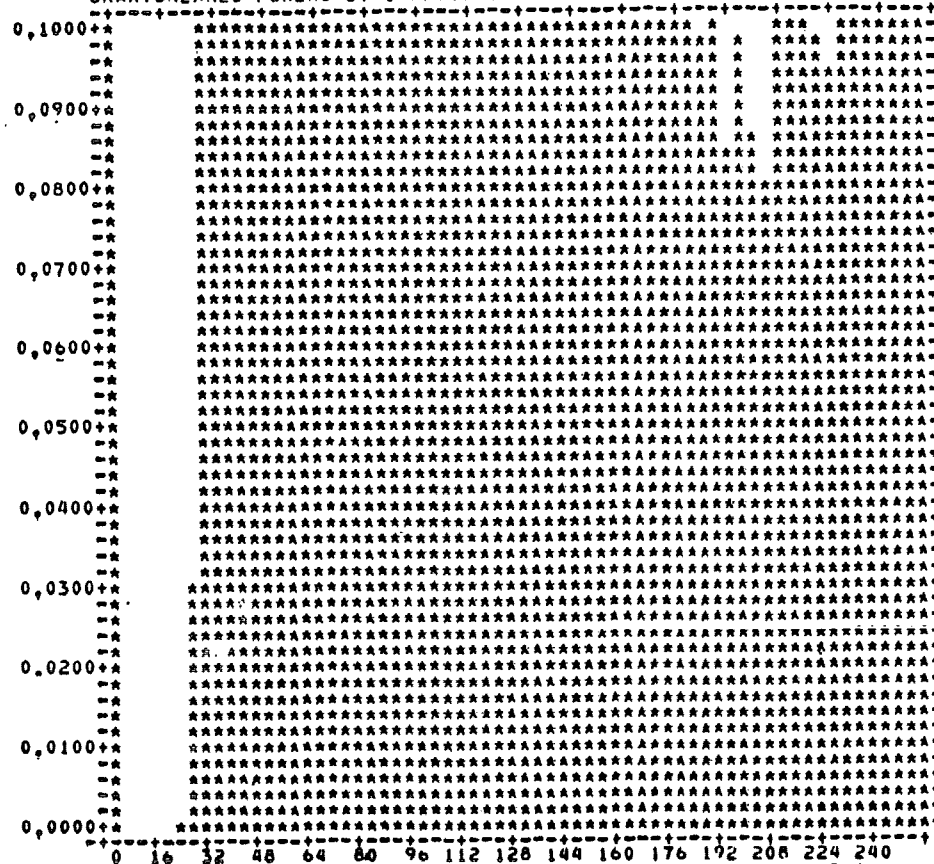


 MULTISPEKTAL ANALYSE *****
 RUC-1978-5148A ***** HISTOGRAM *****
 SYSTEM ***** IDENTIFIKATION *****
 RASMUSSEN/FOLVING ***** HNU1 *****

GRAATONERNES FUREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FUREKUMST I PROCENT

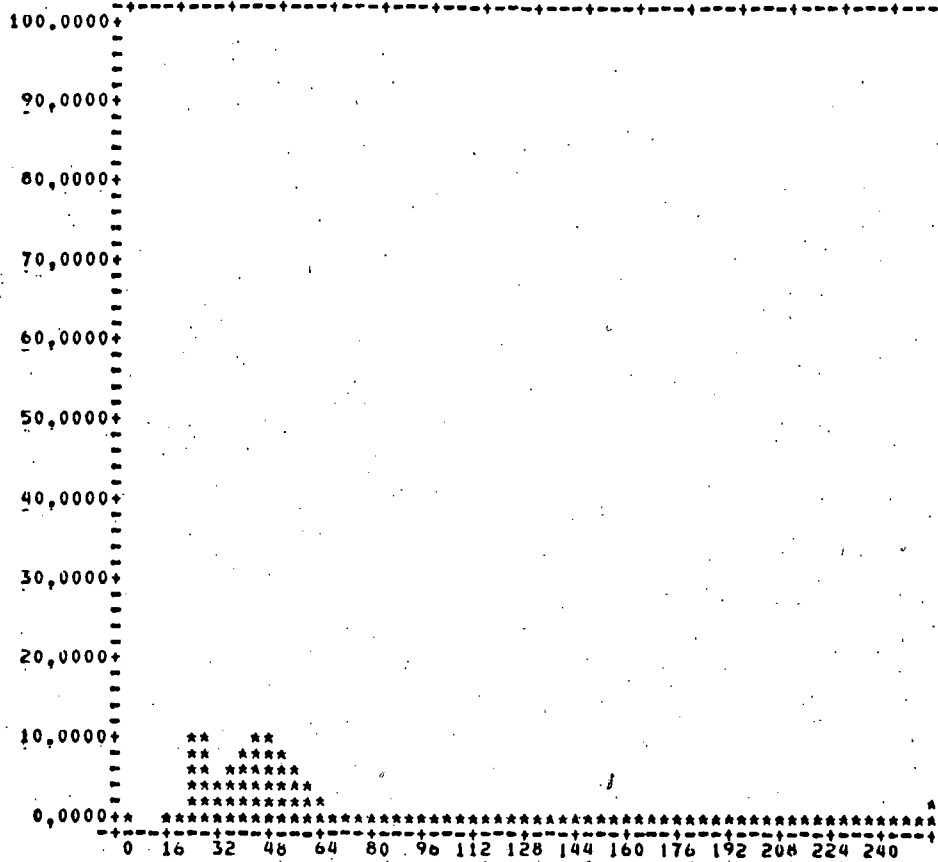


```

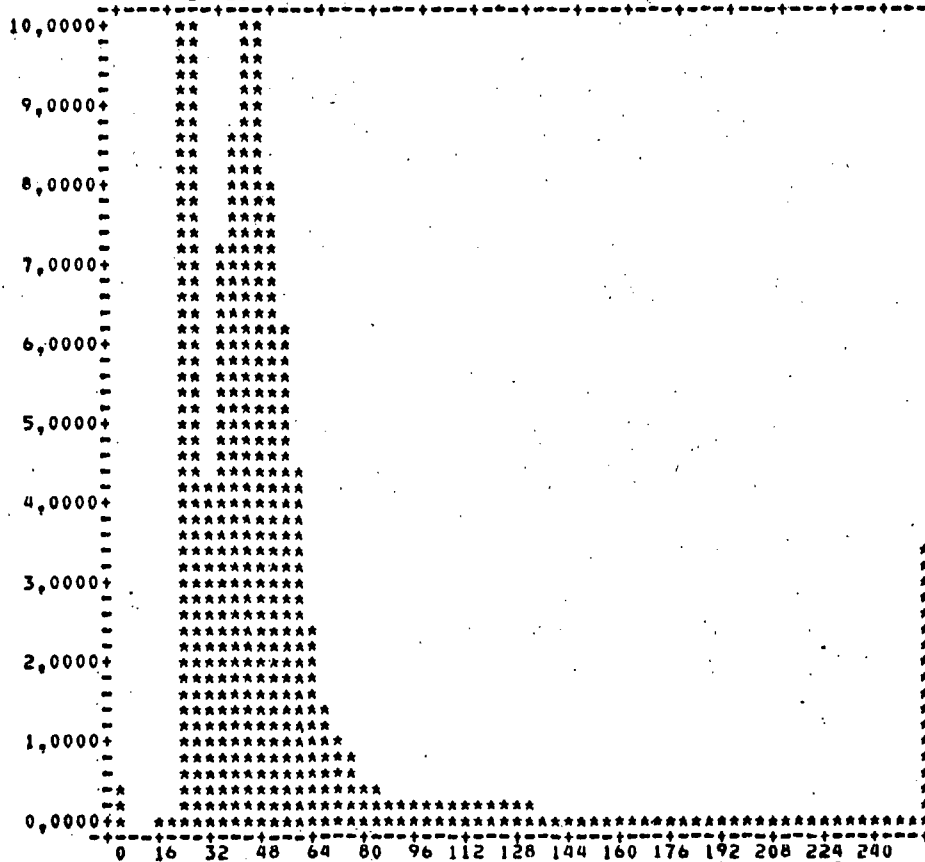
*****
* MULTISPEKTIPAL ANALYSE *
* REC-1878-SIMBA *      * H I S T O G R A M *
* SYSTEM *              * IDENTIFIKATION *
* RASMUSSEN/FOLVING * H*U2 *
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

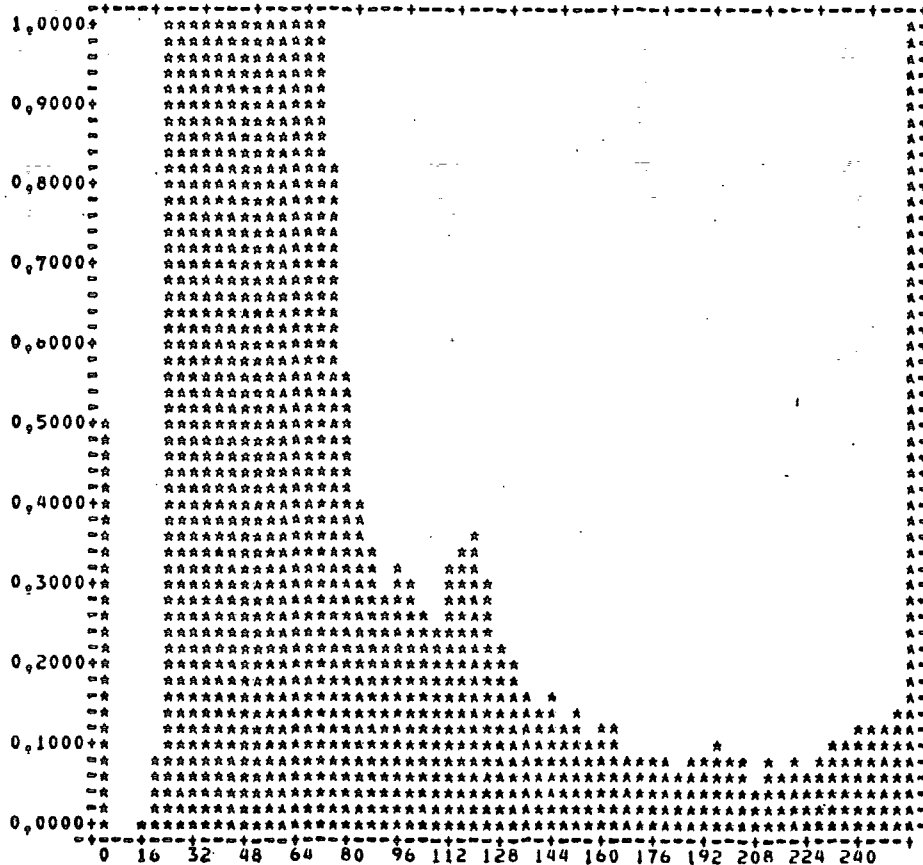


```

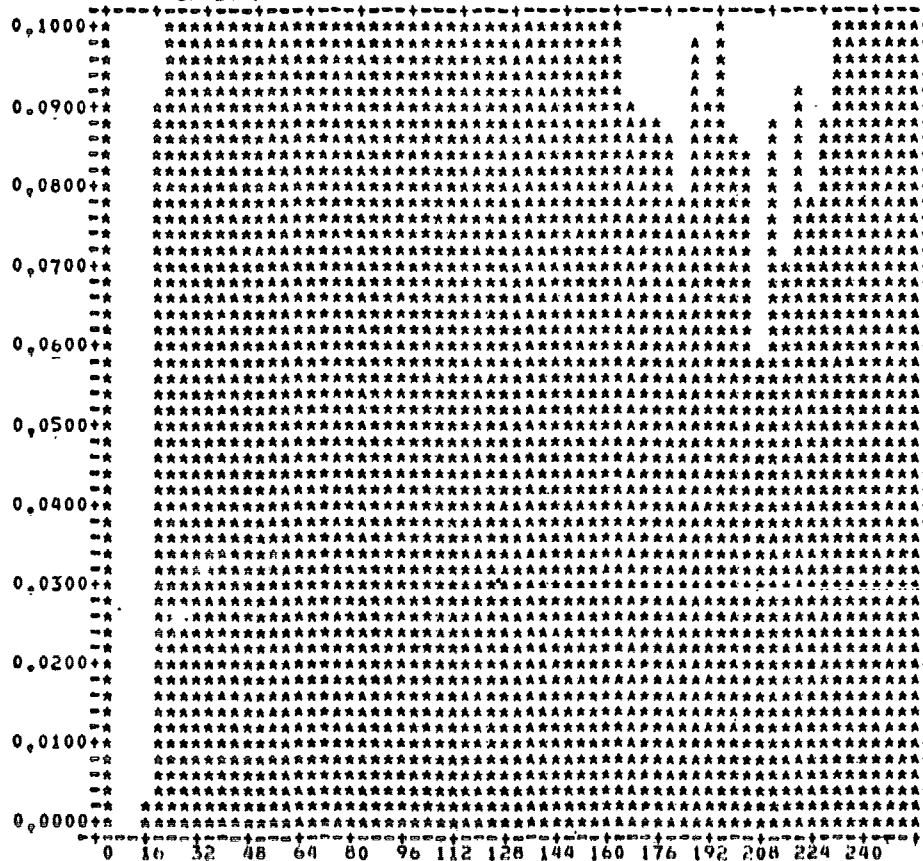
*****
* MULTISPEKTRAL ANALYSE *
* -----RCE-1973-S14A----- *      H I S T O G R A M
* SYSTEM * IDENTIFICATION *
* RASMUSSEN/FOLVING * MAU2
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

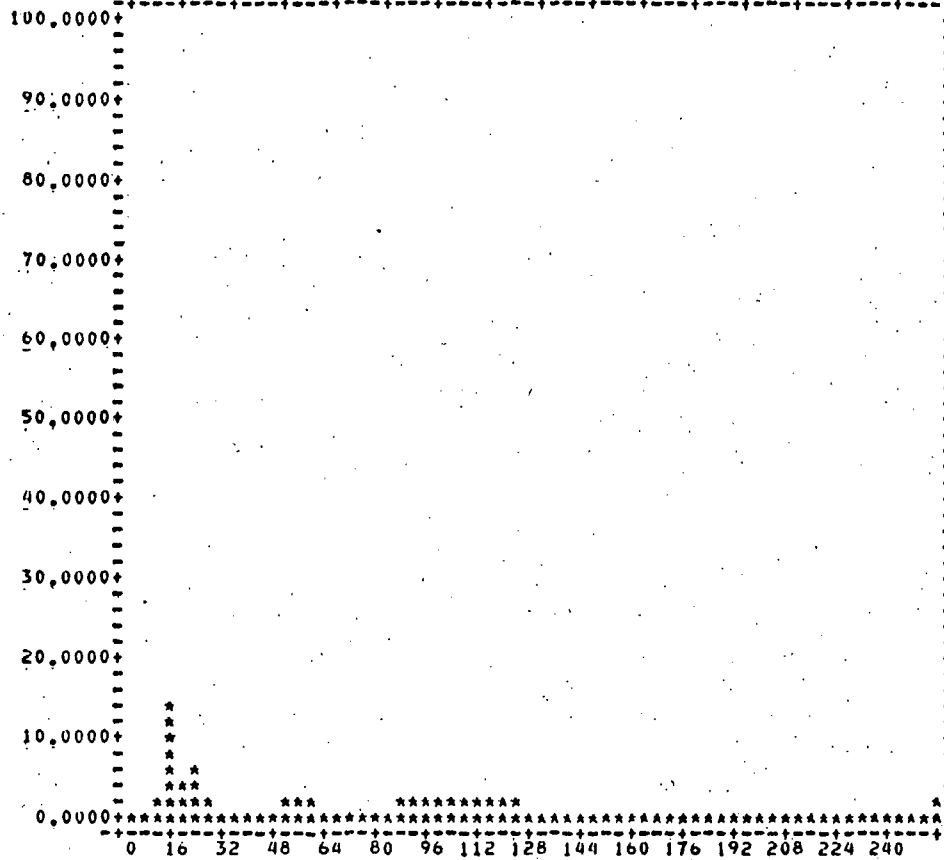


```

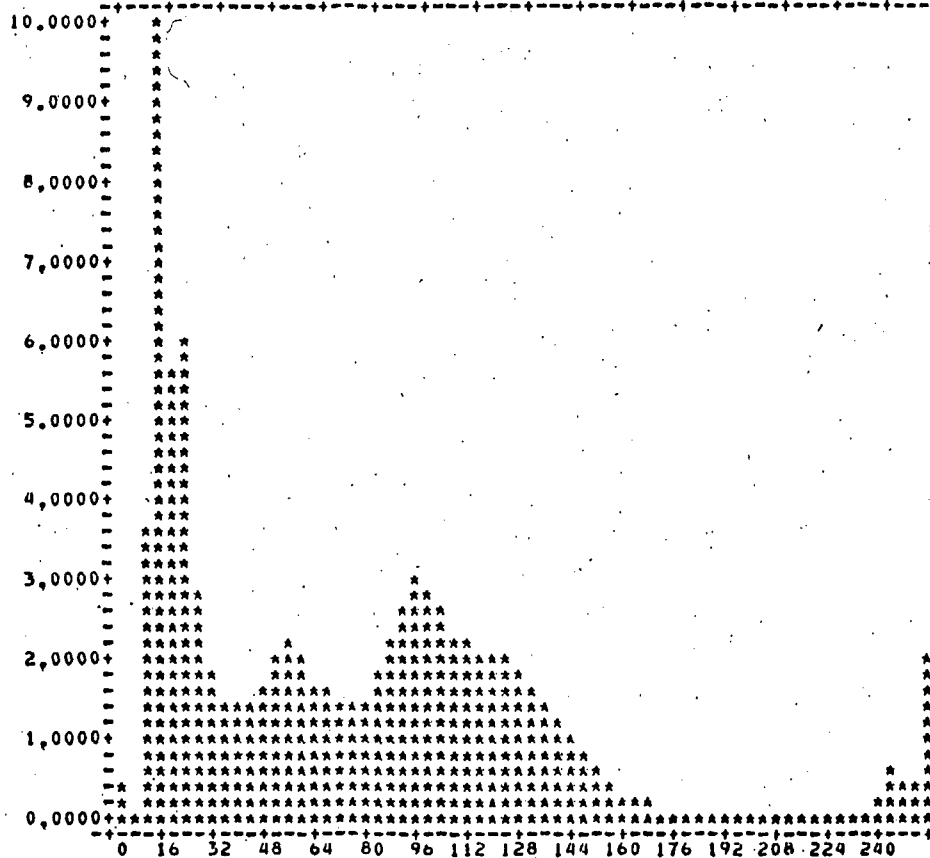
*****
* MULTICENTRAL ANALYSE *
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
* 1570-5166 * H I S T O G R A M *
* SYSTEM * IDENTIFICATION *
* RASHUSSENFOLVING * HA03 *
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

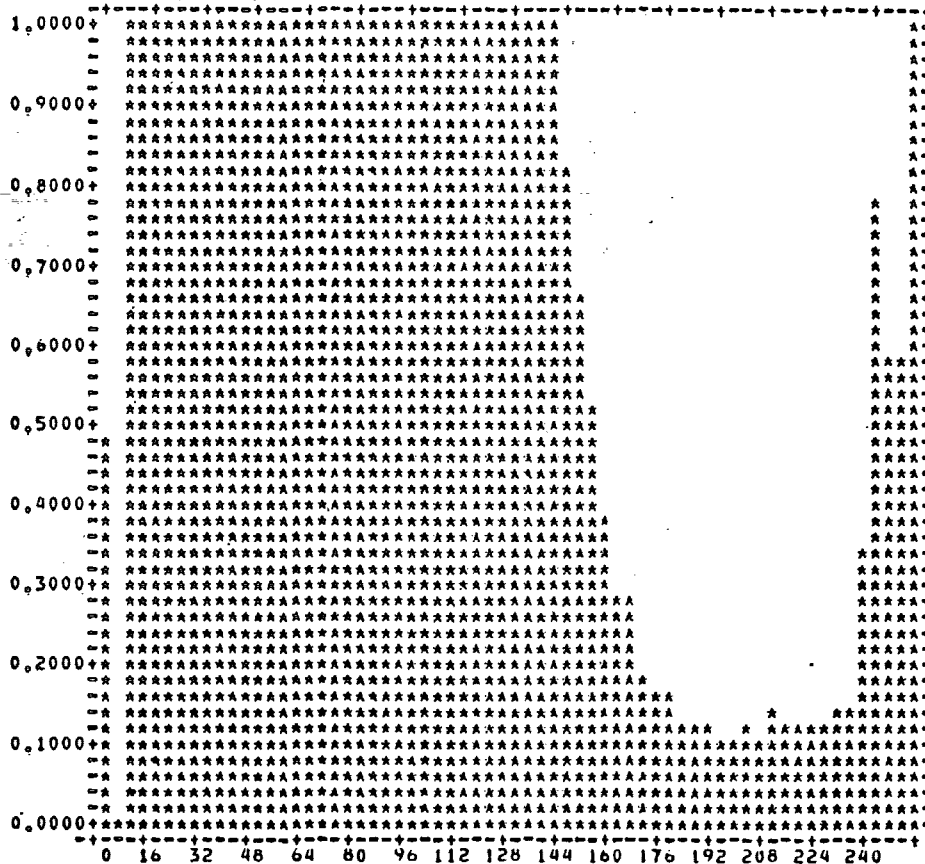


```

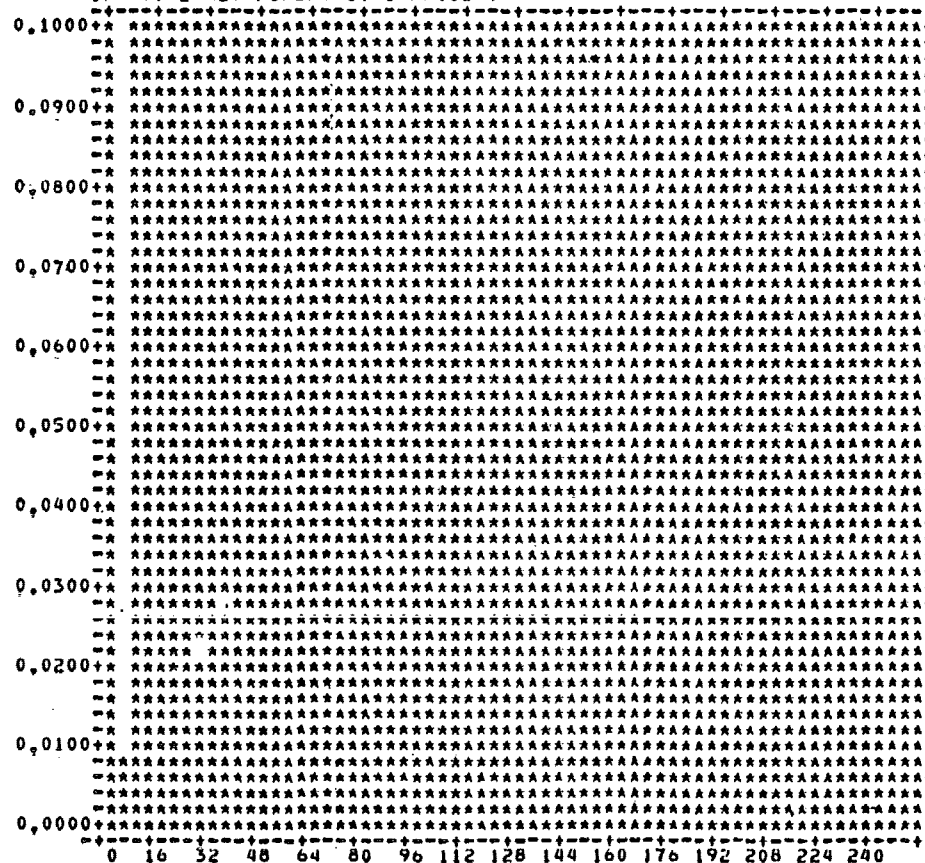
*****MULTISPENTRAL ANALYSE*****
*****ROC-1878-41MBA*****          H I S T O G R A M
*****SYSTEM*****IDENTIFICATION*****
*****RASMUSSEN/FOLVING*****H*U3*****
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

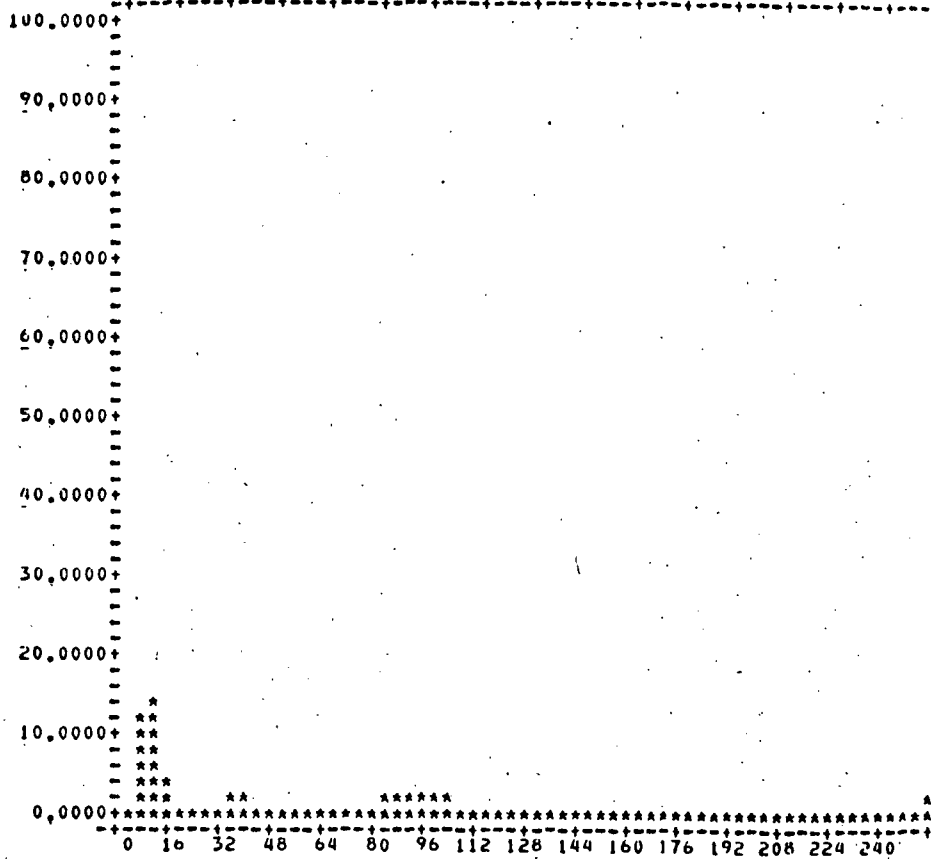


```

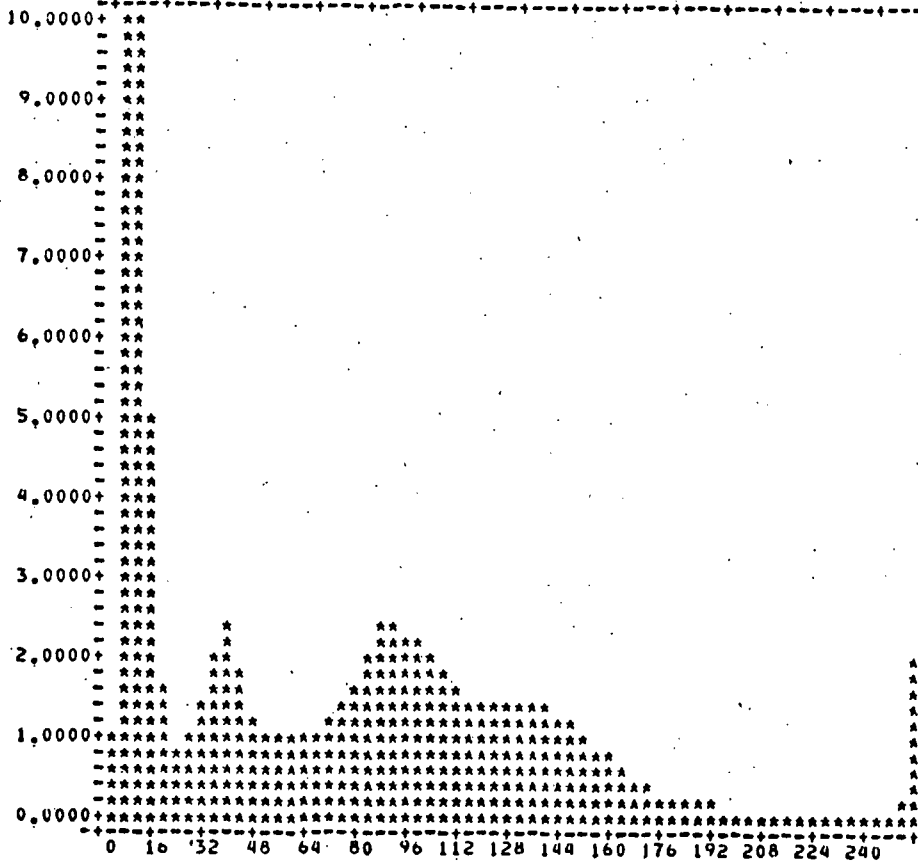
*****
* MULTISPECTRAL ANALYSE *
*-----RUC-1878-SIMBA-----* H I S T O G R A M
*          SYSTEM          * IDENTIFICATION
* RASMUSSEN/FOLVING * H*U4
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

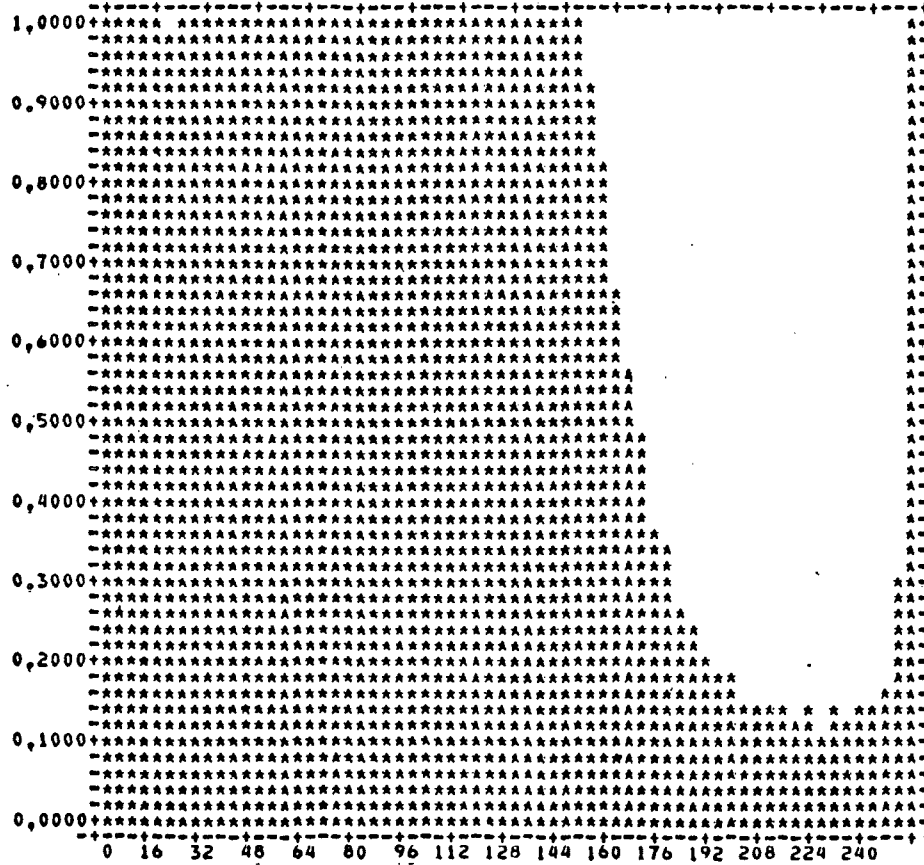


```

*****
**MULTISPECTRAL ANALYSE*****
**.....ROC-1876-SIMBA.....**      H I S T O G R A M
**      SYSTEM      **.....IDENTIFICATION.....**
**  RASMUSSEN/FOLVING  ** HA04
*****

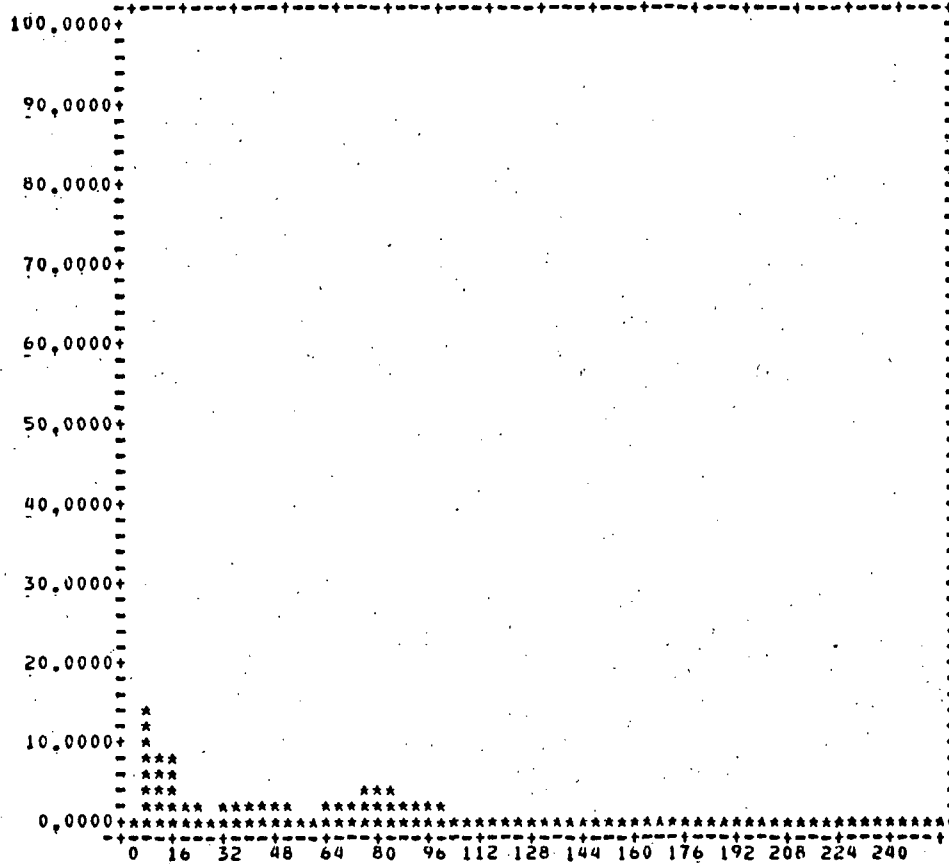
```

GRAATONEKNES FOREKUMST I PROCENT

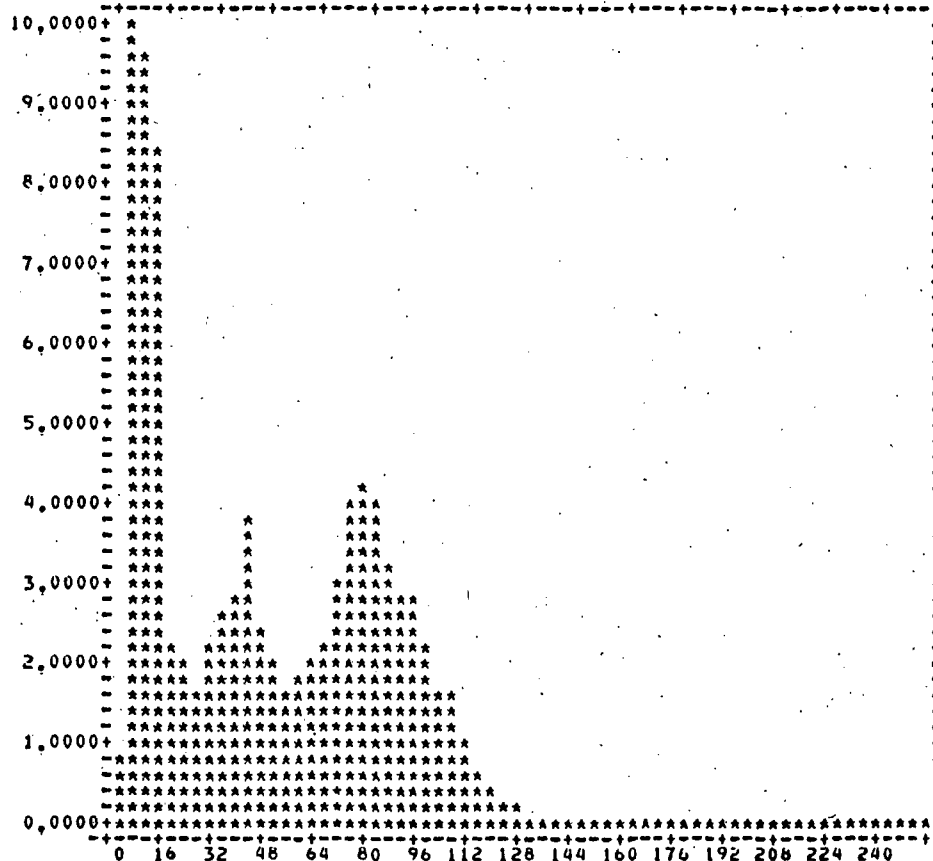


 * MULTISPEKTAL ANALYSE *
 ----- H I S T O G R A M *
 * ROC-1978-SIMBA *
 * SYSTEM * IDENTIFIKATION *
 * RASMUSSEN/FOLVING * MAUINYA *

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

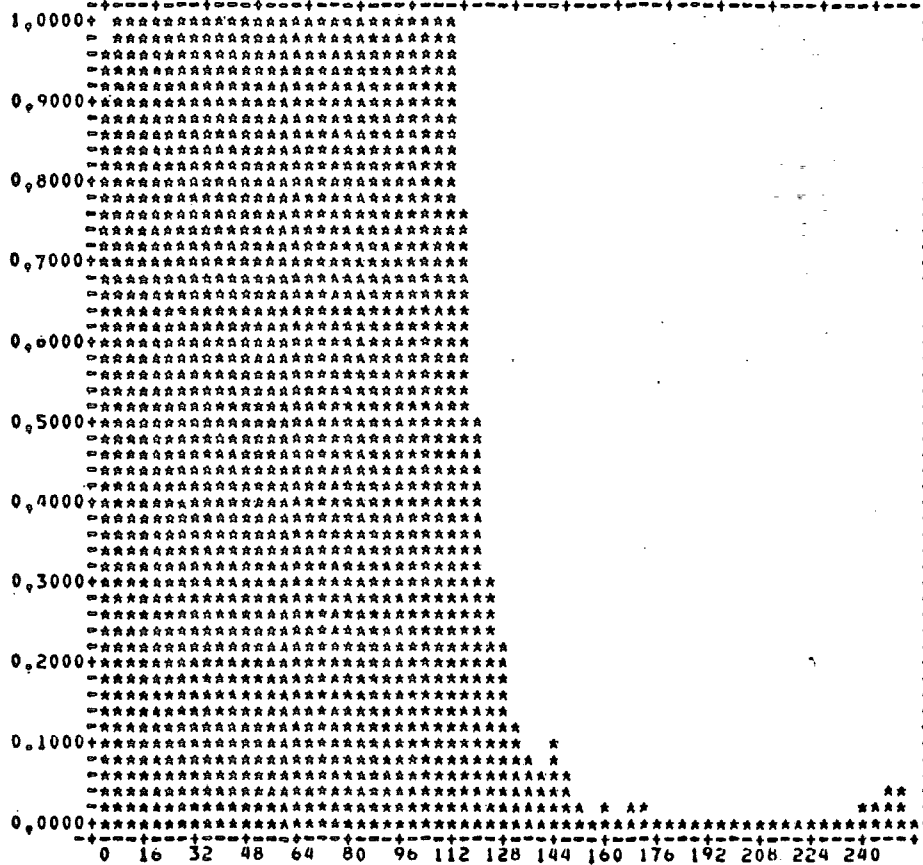


```

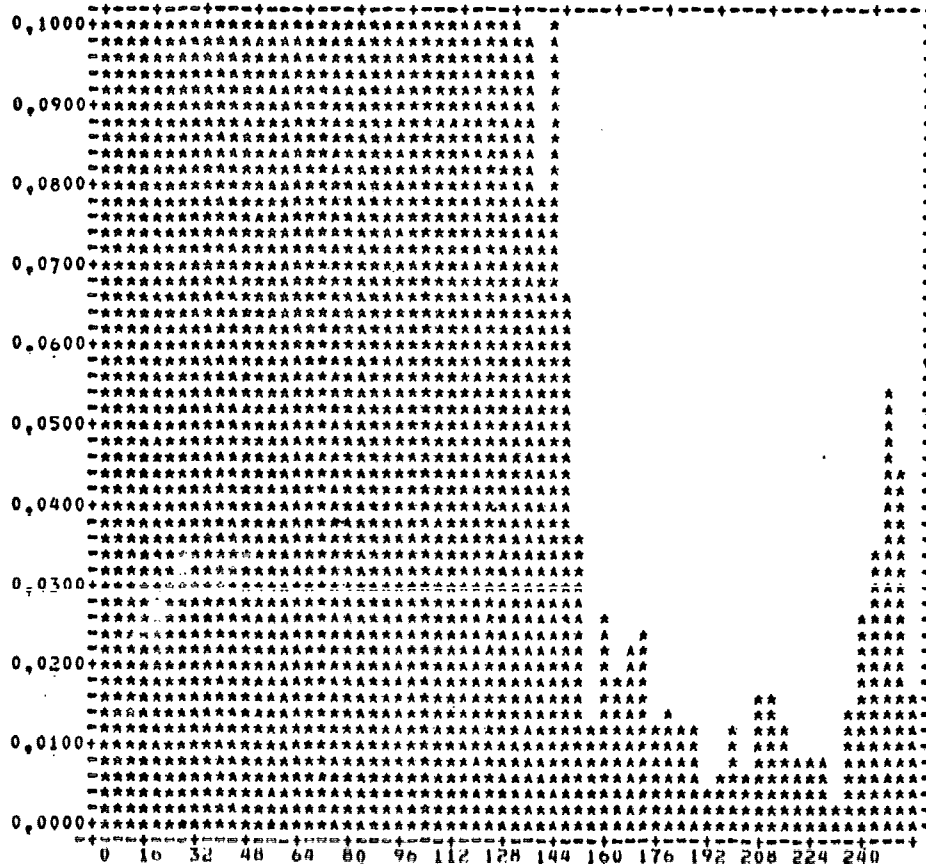
*****
* MULTISPEKTIPAL ANALYSE *
* .....ROE-1875-SIMBA..... *          H I S T O G R A M
*          SYSTEM          *          IDENTIFIKATION
* RASMUSSEN/FULVING * MAULNYA
*****

```

GRAATONERNES FUREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FUREKUMST I PROCENT

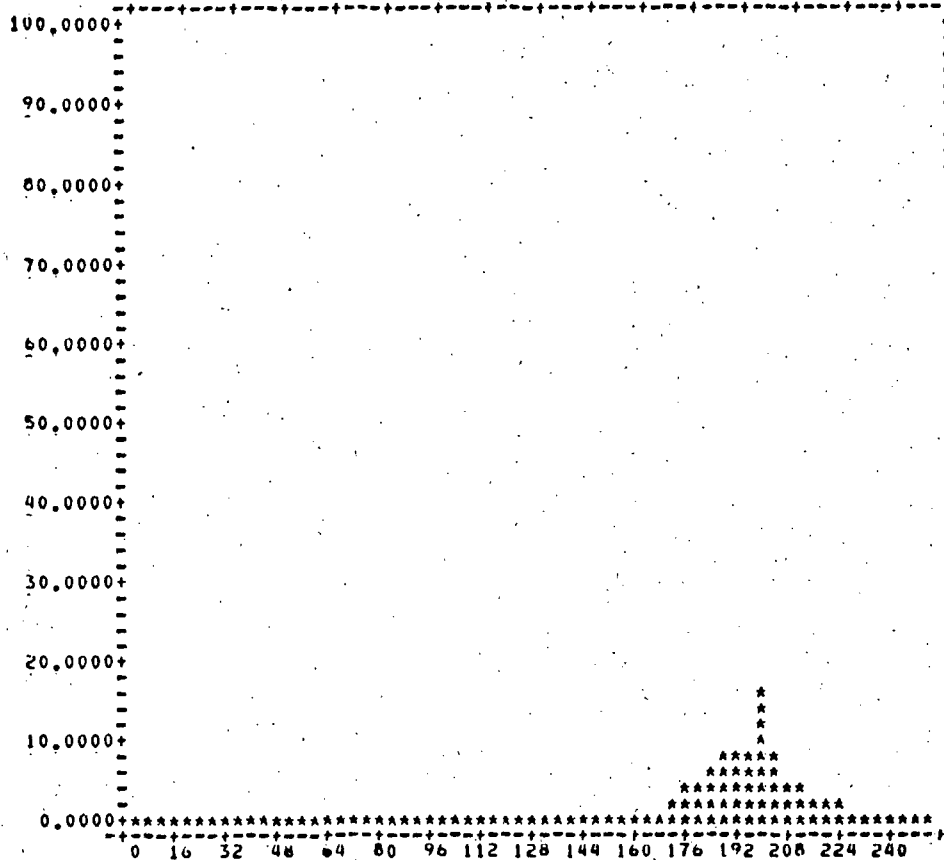


```

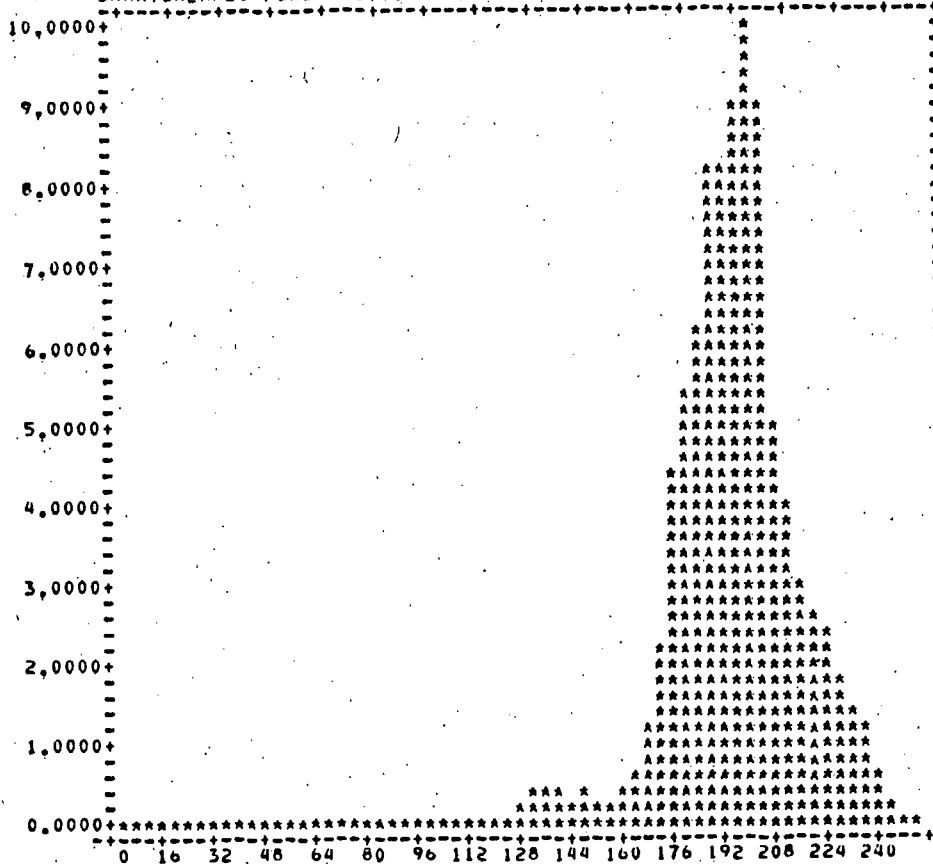
*****
* MULTISPEKTRAL ANALYSE *
*-----RUC-1878-S148A-----* H I S T O G R A M
*          SYSTEM          * IDENTIFIKATION
* RASHUSSEN/FOLVING * H*UZNYA
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

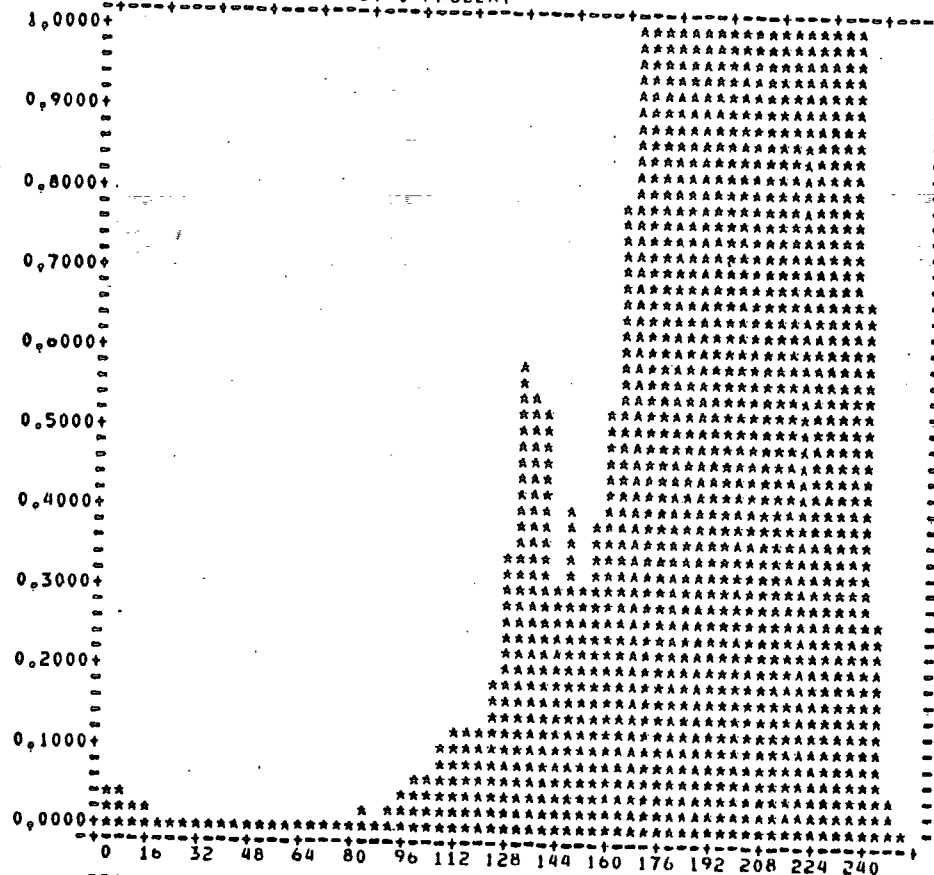


GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

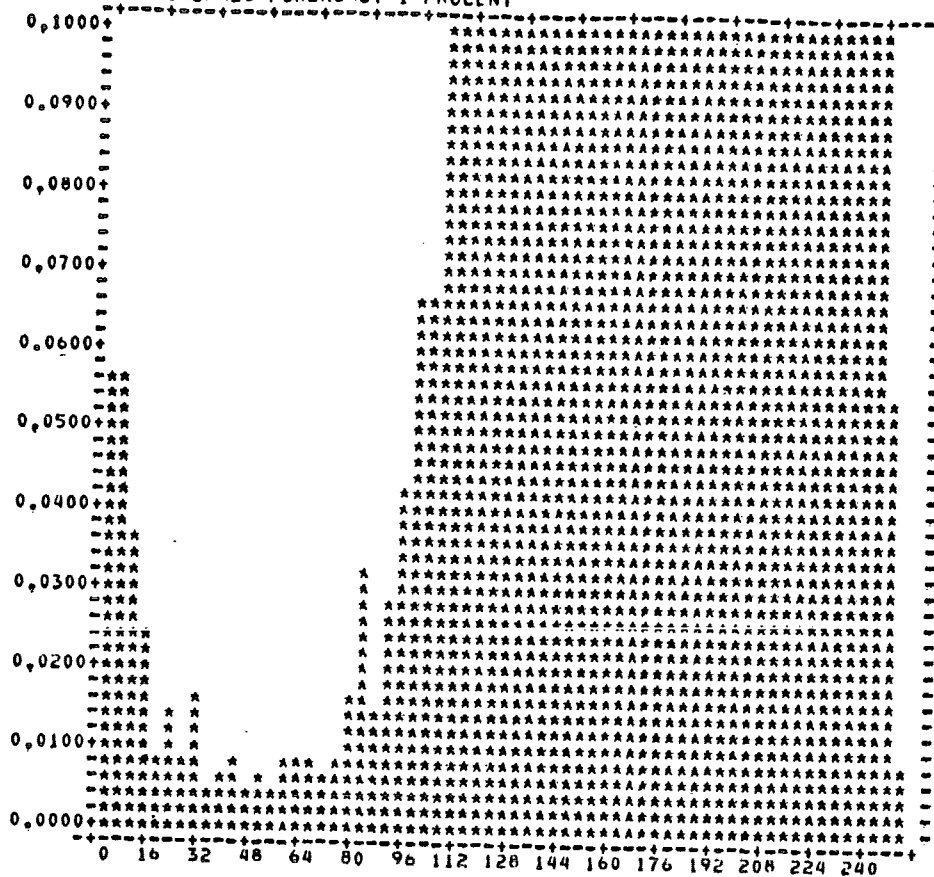


 MULTISPEKTAL ANALYSE *****
 *** ROC-1898-SJ-BA ***** HISTOGRAM
 SYSTEM IDENTIFICATION *****
 RASHUSSEN/FOLVING * HAUZNYA *

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

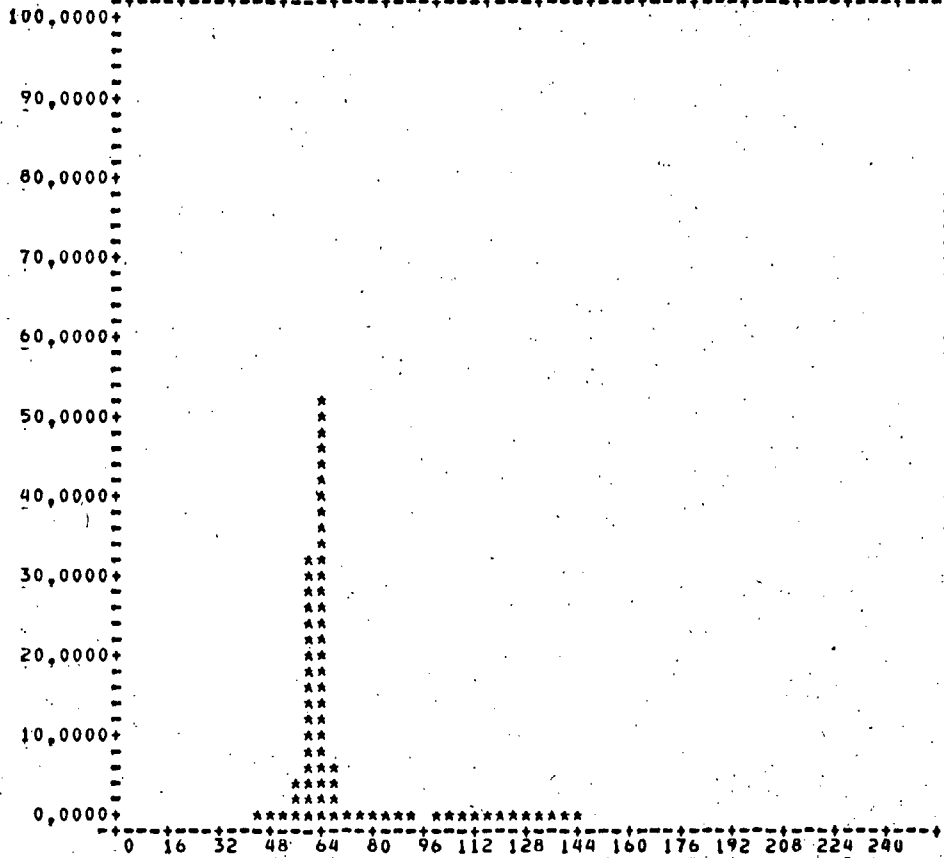


```

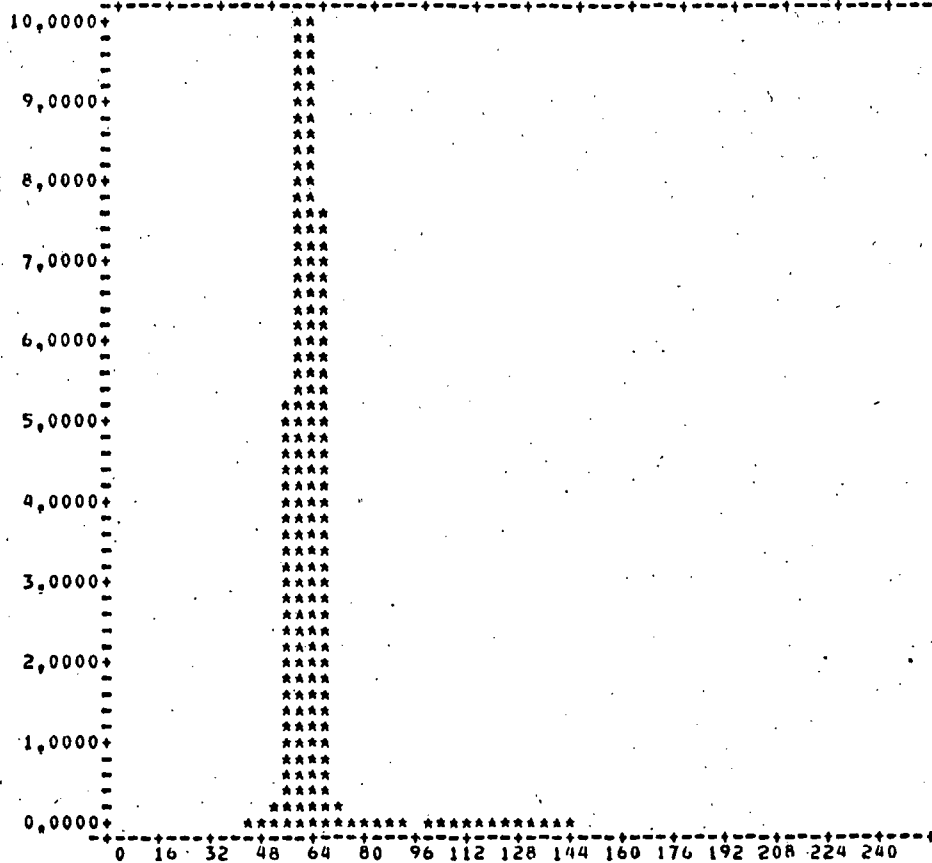
*****MULTISPEKTRAL ANALYSE*****
*****RUC-1878-SIMHA*****          H I S T O G R A M
*****SYSTEM*****
*****RASMUSSEN/FOLVING ***** HAUZNY IDENTIFIKATION*****
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

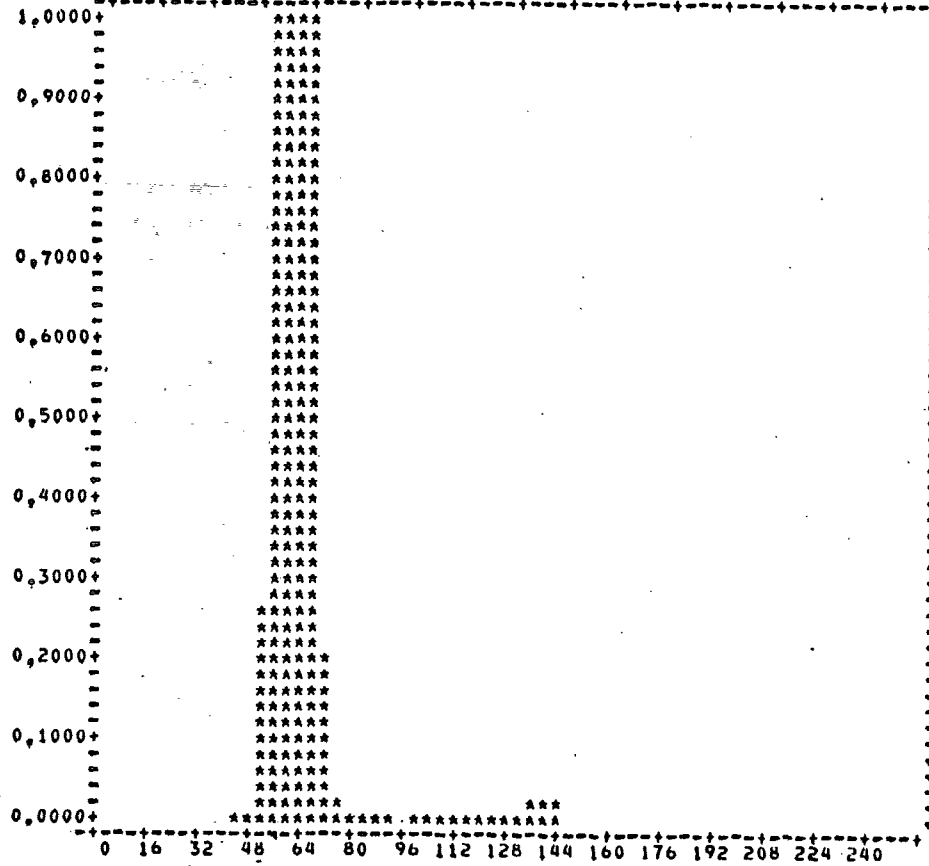


```

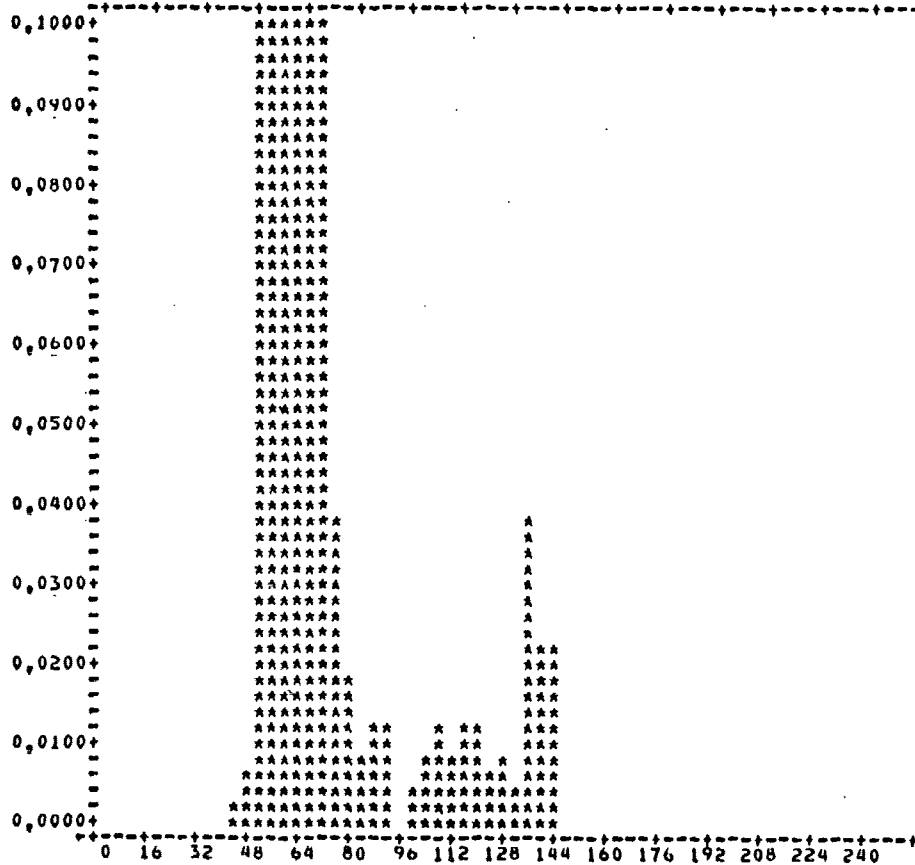
*****MULTISPEKTRAL ANALYSE*****
*-----ROC-1978-SIMBA-----*      H I S T O G R A M
*-----SYSTEM-----*      IDENTIFICATION
* RASMUSSEN/FOLVING * H*U3NY
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

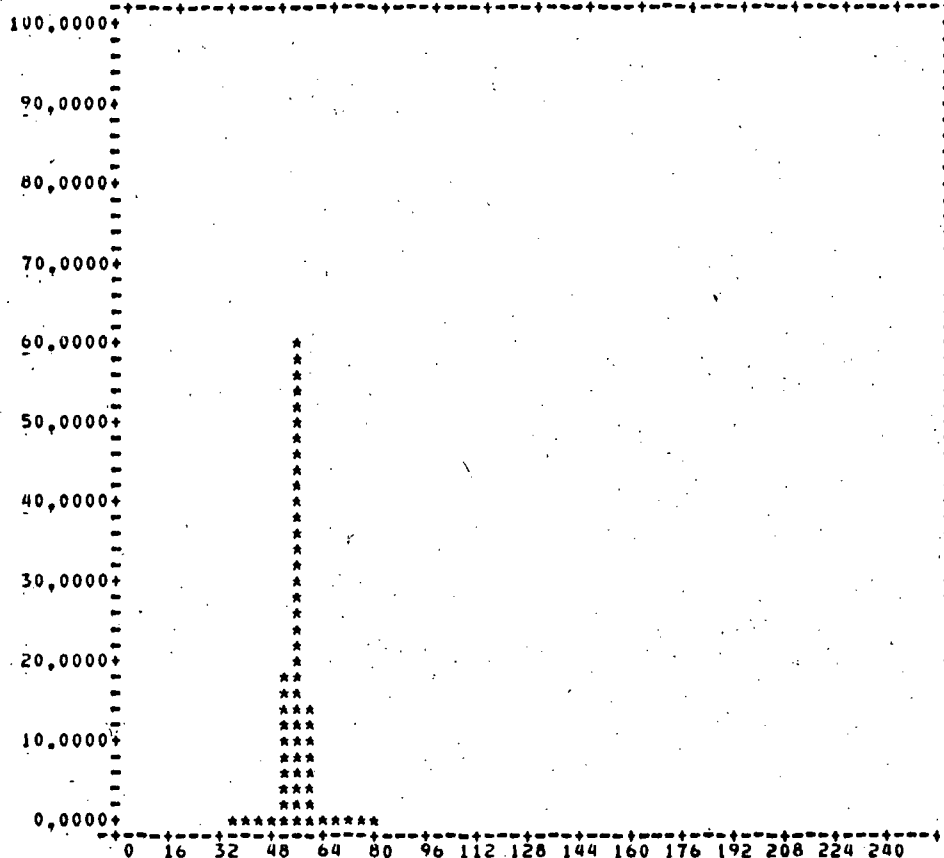


```

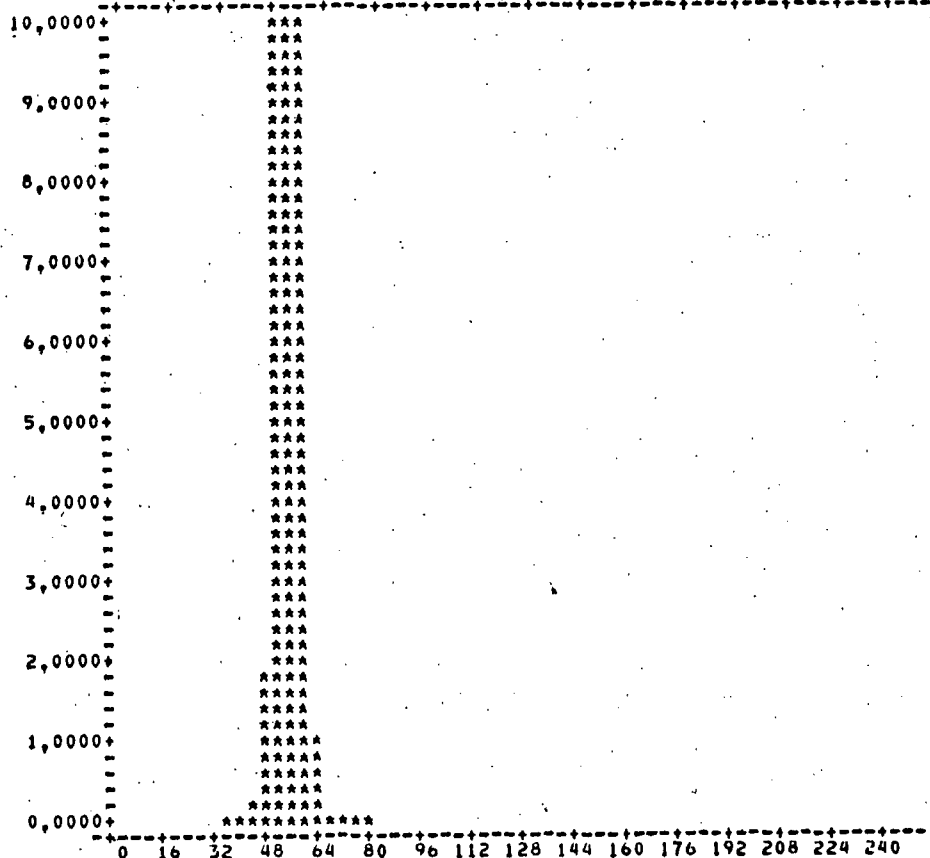
*****
* MULTISPEKTRAL ANALYSE *
* ROC-1878-SIABA *
* SYSTEM *
* RASHUSSEN/FOLVING *
*****
* H I S T O G R A M
* IDENTIFIKATION
* HAU4NY
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

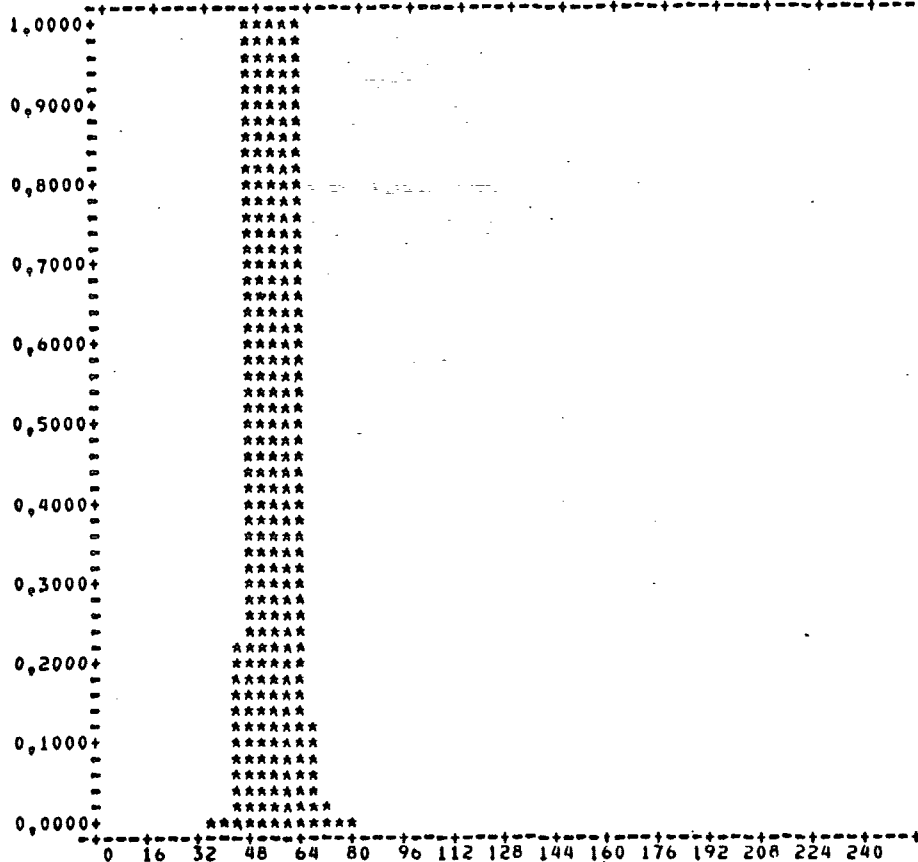


 * MULTISPEKTRAL ANALYSE *
RUC-1978-SINBA.....
 * SYSTEM *
 * RASMUSSEN/FOLVING *
 *.....H*U4NY.....*

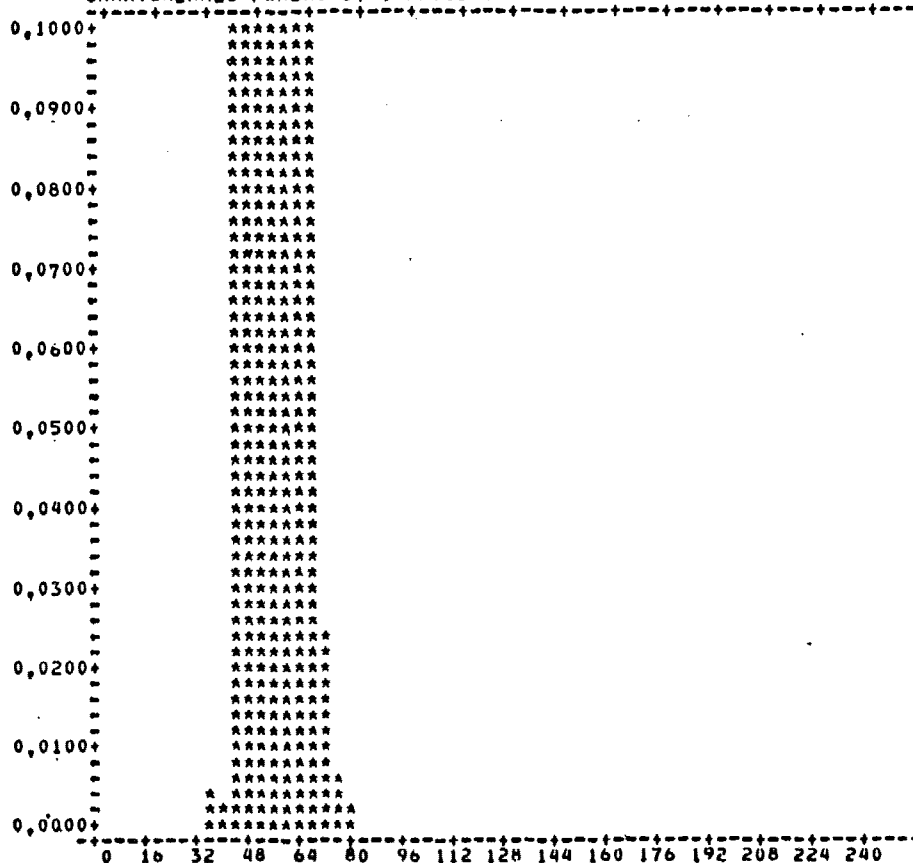
HISTOGRAM

IDENTIFIKATION

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



Danmarksbilledet

Nedenfor ses kopi af dataudskrift fra principalkomponentanalysen vedrørende Danmarksbilledet.

Øverst ses gennemsnitsværdierne for de fire oprindelige kanaler.

Dernæst følger dispersionsmatricen og korrelationsmatricen.

Nederst ses egenvektorer og egenværdier.

GNS(4)	45.34
GNS(5)	46.10
GNS(6)	60.21
GNS(7)	53.26

	DISPMAT			
KANAL(4)	239.91			
KANAL(5)	357.94	575.43		
KANAL(6)	409.41	652.88	1740.86	
KANAL(7)	361.82	568.15	1853.16	2044.64
	KANAL(4)	KANAL(5)	KANAL(6)	KANAL(7)

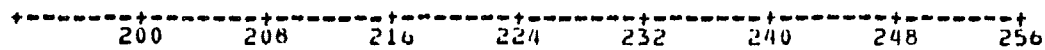
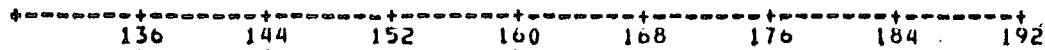
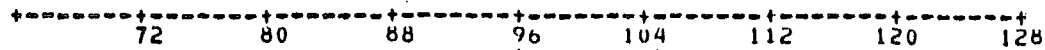
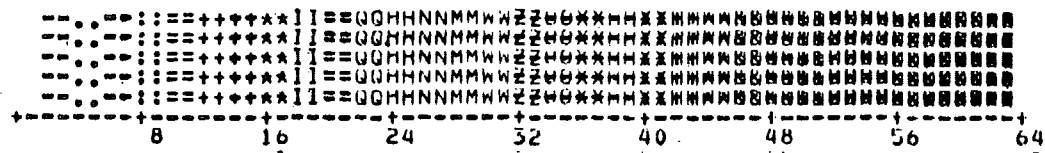
SPUR	4600.84			
	KORREL			
KANAL(4)	1.0000			
KANAL(5)	0.9634	1.0000		
KANAL(6)	0.6335	0.6523	1.0000	
KANAL(7)	0.5166	0.5238	0.4823	1.0000
	KANAL(4)	KANAL(5)	KANAL(6)	KANAL(7)

	EGENVEKT			
EVNAVNE	EV(1)	EV(2)	EV(3)	EV(4)
	0.1591	-0.4998	0.7484	0.4060
	0.2516	-0.7862	-0.3302	-0.4578
	0.6529	0.0393	-0.4446	0.6120
	0.6965	0.3613	0.3650	-0.5010

	EGENVAER			
EVNAVNE	EV(1)	EV(2)	EV(3)	EV(4)
	4069.39	509.26	15.22	6.96

Symbolfordeling ved gråtoneskala (0 til 63)

VED UDTEGNINGEN BENYTTES FØLGENDE SYMBOLFORDDELING:

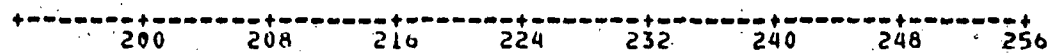
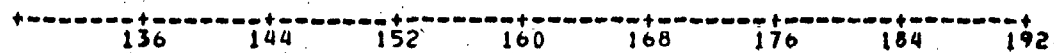
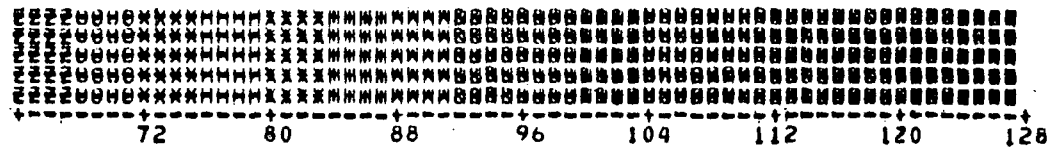
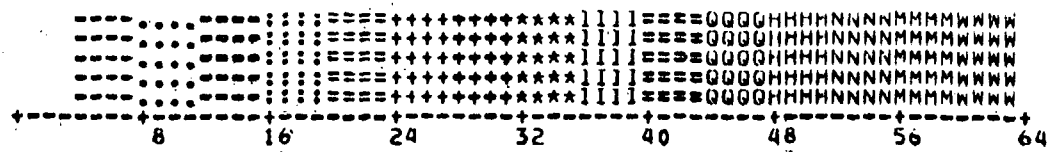


Det ses f.eks., at reflektionsværdier på 0 og 1 'ikke' får tildelt noget symbol, derfor hvid 'farve' på billedet. Værdier over 63 får heller 'ikke' noget symbol og bliver derfor også hvide.

Værdier på 38-39 får tildelt symbolet H(det mørkeste).

Symbolfordeling ved gråtoneskala (0 til 127)

VED UDTEGNINGEN BENYTTES FØLGENDE SYMBOLFORDDELING:



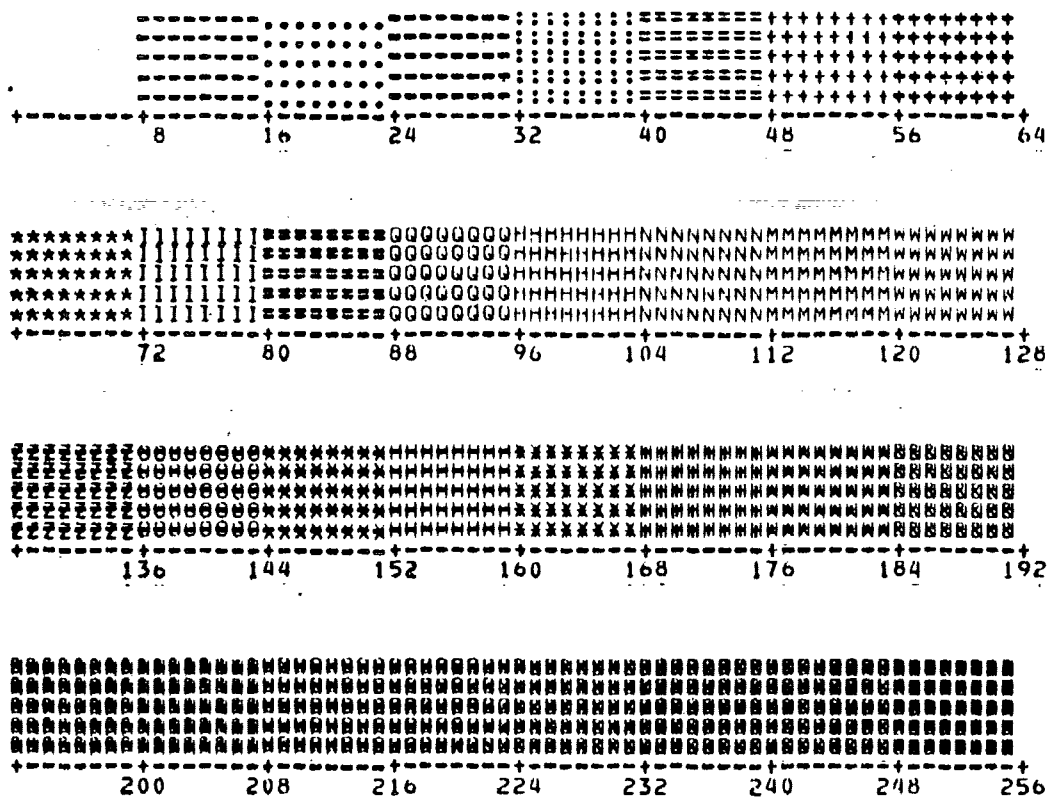
Her får værdier fra 0 til 3 'intet' symbol.

Det samme gælder værdier over 127.

Denne gang betyder symbolet H værdier fra 76-79.

Symbolfordeling ved gråtoneskala (0 til 255)

VED UDTEGNINGEN BENYTTES FØLGENDE SYMBOLFORDELING:



Værdier fra 0-7 får her 'intet' symbol og vil altså optæde som hvidt på billedet.

Det samme gælder værdier over 255.

Denne gang betyder symbolet H værdier fra 152-159.

Grønlands-billedet

Dette billede stammer som tidligere nævnt fra et område omkring Søndre Strømfjord.

Optagelsen stammer fra sommerhalvåret.

Det billede, der svarer bedst til virkeligheden er PCA-kanalbillede 2 (256).

Området er et klippeområde med søer, spredt vegetation især på nordsiderne af klipperne og i dalene.

Nederst i højre hjørne ses en smeltevandsflod med meget suspenderet materiale, derfor lysere gråtone end søerne.

Men som sagt er billedet i store dele dækket af skyer og præget af tekniske fejl.

Billeder over hele området (185 km X 185 km) findes i geofagsalen på RUC.

Kanalbillede 4 (64) viser tydeligt smeltevandsløbet i nederste højre hjørne, men ellers er der ikke meget på billedet, der svarer til virkligheden.

Øverste halvdel skulle have vist søer (se billede PCA-kanal 2 (256)). Desuden findes i virkeligheden søer i nederste venstre hjørne (se ligeledes PCA-kanal 2 (256)).

Nu følger billeder fra området omkring Søndre Strømfjord, uden yderligere kommentarer samt histogrammer m.v.

Denne side er 'blank' af tekniske hensyn.

Søndre Strømfjord

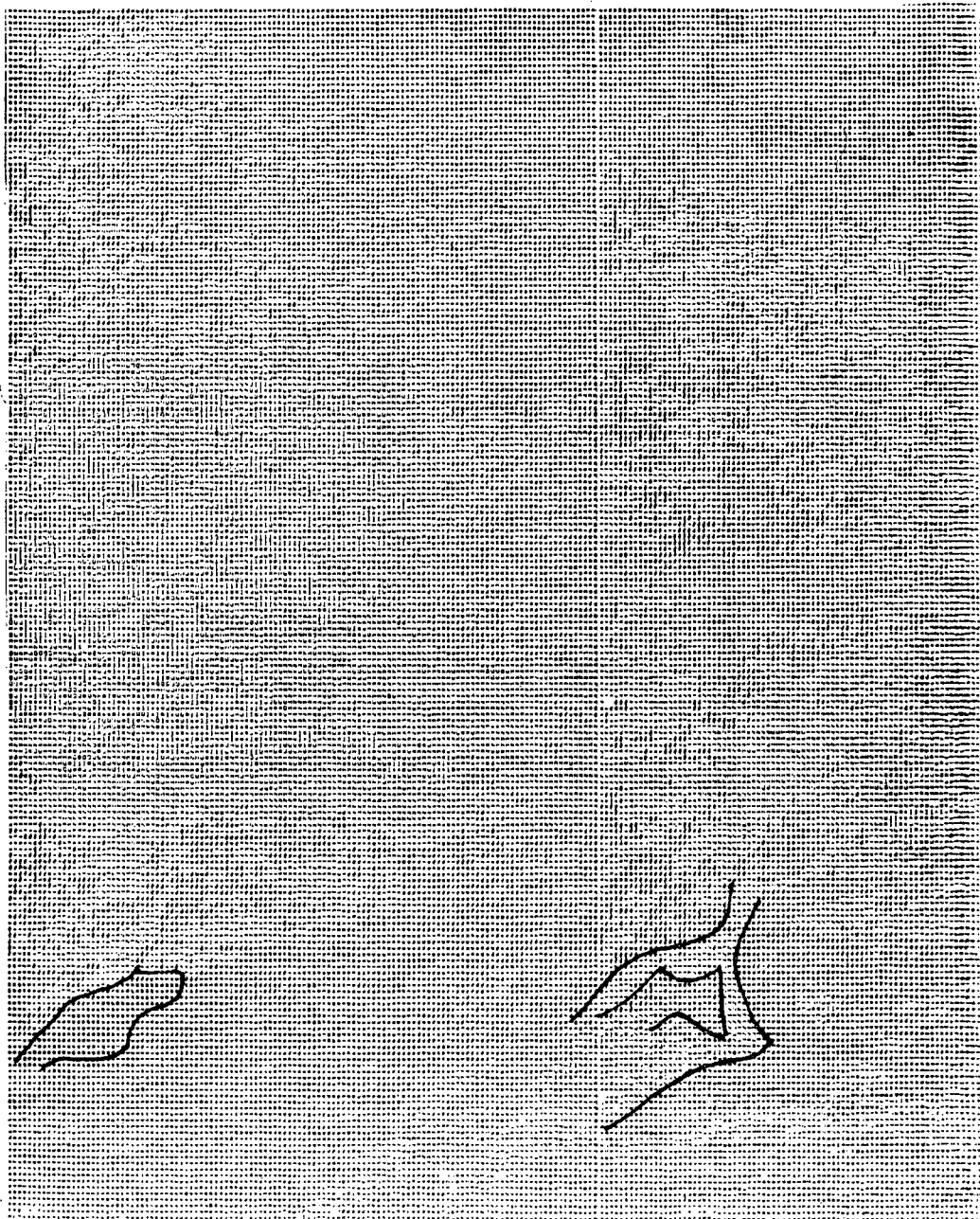
Kanal 4 (64)



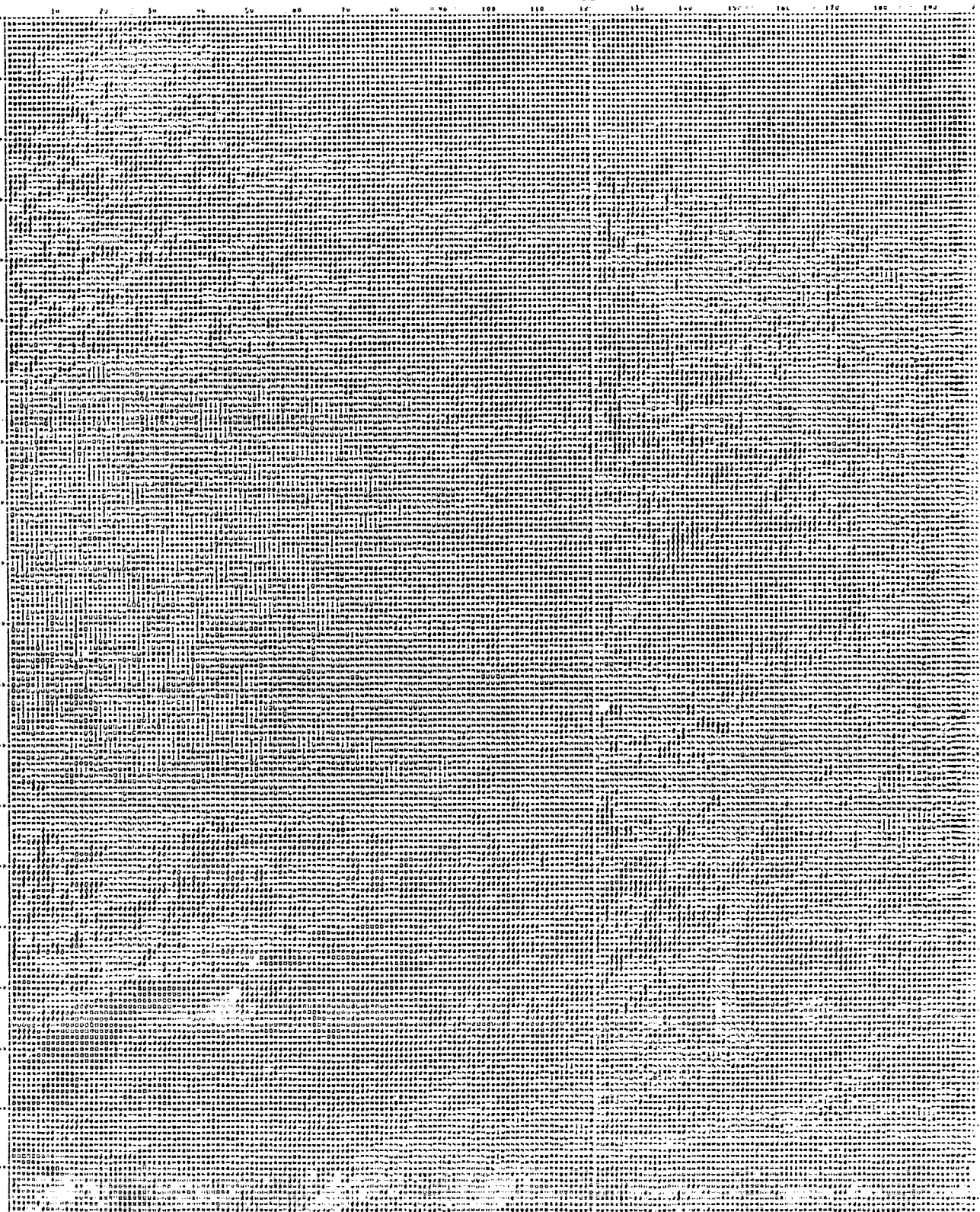
Søndre Strømfjord

Kanal 4 (64)

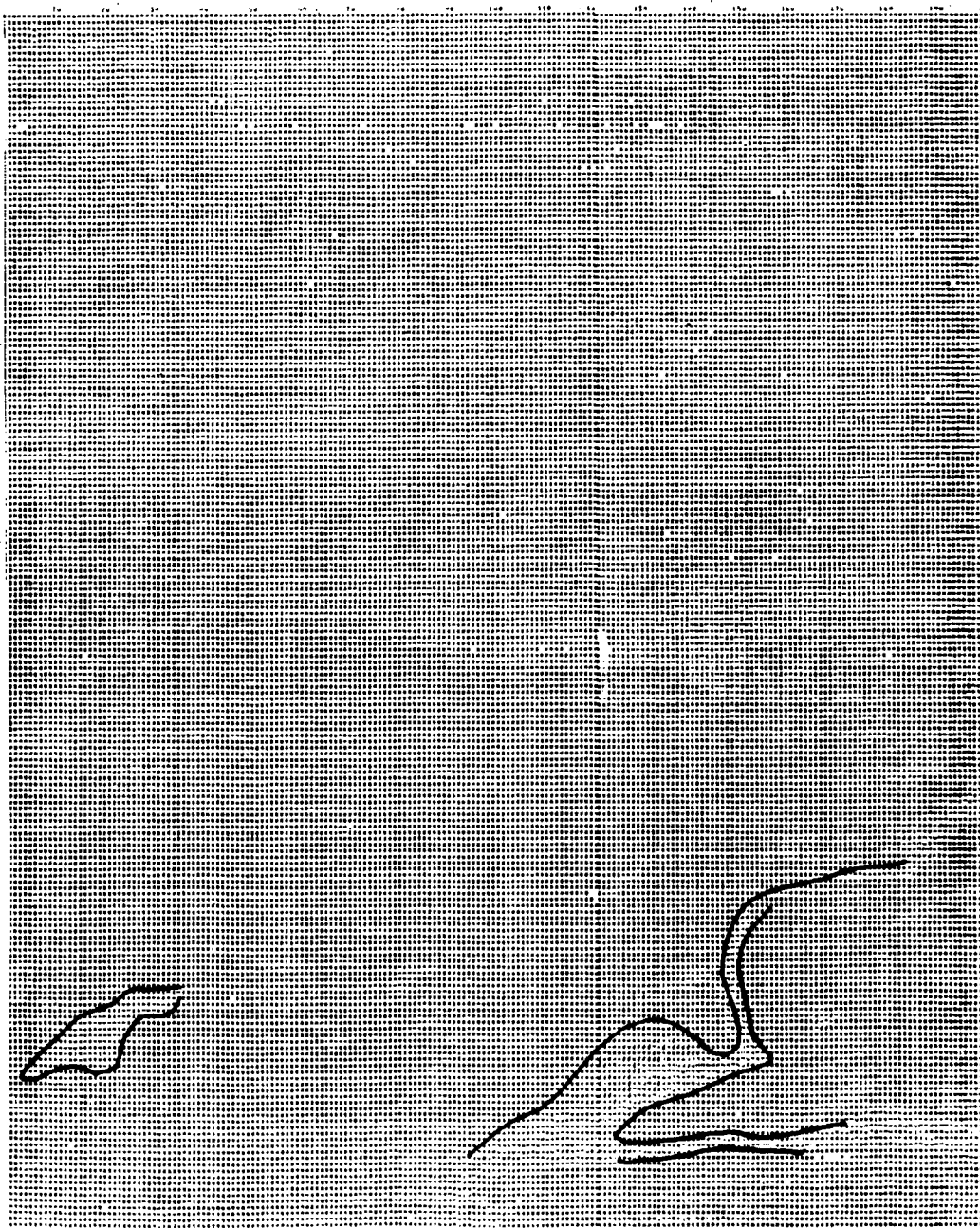
Søndre Strømfjord PCA-Kanal 1 (256)



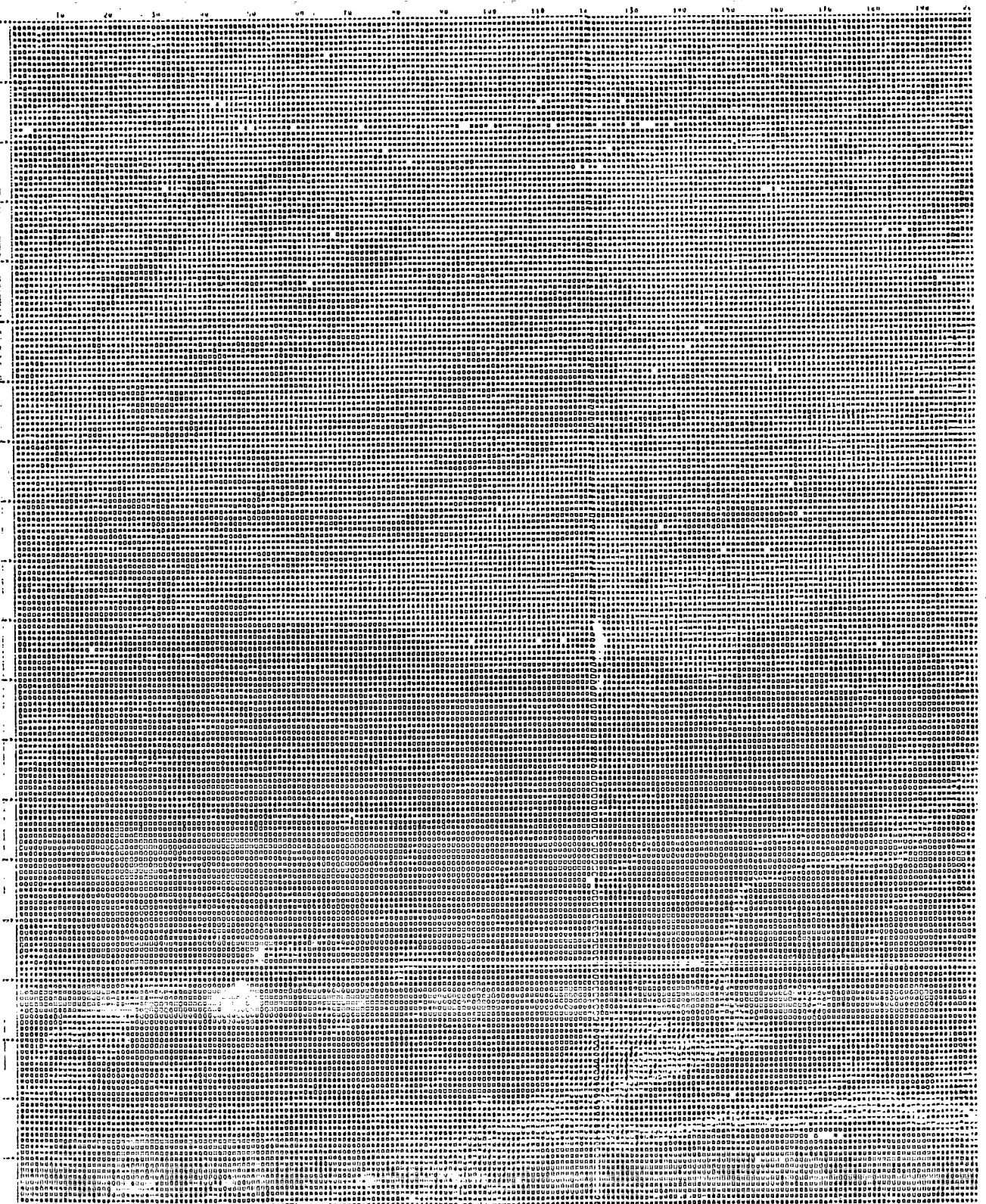
Søndre Strømfjord PCA-Kanal 1 (256)



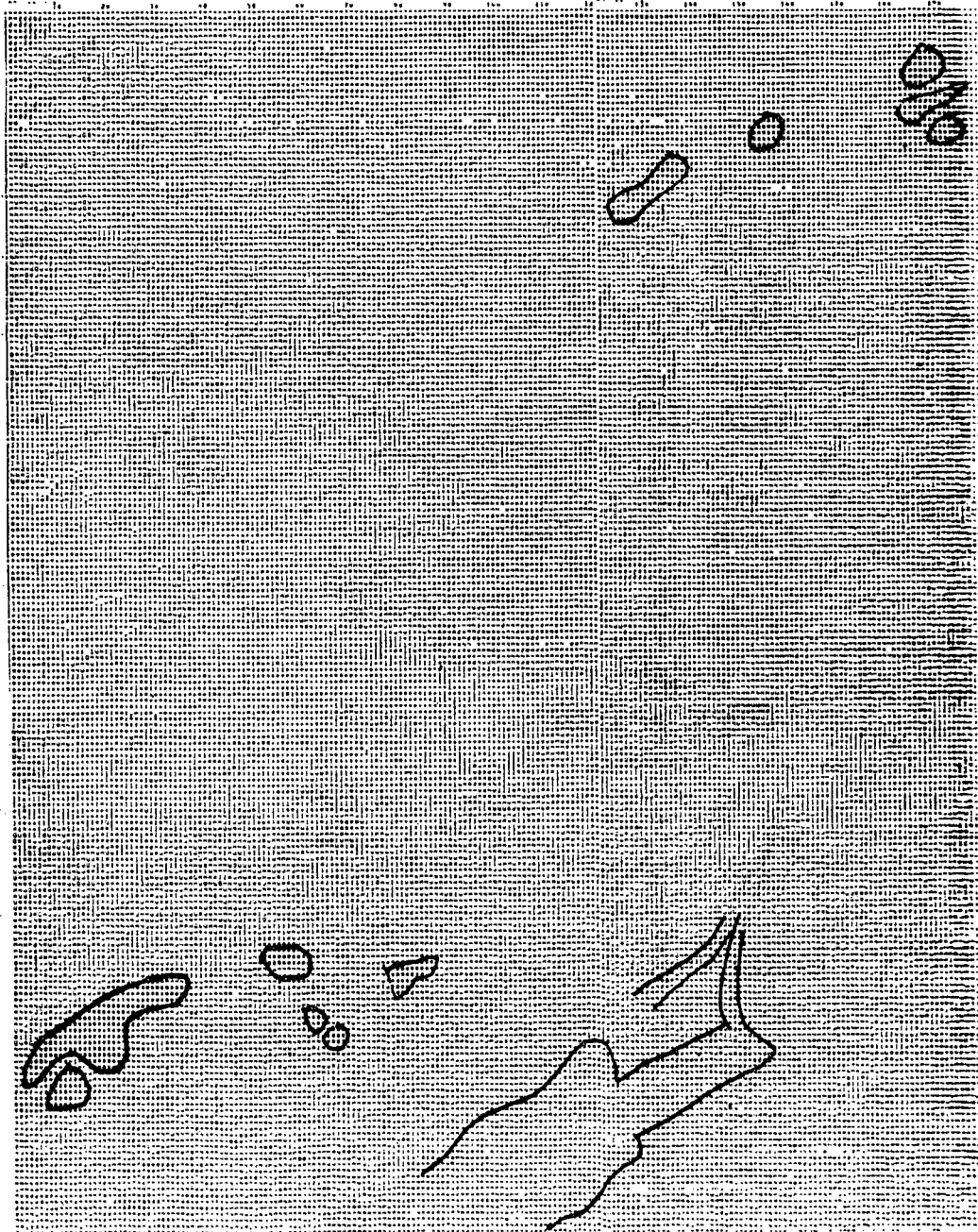
Søndre Stromfjord

PCA-Kanal 2 (128)
(negativ)

Sondre Stromfjord

PCA-Kanal 2 (128)
(negativ)

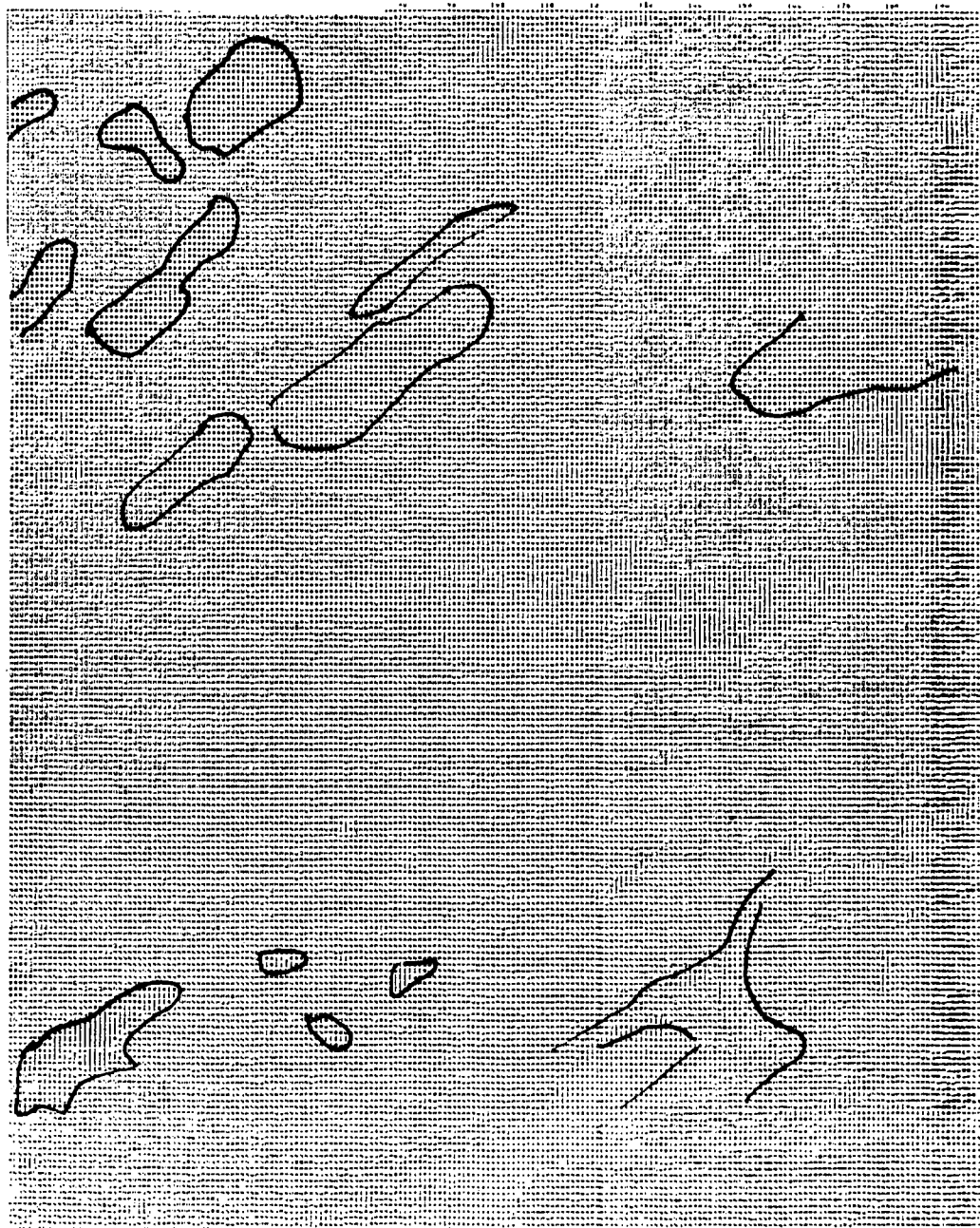
Søndre Strømfjord PCA-Kanal 2 (128)



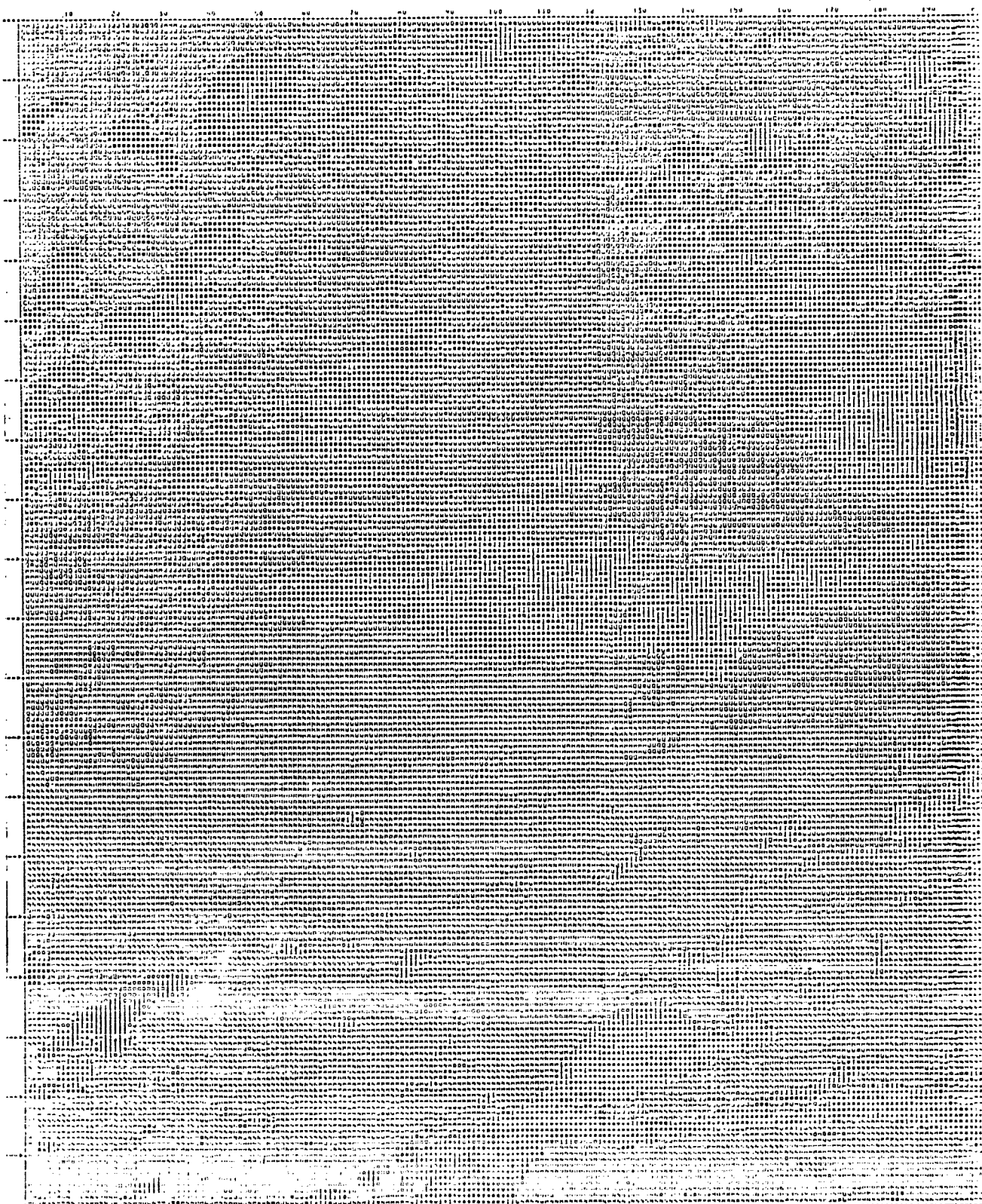
Søndre Strømfjord PCA-Kanal 2 (128)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Søndre Strømfjord PCA-Kanal 2 (256)



Søndre Strømfjord PCA-Kanal 2 (256)

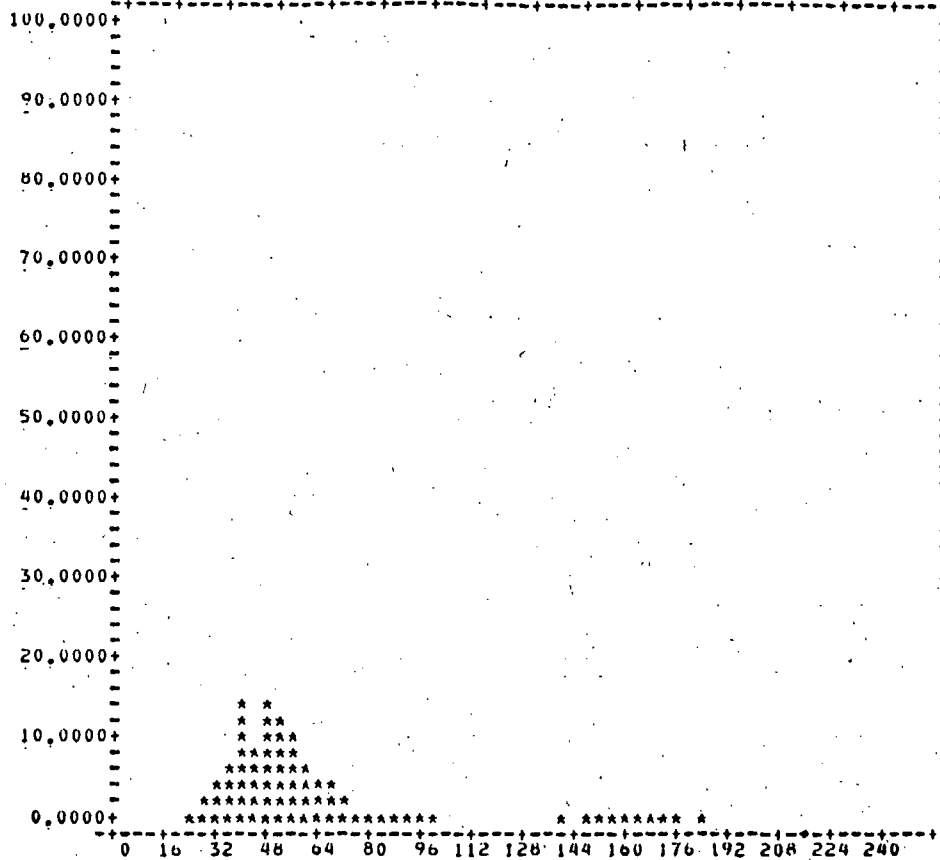


```

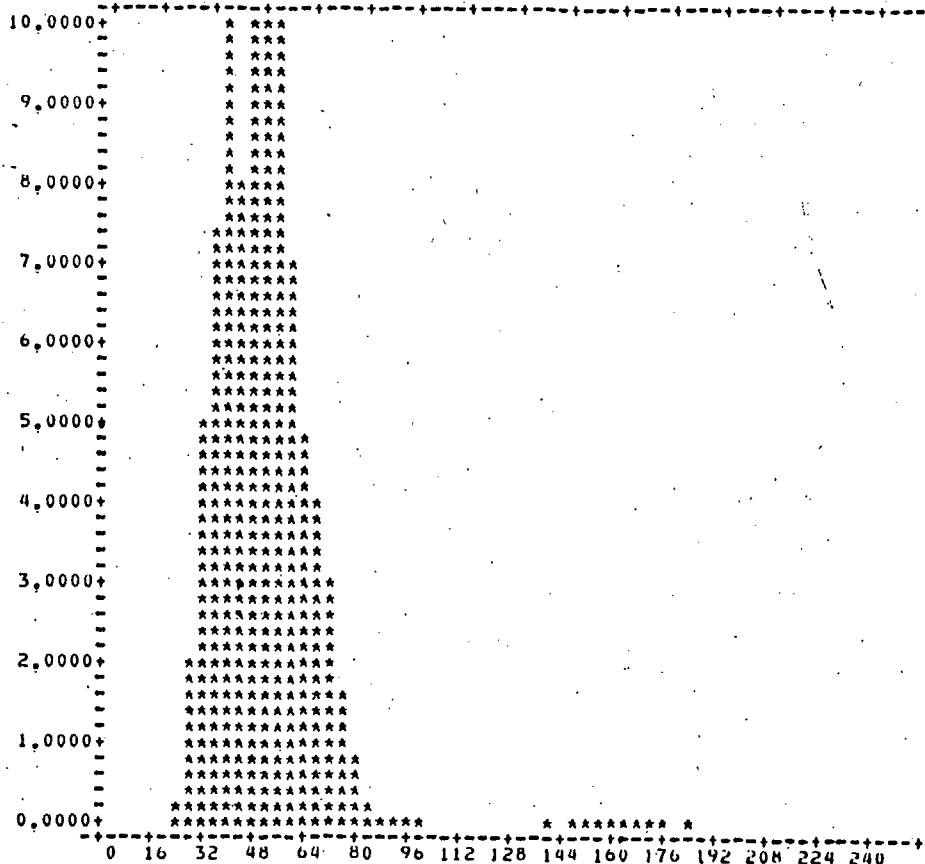
*****
* MULTISPEKTRAL ANALYSE *      * HISTOGRAM *
* RUC-1670-SIRBA *          * IDENTIFIKATION *
* SYSTEM *          * SDR-SIR4 *
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

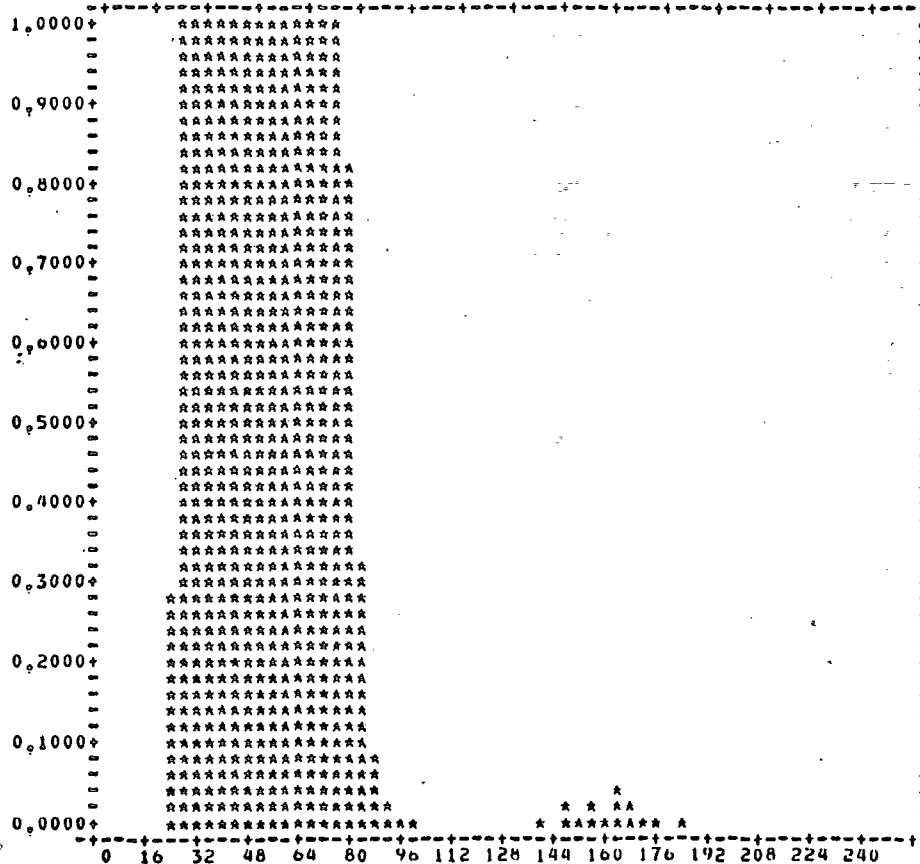


```

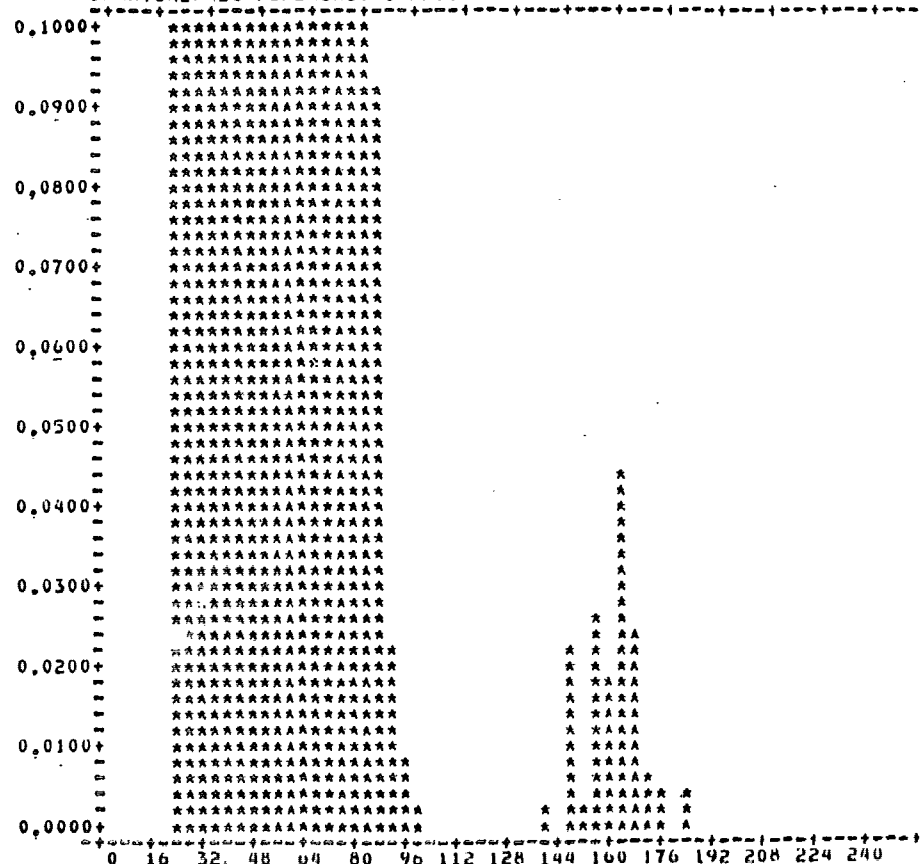
*****
* MULTISPEKTAL ANALYSE *
* ----ROC=1478-31MBA----- *
* SYSTEM *
* RASMUSSEN/FULVING *
*****
* H I S T O G R A M *
* IDENTIFIKATION *
* SCR*STR4 *
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

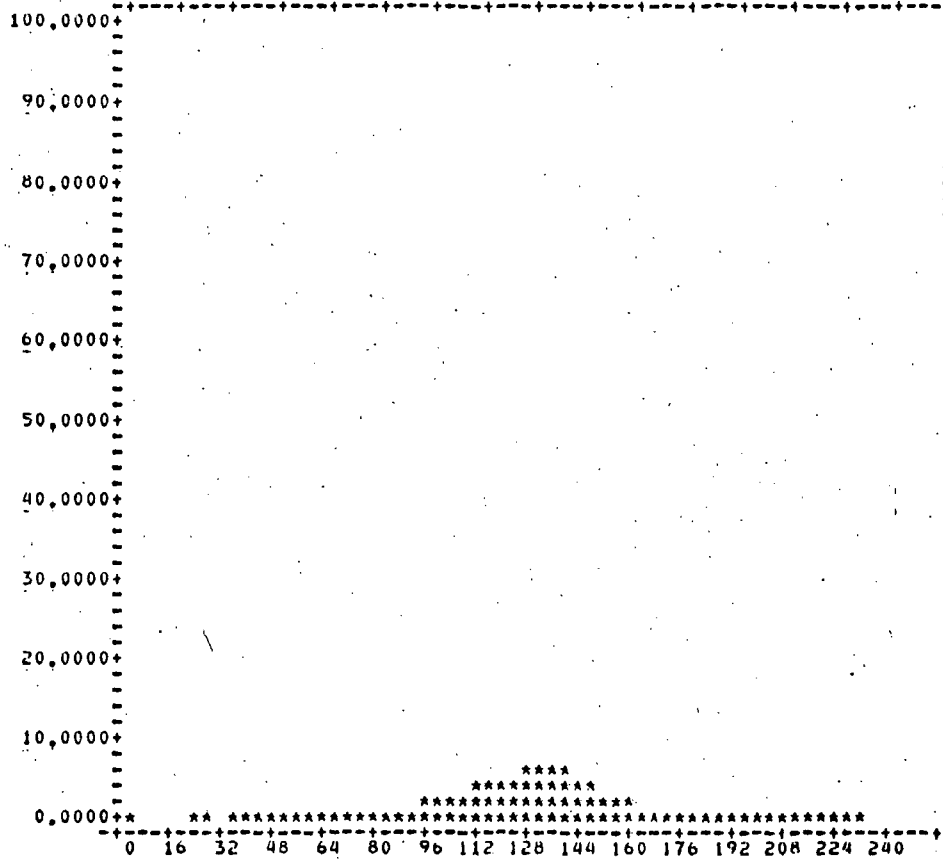


```

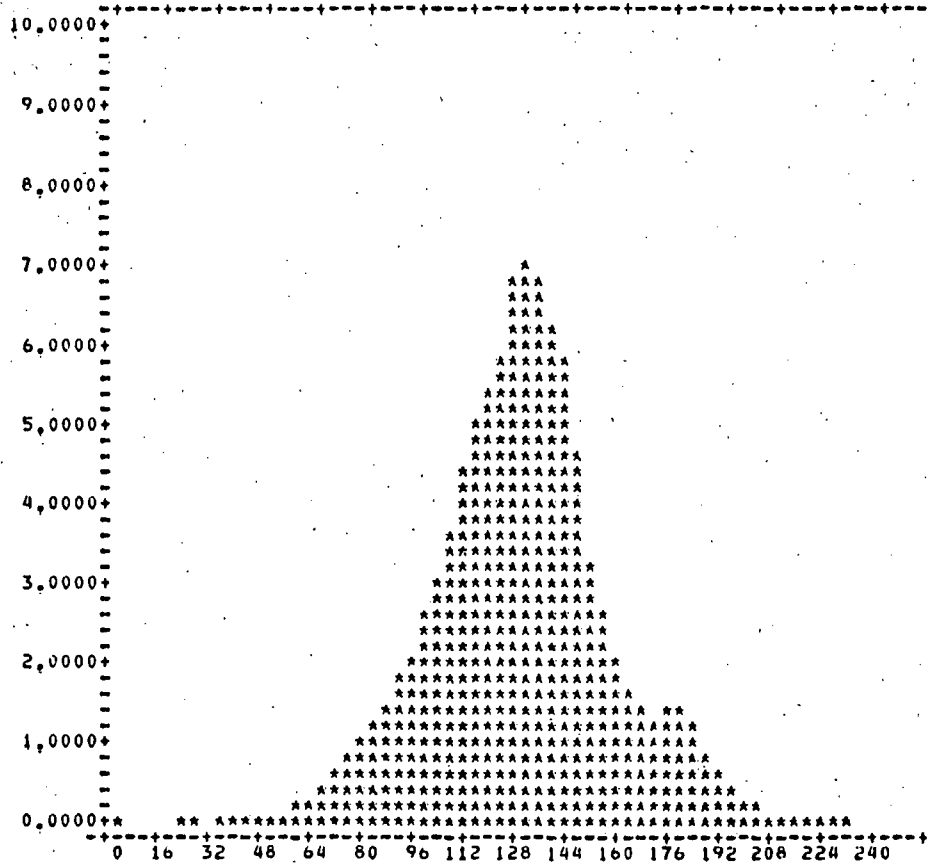
*****
* MULTISPEKTRAL ANALYSE *
* RUC-1978-SIMS *
* SYSTEM *
* RASMUSSEN/FOLVING *
*****
* HISTOGRAM *
* IDENTIFICATION *
* SORSTRANYA *
*****

```

GRAATONERNES FUREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FUREKUMST I PROCENT

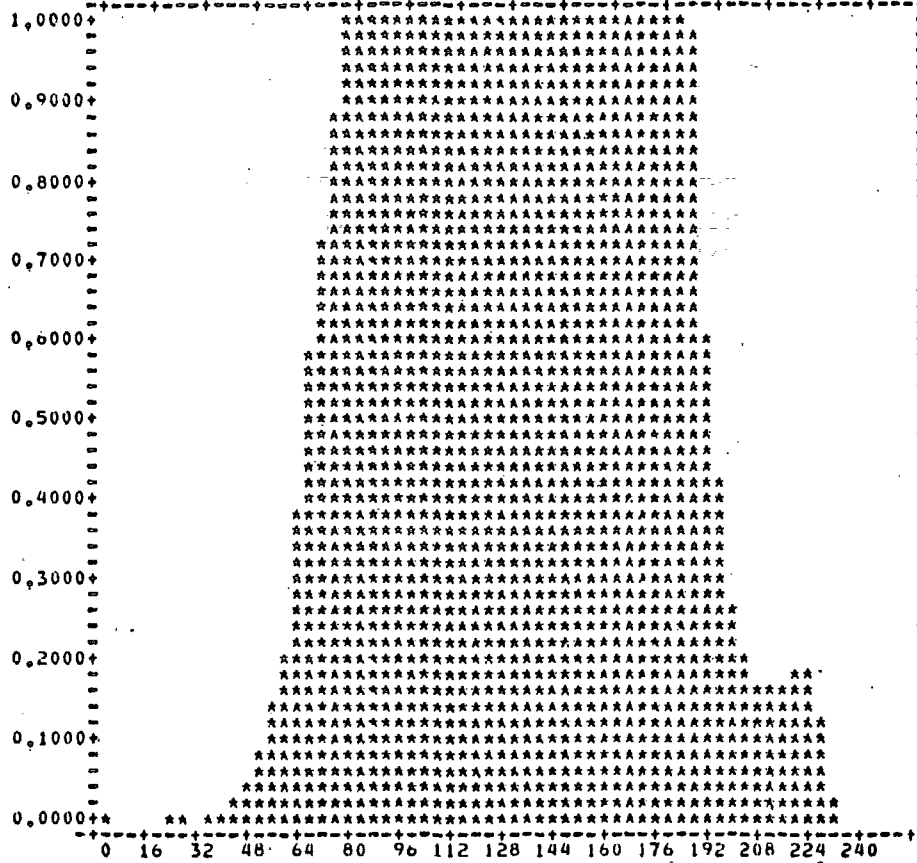


```

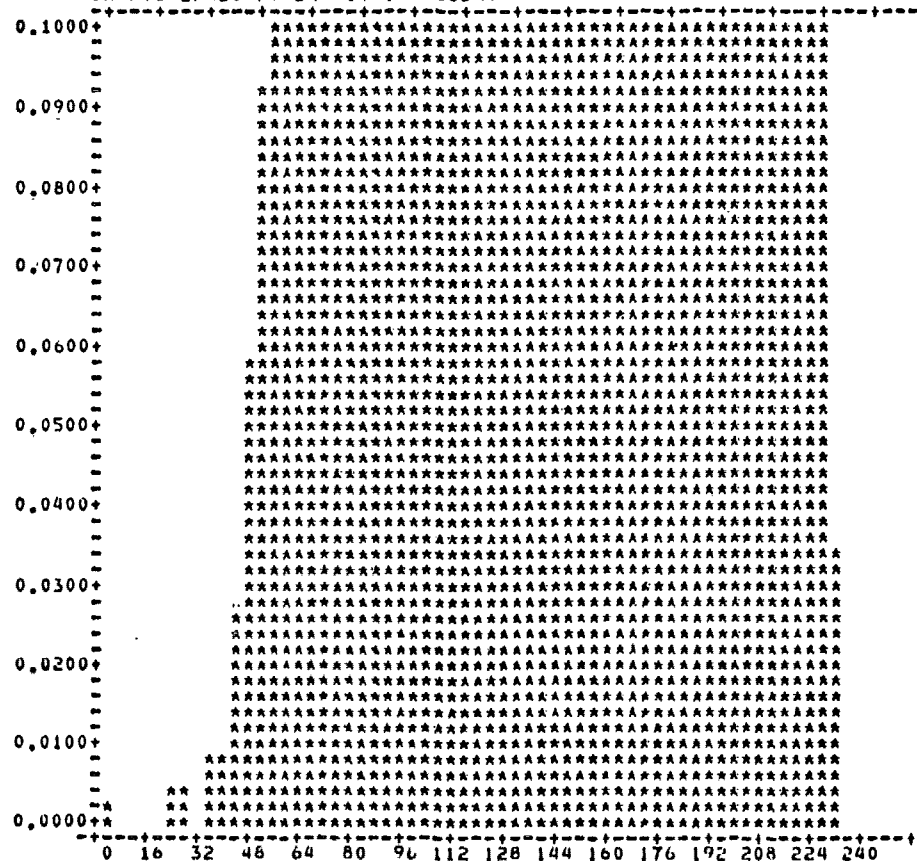
*****
* MULTISPEKTRAL ANALYSE A                               *
* .....KUC-1998-SIMBA ..... H I S T O G R A M          *
*      SYSTEM ..... IDENTIFIKAZION .....                *
* RASMUSSEN/FOLVING * SDRASTR4NYA *                      *
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

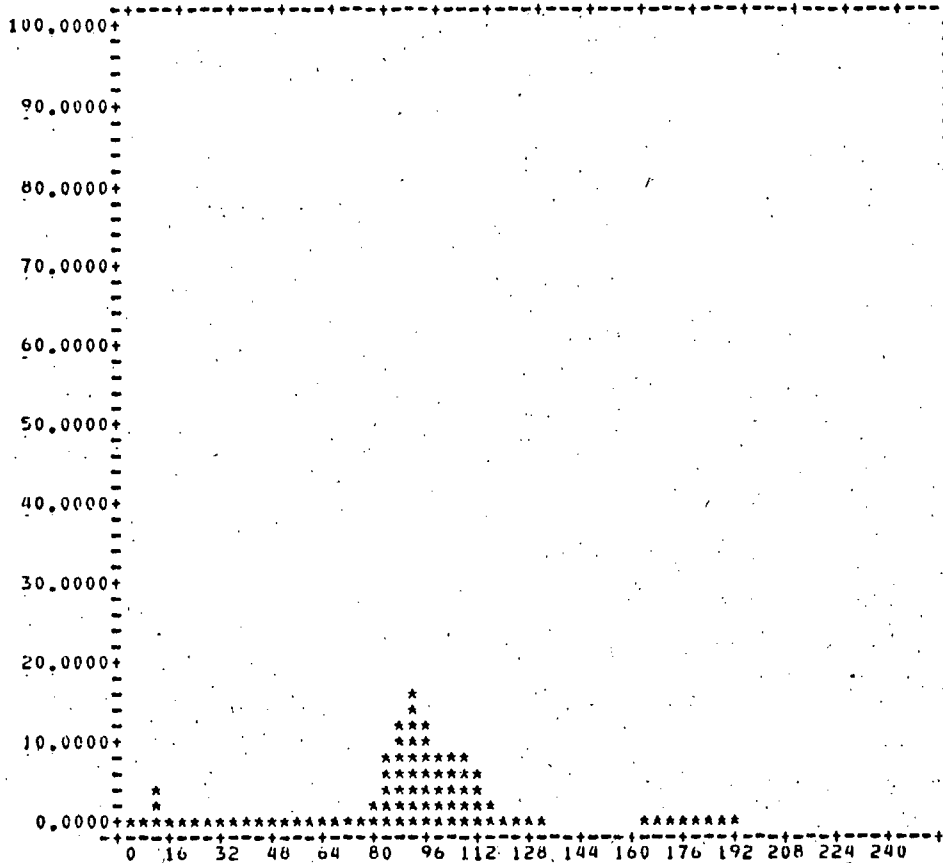


```

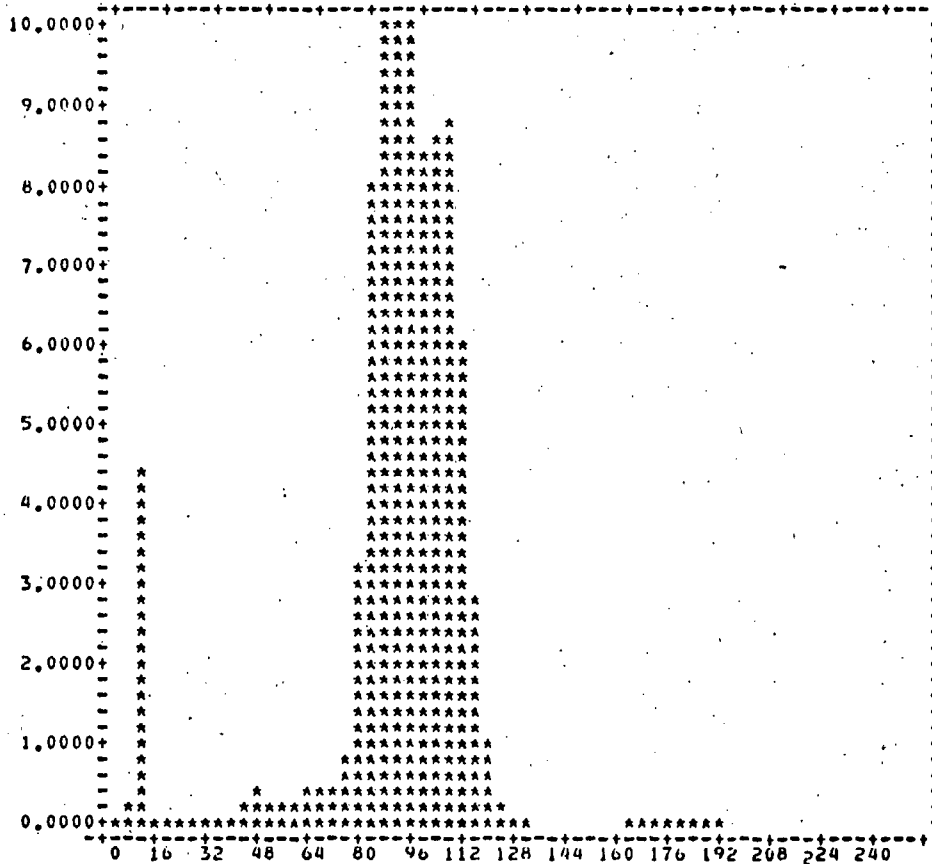
*****
* MULTISPEKTRAL ANALYSE *
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   AUC-1878-SIMBA   *-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   SYSTEM   *-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   RASMUSSEN/FOLVING *-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   SDRASTR5NYA *-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*****

```

GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FOREKUMST I PROCENT

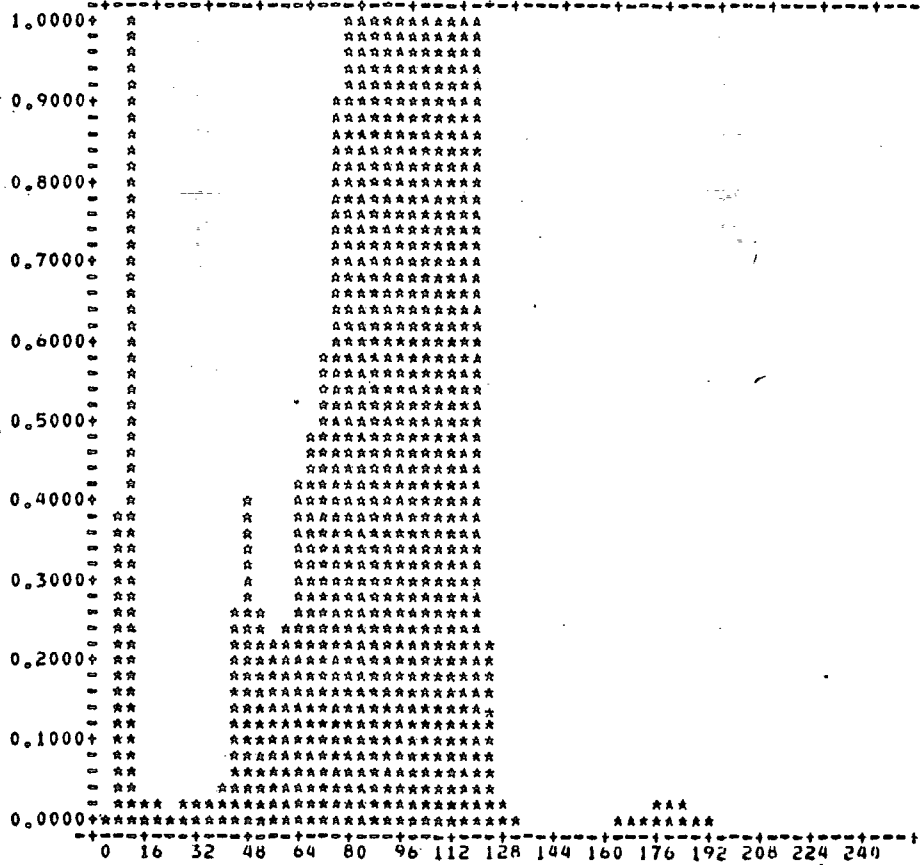


```

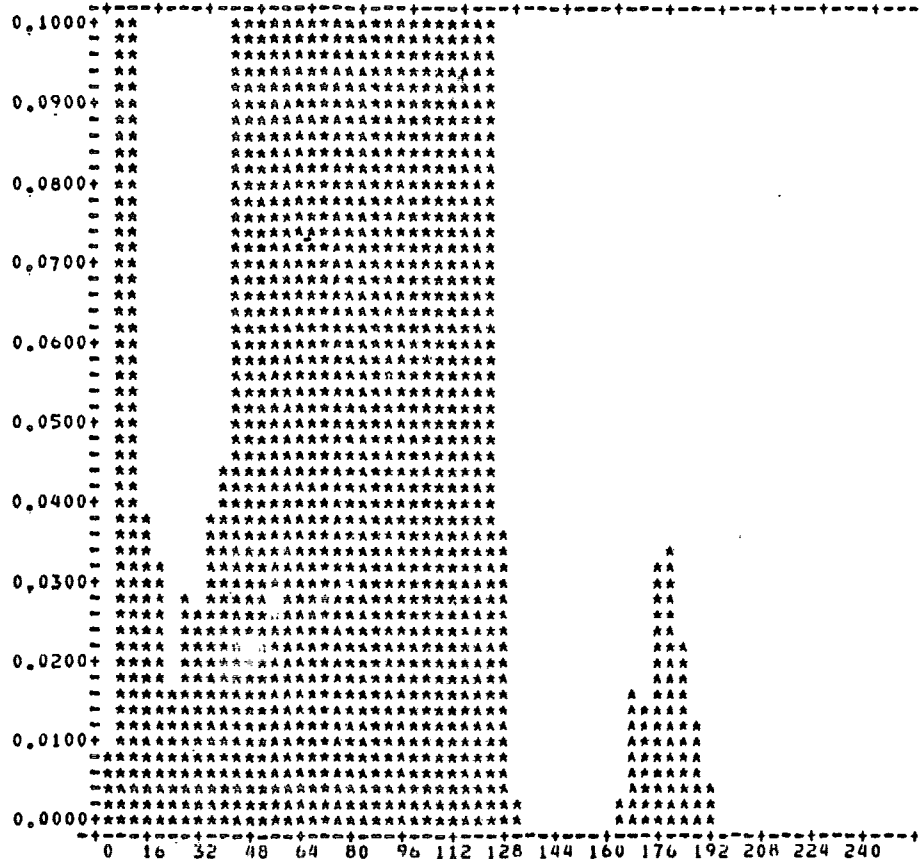
*****
MULTISPEKTRAL ANALYSE A *****
RUC-1678-SIMBA H I S T O G R A M
SYSTEM A IDENTIFICATION
RASMUSSEN/FOLVING SDR-STPSNYA
*****

```

GRAATONERNES FUREKUMST I PROCENT



GRAATONERNES FUREKUMST I PROCENT



Grønlandsbilledet

Nedenfor ses resultater fra principalkomponentanalysen vedrørende Grønlandsbilledet.

Øverst ses gennemsnitsværdierne for de fire oprindelige kanaler.

Dernæst følger dispersionsmatricen og korrelationsmatricen.

Nederst ses egenvektorer og egenværdier.

GNS(4)	47.50
GNS(5)	53.03
GNS(6)	77.06
GNS(7)	74.24

DISPERSIONSMATRIX

KANAL(4)	154,24			
KANAL(5)	170,67	247,43		
KANAL(6)	150,14	203,47	284,30	
KANAL(7)	112,45	156,40	263,51	310,82
	KANAL(4)	KANAL(5)	KANAL(6)	KANAL(7)

SPOR 996,79

KORRELATIONSMATRIX

KANAL(4)	1,0000			
KANAL(5)	0,8737	1,0000		
KANAL(6)	0,7170	0,7690	1,0000	
KANAL(7)	0,5136	0,5640	0,8865	1,0000
	KANAL(4)	KANAL(5)	KANAL(6)	KANAL(7)

EGENVEKTORER	EV(1)	EV(2)	EV(3)	EV(4)
	-0,3591	-0,4816	0,7963	0,0715
	-0,4822	-0,5770	-0,5924	0,2891
	-0,5789	0,1740	-0,0847	-0,7921
	-0,5508	0,6363	0,0886	0,5328

EGENVÆRDIER	EV(1)	EV(2)	EV(3)	EV(4)
	798,03	155,92	23,80	19,04

Noter og litteraturhenvisninger til kapitel IV

- 1) Conradsen, Knut : "En introduktion til statistik", bind 2 B, Lyngby 1979. p. 8.1.
- 2) Bunnik and Steiner (se note 19 kapitel III)
- 3) a) Van Hecke, P. : "Multivariate analysis of multispectral remote sensing data on grasslands from different soil types". Vegetatio vol. 42, 1980. p. 165-170.
 b) Conradsen, Knut og Jan Gunulf : "Statistisk analyse af satellitbilleder", Symposium i anvendt statistik, 1980. p. 461-473.
- 4) Mardia, K.W., J.T. Kent and J.M. Bibby : "Multivariate analysis". Academic Press 1979. p. 219-220.

Desuden har følgende titel været anvendt i mindre omfang :

- 1) Conradsen, Knut : "En introduktion til statistik", bind 2 B, Lyngby 1979.

KAPITEL V

KONKLUSION

Kommentarer til analyseresultatet samt konklusion på problemformulering.

Selve analyseresultatet har været mere tidskrævende og vanskeligere end først antaget.

Det har involveret meget brug af datalogisk viden og teknik, og dette arbejde har kun været muligt på grund af mine vejlederes indsats.

Projektarbejdet startede i sommeren 1981, men først i juleferien 1981/82 lykkedes det, at få gennemført den første analyse helt.

På dette tidspunkt kunne en sammenligning af både de oprindelige kanalers og de nye syntetiske kanalers gråtonekort med f.eks. jordbundskort, geologiske kort m.m. først begynde.

Endvidere var det planen at foretage analysen på flere satellitbilleder.

På grund af tidsmæssige og tekniske problemer er satellitbilledeanalysen- og tolkningen kun gennemført helt for området Skallingen-Esbjerg.

Til gengæld mener jeg, at der for dette områdes vedkommende er opnået gode resultater.

Det har ud fra PCA-kanalbillederne (kanal 1 (256) og (128) samt kanal 2 (256)) været muligt at udskille følgende strukturer : vadeflader, sand- og muslingebanker, højsander, ebbestrøm med suspenderet materiale, klart Nordsøvand på vej ind, landbrugsjord, m.m.

Disse strukturer kunne enten slet ikke eller kun i begrænset omfang afsløres på de oprindelige enkelt-kanalbilleder.

De således opnåede resultater vedrørende oplysninger om ovennævnte strukturer er vigtige, når det gælder om at følge med i/kontrollere et områdes udvikling.

Fordelen ved brug af satellitbilleder er, som tidligere nævnt, at oplysninger om et område kan indhentes hurtigt og kontinuerligt, således at man eventuelt kan nå at gribe ind, hvis en uheldig udvikling er i gang i et område.

I projektet er afprøvet en analysemetode, hvis resultater stemmer godt overens med modeller (kort) af virkeligheden. Desuden afslører analyseresultaterne forhold, som ikke afdækkes ud fra de her benyttede sammenligningskort eller tilsvarende. Dette skyldes bl.a., at de pågældende forhold er meget tidsspecifikke, hvilket et konventionelt kort ikke kan tage højde for.

Som nævnt tidligere i rapporten udgør resultatet (talværdier, gråtonekort) af principalkomponentanalysen en model af virkeligheden/overfladen.

Men udtrykket ($Y_i = p_i \cdot (\underline{X} - \underline{\mu})$) som dette resultat er frembragt af kan ikke kaldes en model.

Dette skyldes, at det ikke er muligt at identificere, navngive alle de indgående tegn (her p_i og Y_i) i udtrykket $Y_i = p_i \cdot (\underline{X} - \underline{\mu})$.

Det er heller ikke muligt at gå ud i naturen og måle p_i eller Y_i .

Matematisk kan man fra $\underline{X}$ regne sig frem til p_i og Y_i . Og omvendt kan man fra Y_i (som er udtrykt i forhold til p_i) regne tilbage til $\underline{X}$ eller $\underline{X} - \underline{\mu}$.

Principalkomponentanalysen og dermed udtrykket

$Y_i = p_i \cdot (\underline{X} - \underline{\mu})$ er altså en metode som frembringer en model af virkeligheden/overfladen, men udtrykket/metoden er ikke i sig selv en model for sammenhængen mellem f.eks. reflektionsforholdene og vegetationsforholdene. Derfor kan analyseresultatet (talværdier, gråtonekort) udmærket have værdi, være nyttigt i en analyse- og klassifikationsprocedure.

Det næste skridt i forløbet kunne have været at analysere flere satellitbilleder fra andre områder og/eller flere satellitbilleder fra samme område men optaget på forskellige tidspunkter af dagen og året.

Man kunne eventuelt også forsøge sig med andre analysemetoder eller foretage mindre ændringer i PCA-analysen.

Undervejs i analysearbejdet er vi (mine vejledere og jeg) stødt på forskellige vanskeligheder, ofte af datalogisk art. Disse problemer har dog hver gang fundet en løsning, og vi har derved fået nye erfaringer, ny viden om satellitbilledanalyse- og tolkning.

Trods problemerne (tekniske, datalogiske, grafiske, økonomiske m.v.) undervejs i arbejdet antyder det foreliggende resultat, at satellitbilleder og specialanalyser af disse er brugbare med henblik på hurtige og kontinuerlige oplysninger om jordens ressourcer.

Oplysningerne kan udnyttes ud fra mange forskellige interesser og synsvinkler, bl.a. også i et økologisk perspektiv.

APPENDIXEt eksempel på PCA-analyse

Materialet, som lå til grund for den første PCA-analyse vi foretog, er vist nedenfor.

Formålet med at foretage en PCA-analyse på dette materiale er at undersøge, om man på baggrund af kendskab til et træs højde eller diameter kan udtale sig om dets volumen.

(Materialet stammer fra "Minitab", Student Handbook; Ryan/Joiner/Ryan, Duxbury Press 1976).

Diameter	Diameter in inches at 4.5 feet above ground level
Height	Height of tree in feet
Volume	Volume of tree in cubic feet

<i>Diameter</i>	<i>Height</i>	<i>Volume</i>
8.3	70	10.3
8.6	65	10.3
8.8	63	10.2
10.5	72	16.4
10.7	81	18.8
10.8	83	19.7
11.0	66	15.6
11.0	75	18.2
11.1	80	22.6
11.2	75	19.9
11.3	79	24.2
11.4	76	21.0
11.4	76	21.4
11.7	69	21.3
12.0	75	19.1
12.9	74	22.2
12.9	85	33.8
13.3	86	27.4
13.7	71	25.7
13.8	64	24.9
14.0	78	34.5
14.2	80	31.7
14.5	74	36.3
16.0	72	38.3
16.3	77	42.6
17.3	81	55.4
17.5	82	55.7
17.9	80	58.3
18.0	80	51.5
18.0	80	51.0
20.6	87	77.0

DIAMETER	MNMINMAX	13.2484	8.3000	20.6000
HEIGHT	MNMINMAX	76.0000	63.0000	87.0000
VOLUMEN	MNMINMAX	30.1710	10.2000	77.0000

HISTOGRAM OF DIAMETER

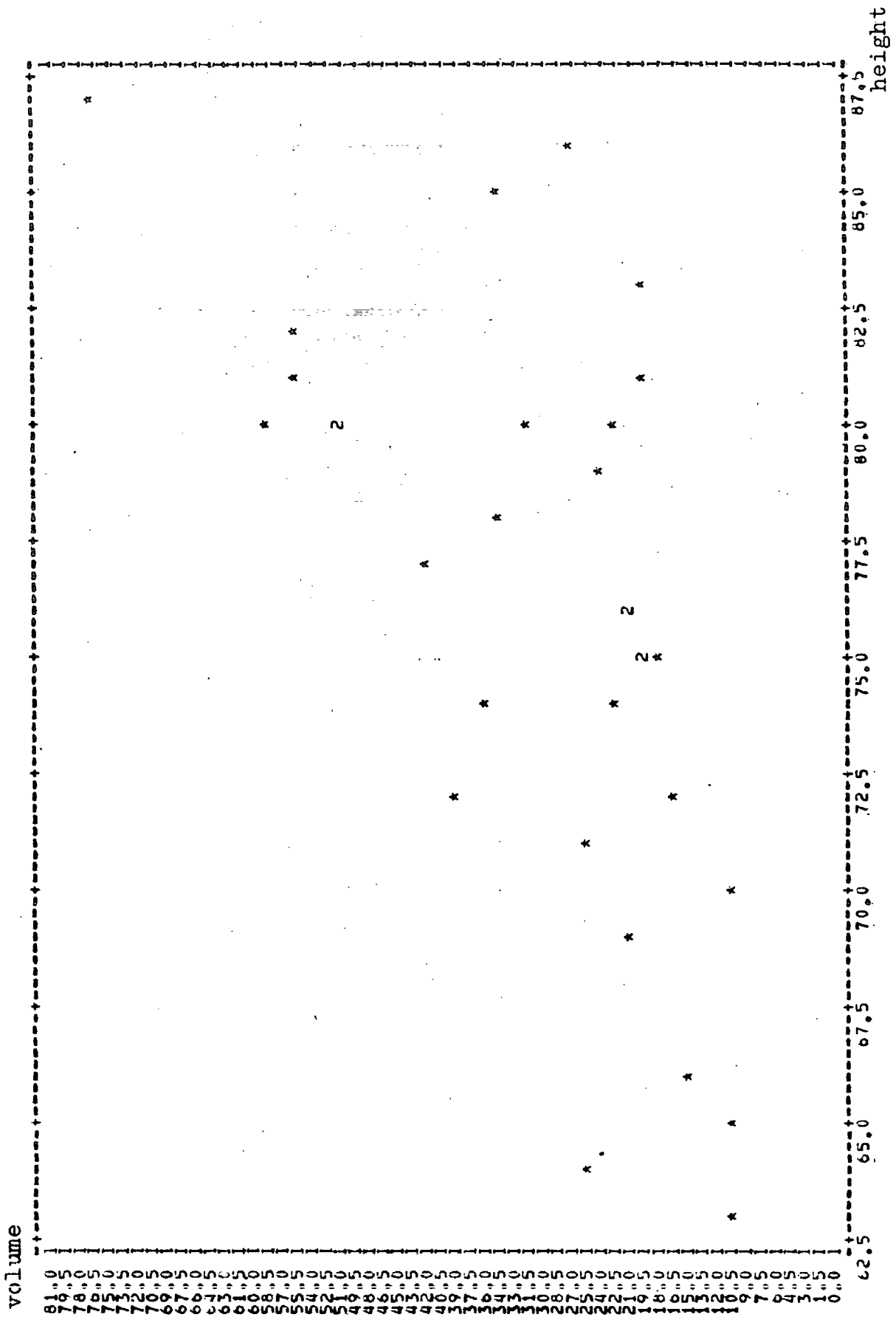
10.0 -	10.0	3	***
12.5 -	12.5	12	*****
15.0 -	15.0	8	*****
17.5 -	17.5	4	****
20.0 -	20.0	3	***
		1	*
MISSING VALUES		0	

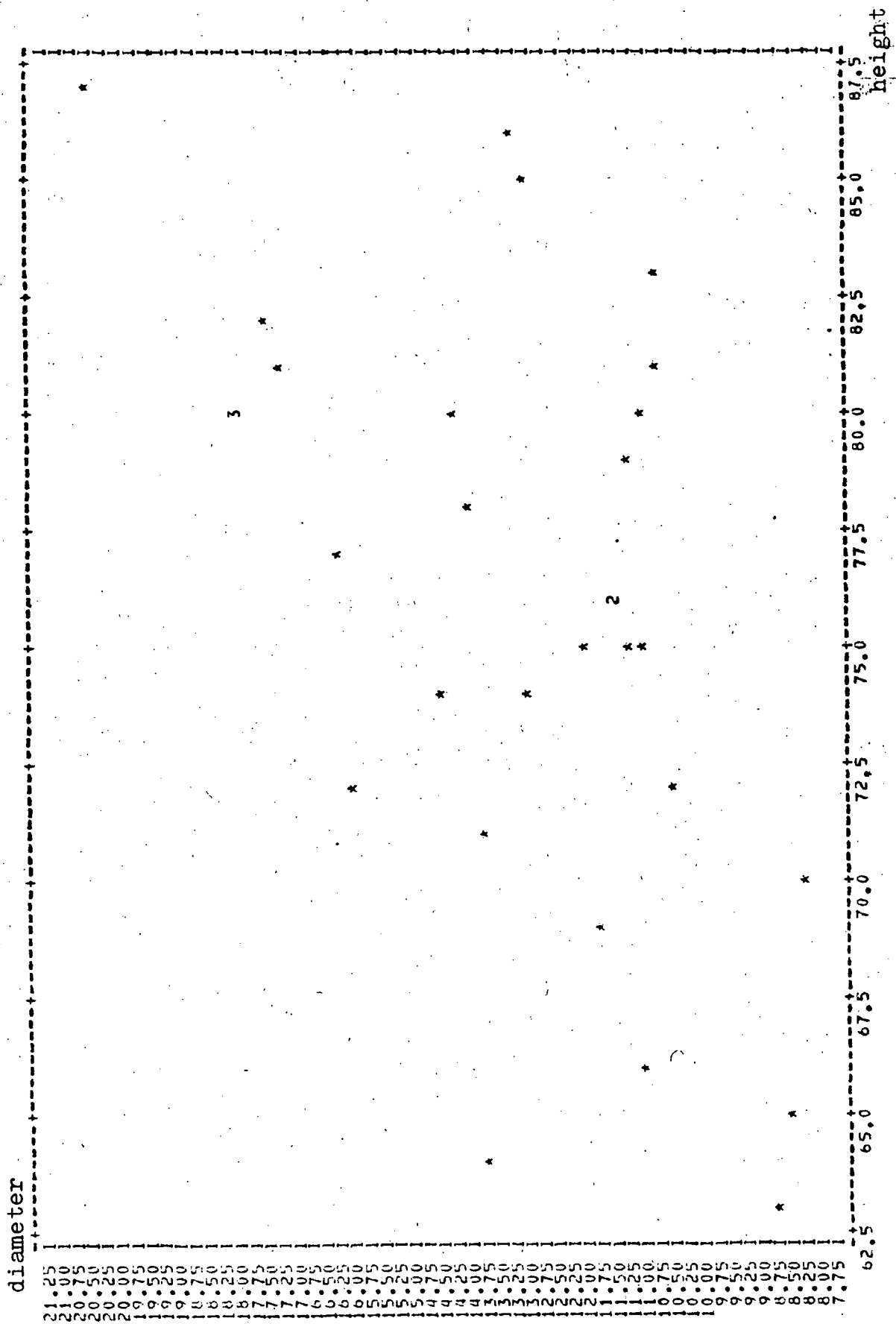
HISTOGRAM OF HEIGHT

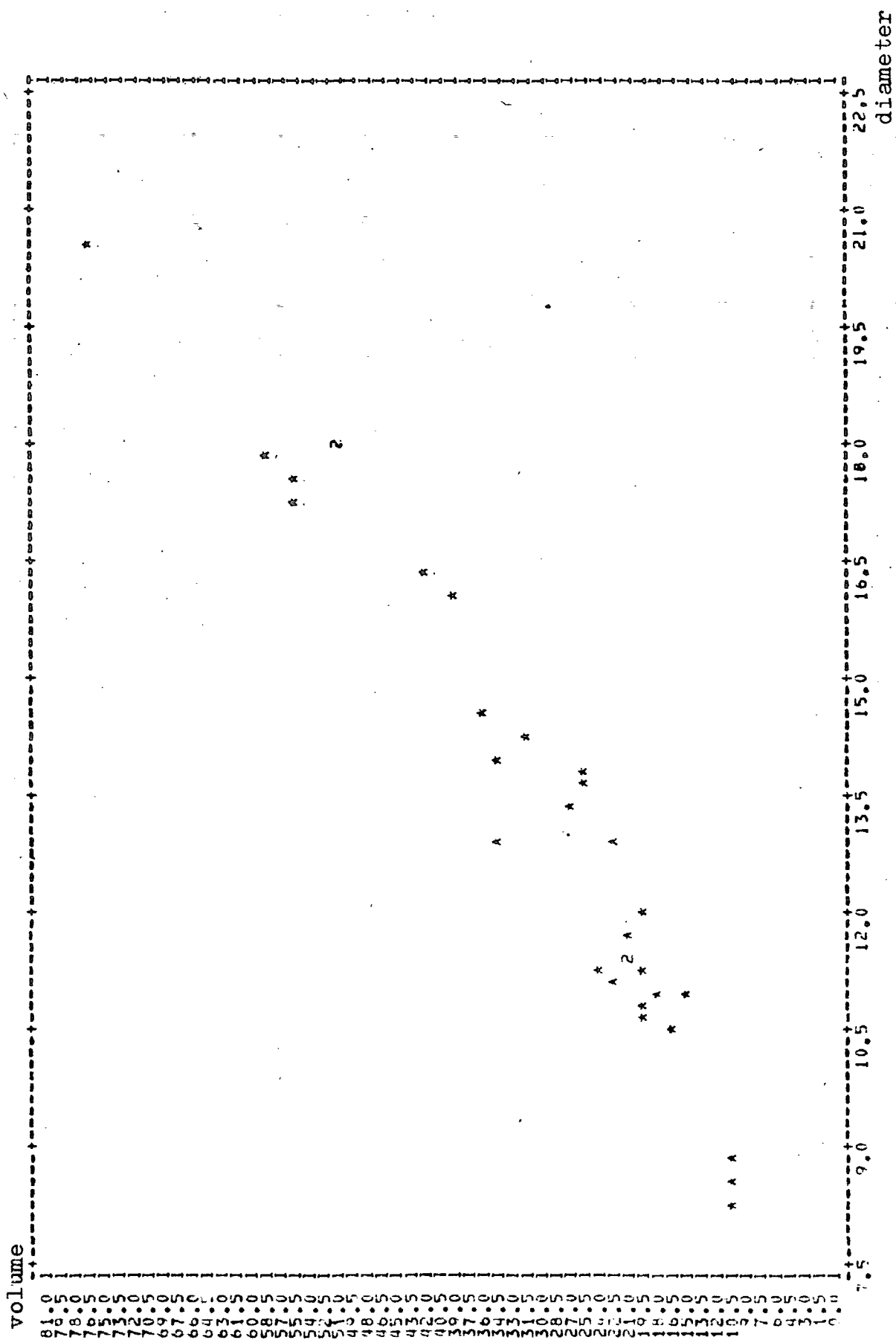
65 -	65	3	***
70 -	70	3	***
75 -	75	8	*****
80 -	80	10	*****
85 -	85	5	*****
		2	**
MISSING VALUES		0	

HISTOGRAM OF VOLUMEN

15 -	15	3	***
30 -	30	16	*****
45 -	45	6	*****
60 -	60	5	*****
75 -	75	0	
		1	*
MISSING VALUES		0	







(Dispersionsmatricen)

DIAMETER	9.848	10.383	49.888
HEIGHT	10.383	40.600	62.660
VOLUMEN	49.888	62.660	270.203
MEAN			

	1	2	3
R (Correlationsmatricen)			

1	1.0000		
2	0.5193	1.0000	
3	0.9671	0.5982	1.0000
	1	2	3

D	MNMINMAX	13.2484	8.3000	20.6000
H	MNMINMAX	78.0000	63.0000	87.0000
V	MNMINMAX	30.1710	10.2000	77.0000

5.....

***** PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS *****

*** LATENT ROOTS ***

	1	2	3
	2.4103	0.5616	0.0281

PERCENTAGE VARIANCE

	1	2	3
	80.3433	18.7200	0.9361

*** LATENT VECTORS (LOADINGS) ***

	1	2	3
D	-0.6086	0.4099	0.6794
H	-0.4891	-0.8680	0.0856
V	-0.6248	0.2803	-0.7267

*** TRACE = 3.0000

***** PRINCIPAL COMPONENT SCORES *****

	1	2	3
1	2.1755	-0.1678	-0.2710

2	2.5012	0.5525	-0.2732
3	2.6197	-0.8494	-0.2523
4	1.3635	-0.0489	-0.0382
5	0.5426	-1.2079	0.0195
6	0.3355	-1.4519	0.0281
7	1.7575	0.8201	0.0249
8	0.9678	-0.3616	0.0305
9	0.3974	-0.9546	-0.0758
10	0.8644	-0.3064	-0.0016
11	0.3745	-0.7650	-0.1168
12	0.7070	-0.3978	0.0064
13	0.6918	-0.3910	-0.0113
14	1.1748	0.6001	-0.0360
15	0.7397	-0.2156	0.2071
16	0.5241	0.0910	0.2511
17	-0.7613	-1.2097	-0.1155
18	-0.6723	-1.4028	0.2683
19	0.4662	0.6639	0.2289
20	1.0146	1.6169	0.1920
21	-0.4638	-0.1005	-0.0023
22	-0.5497	-0.3945	0.1920
23	-0.3222	0.5404	-0.0276
24	-0.5355	1.0429	0.1817
25	-1.1410	0.4743	0.1231
26	-2.1285	0.2782	-0.1741
27	-2.2555	0.1732	-0.1307
28	-2.2783	0.5423	-0.1862
29	-2.0393	0.4394	0.1369
30	-2.0203	0.4309	0.1591
31	-4.0501	0.2602	-0.3367

-
- 1/78 "TANKER OM EN PRAKSIS" - et matematikprojekt
Anne Jensen, Marianne Kesselhahn, Lena Lindenskov og Nicolai Lomholt.
Vejleder: Anders Madsen.
- 2/78 "OPTIMERING" - Menneskets forøgede beherskelsesmuligheder af natur og samfund.
Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen, Gert Kreinø og
Peter H. Lassen. Vejleder: Bernhelm Booss Nr. 2 er p.t. UDGÅET
- 3/78 "Opgavesamling", breddekursus i fysik.
Lasse Rasmussen, Aage Bonde Kræmmer, Jens Højgaard Jensen.
- 4/78 "Tre essays" - om matematikundervisning, matematiklæreruddannelsen og
videnskabsrindalismen.
Mogens Niss. Nr. 4 er p.t. UDGÅET
- 5/78 "BIBLIOGRAFISK VEJLEDNING til studiet af DEN MODERNE FYSIKS HISTORIE"
Helge Kragh.
- 6/78 "Nogle artikler og debatindlæg om - læreruddannelse og undervisning i fysik,
og - de naturvidenskabelige fags situation efter studenteroprøret"
Karin Beyer, Jens Højgaard Jensen, Bent C. Jørgensen.
- 7/78 "Matematikens forhold til samfundsøkonomien"
B.V. Gnedenko. Nr. 7 er UDSOLGT
- 8/78 "DYNAMIK OG DTAGRAMMER". Introduktion til energy-bond-graph formalismen.
Peder Voetmann Christiansen. Nr. 8 er UDSOLGT
- 9/78 "OM PRAKSIS' INDFLYDELSE PÅ MATEMATIKKENS UDVIKLING"
Motiver til Kepler's: "Nova Stereometria Dolliorum Vinarioum"
Projektrapport af Lasse Rasmussen.
Vejleder: Anders Madsen. Nr. 9 er p.t. UDGÅET
-
- 10/79 "TERMODYNAMIK I GYMNASIET"
Projektrapport af Jan Christensen og Jeanne Mortensen
Vejledere: Karin Beyer og Peder Voetmann Christiansen.
- 11/79 "STATISTISKE MATERIALER"
red. Jørgen Larsen.
- 12/79 "Lineære differentiaalligninger og differentiaalligningssystemer"
Mogens Brun Heefelt. Nr.12 er p.t. UDGÅET
- 13/79 "CAVENDISH'S FORSØG I GYMNASIET". Projektrapport af Gert Kreinø.
Vejleder: Albert Chr. Paulsen.
- 14/79 "Books about Mathematics: History, Philosophy, Education, Models, System
Theory, and Works of Reference etc. A Bibliography".
Else Høyrup. Nr.14 er p.t. UDGÅET
- 15/79 "STRUKTUREL STABILITET OG KATASTROFER i systemer i og udenfor
termodynamisk ligevægt" Specialeopgave af Leif S. Striegler.
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.

- 16/79 "STATISTIK I KRÆFTFORSKNINGEN". Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 17/79 "AT SPØRGE OG AT SVARE i fysikundervisningen"
Albert Christian Paulsen.
- 18/79 "MATHEMATICS AND THE REAL WORLD", Proceedings of an International Workshop, Roskilde
university centre (Denmark), 1978. Preprint.
Bernhelm Booss & Mogens Niss (eds.).
Nr. 18 er udsolgt herfra.
Bogudgivet i 1979 på
"Birkhäuser Verlag"
- 19/79 "GEOMETRI, SKOLE OG VIRKELIGHED".
Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen og Per H.H. Larsen.
Vejleder: Mogens Niss.
- 20/79 "STATISTISKE MODELLER TIL BESTEMMELSE AF SIKRE DOSER FOR CARCINOGENE STOFFER".
Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 21/79 "KONTROL I GYMNASIET - FORMÅL OG KONSEKVENSER".
Projektrapport af Crilles Bacher, Per S. Jensen, Preben Jensen og Torben Nysteen.
- 22/79 "SEMIOTIK OG SYSTEMEGENSKABER (1)". 1-port lineært response og støj i fysikken.
Peder Voetmann Christiansen.
- 23/79 "ON THE HISTORY OF EARLY WAVE MECHANICS - with special emphasis on the role of
relativity".
Helge Kragh.
-
- 24a/80 "MATEMATIKOPFATTELSE HOS 2.G'ERE" 1. En analyse.
- 24b/80 "MATEMATIKOPFATTELSE HOS 2.G'ERE" 2. Interviewmateriale. Nr. 24 er UDSOLGT
Projektrapport af Jan Christensen og Knud Lindhardt Rasmussen.
Vejleder: Mogens Niss.
- 25/80 "EKSAMENSOPGAVER" Dybdemodulet/fysik 1974-79.
- 26/80 "OM MATEMATISKE MODELLER". En projektrapport og to artikler.
Jens Højgaard Jensen m.fl.
Nr.26 er p.t. UDGÅET
- 27/80 "METHODOLOGY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE IN PAUL DIRAC's PHYSICS"
Helge Kragh.
- 28/80 "DIELEKTRISK RELAXATION - et forslag til en ny model bygget på væskernes visco-
elastiske egenskaber".
Projektrapport, speciale i fysik, af Gert Kreinøe.
Vejleder: Niels Boye Olsen.
- 29/80 "ODIN - undervisningsmateriale til et kursus i differentiailligningsmodeller"
Projektrapport af Tommy R. Andersen, Per H.H.Larsen og Peter H. Lassen.
Vejleder: Mogens Brun Heefelt. Nr. 29 er UDSOLGT
- 30/80 "FUSIONSENERGIEN - - - ATOMSAMFUNDETS ENDESTATION". Nr. 30 er UDSOLGT -
Oluf Danielsen. Udkommer medio 1982 på Fysik-,
Matematik- og Kemilærernes forlag
- 31/80 "VIDENSKABSTEORETISKE PROBLEMER VED UNDERVISNINGSSYSTEMER BASERET PÅ MÆNGDELÆRE"
Projektrapport af Troels Lange og Jørgen Karrebæk.
Vejleder: Stig Andur Pedersen.
- 32/80 "POLYMERE STOFFERS VISCOELASTISKE EGENSKABER - BELYST VED HJÆLP AF MEKANISKE IMPEDANS-
MÅLINGER OG MÖSSBAUEREFFEKTMÅLINGER".
Projektrapport, speciale i fysik, af Crilles Bacher og Preben Jensen.
Vejledere: Niels Boye Olsen og Peder Voetmann Christiansen.

- 33/80 "KONSTITUERING AF FAG INDEN FOR TEKNISK-NATURVIDENSKABELIGE UDDANNELSER: I-II." Arne Jakobsen.
- 34/80 "ENVIRONMENTAL IMPACT OF WIND ENERGY UTILIZATION". ENERGY SERIES NO.1. Bent Sørensen.
- 35/80 "HISTORISKE STUDIER I DEN NYERE ATOMFYSIKS UDVIKLING". Nr.35 er udsolgt herfra. Helge Kragh. Er publ. i "Renewable Sources of Energy and the Environment", Tycooli International Press, Dublin, 1981
- 36/80 "HVAD ER MENINGEN MED MATEMATIKUNDERVISNINGEN ?" Fire artikler. Mogens Niss.
- 37/80 "RENEWABLE ENERGY AND ENERGY STORAGE". ENERGY SERIES NO.2. Nr.37 er udsolgt herfra. Bent Sørensen. Er publ. i "Energy Communications", Vol.6, 1981
-
- 38/81 "TIL EN HISTORIETEORI OM NATURERKENDELSE, TEKNOLOGI OG SAMFUND" Projektrapport af Erik Gade, Hans Heddal, Henrik Lau og Finn Physant. Vejledere: Stig Andur Pedersen, Helge Kragh og Ib Thiersen.
- 39/81 "TIL KRITIKKEN AF VÆKSTØKONOMIEN" Jens Højgaard Jensen.
- 40/81 "TELEKOMMUNIKATION I DANMARK - oplæg til en teknologivurdering". Projektrapport af Arne Jørgensen, Bruno Petersen og Jan Vedde. Vejleder: Per Nørgaard.
- 41/81 "PLANNING AND POLICY CONSIDERATIONS RELATED TO THE INTRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO ENERGY SUPPLY SYSTEMS". ENERGY SERIES NO.3. Bent Sørensen.
- 42/81 "VIDENSKAB TEORI SAMFUND - En introduktion til materialistiske videnskabsopfattelser". Helge Kragh og Stig Andur Pedersen.
- 43/81 1. "COMPARATIVE RISK ASSESSMENT OF TOTAL ENERGY SYSTEMS"
2. "ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF DECENTRALIZATION" ENERGY SERIES NO.4. Bent Sørensen.
- 44/81 "HISTORISK UNDERSØGELSE AF DE EKSPERIMENTELLE FORUDSÆTNINGER FOR RUTHERFORDS ATOMMODEL". Projektrapport af Niels Thor Nielsen. Vejleder: Bent C. Jørgensen
-
- 45/82
- 46/82 "EKSEMPLARISK UNDERVISNING OG FYSISK ERKENDELSE - ILLUSTRERET VED TO EKSEMPLER" I+II Projektrapport af Lasse Rasmussen, Niels Dreyer Sørensen og Torben O. Olsen. Vejleder: Bent C. Jørgensen
- 47/82 "BARSEBÄCK OG DET VÆRST OFFICIELT-TÆNKELIGE UHELD". ENERGY SERIES NO.5. Bent Sørensen
- 48/82 "EN UNDERSØGELSE AF MATEMATIKUNDERVISNINGEN PÅ ADGANGSKURSUS TIL KØBENHAVNS TEKNIKUM". Projektrapport af Lis Eilertzen, Jørgen Karrebæk, Troels Lange, Preben Nørregaard, Lissi Pedersen, Laust Rishøj, Lill Røn, Isac Showiki. Vejleder: Mogens Niss
- 49/82 "ANALYSE AF MULTISPEKTRALE SATELLITBILLEDER" Projektrapport af Preben Nørregaard. Vejledere: Jørgen Larsen & Rasmus Ole Rasmussen

ISSN 0106-6242