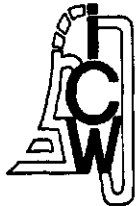


NN31545.1794

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

ICW nota 1794

juli 1987



nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

**TOEPASSING VAN LANDSAT THEMATIC MAPPER OPNAMEN TEN BEHOEVE VAN  
EEN WATERBALANSSTUDIE IN DE NIJLDELTA**

**H. Kuipers**



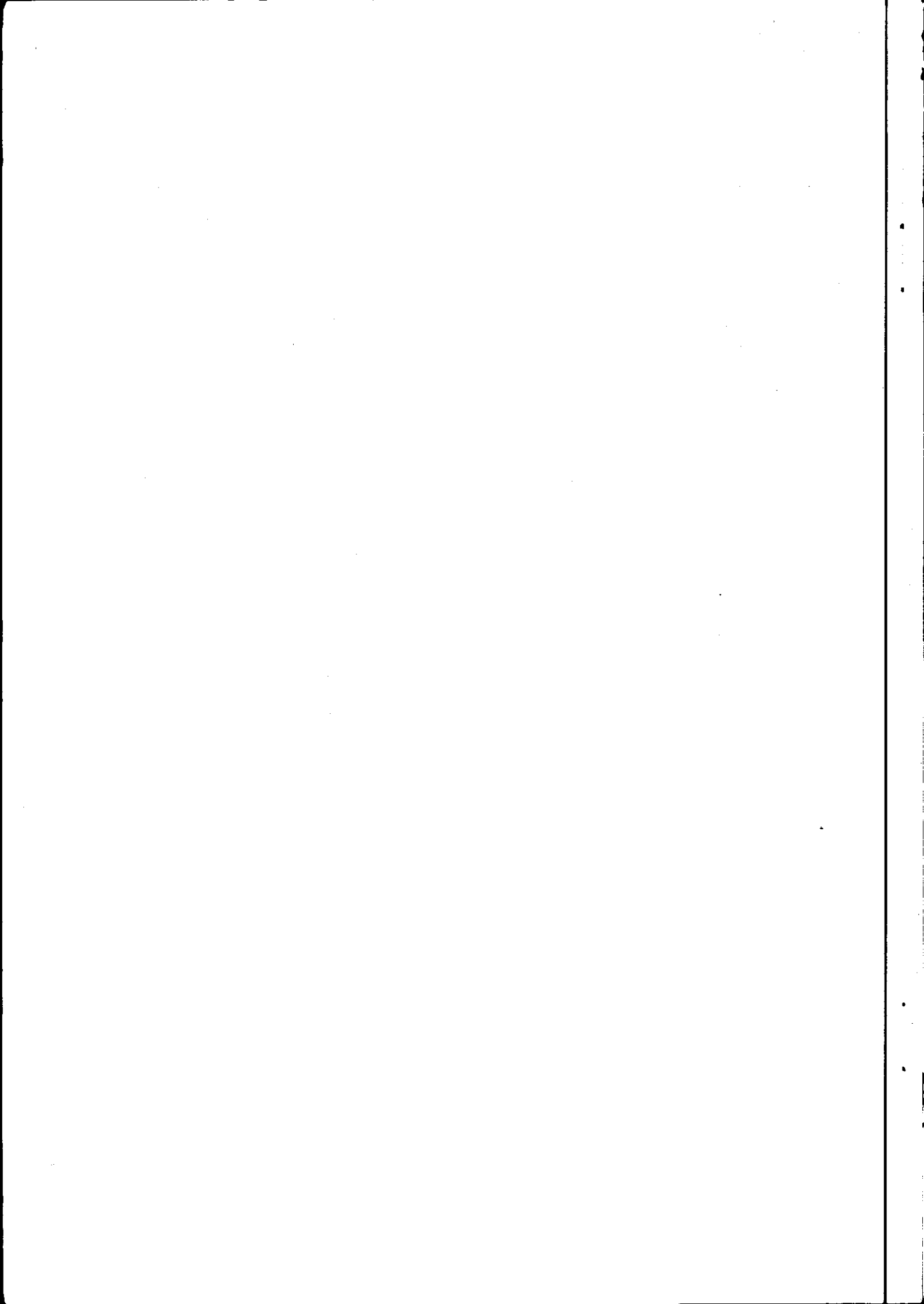
Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

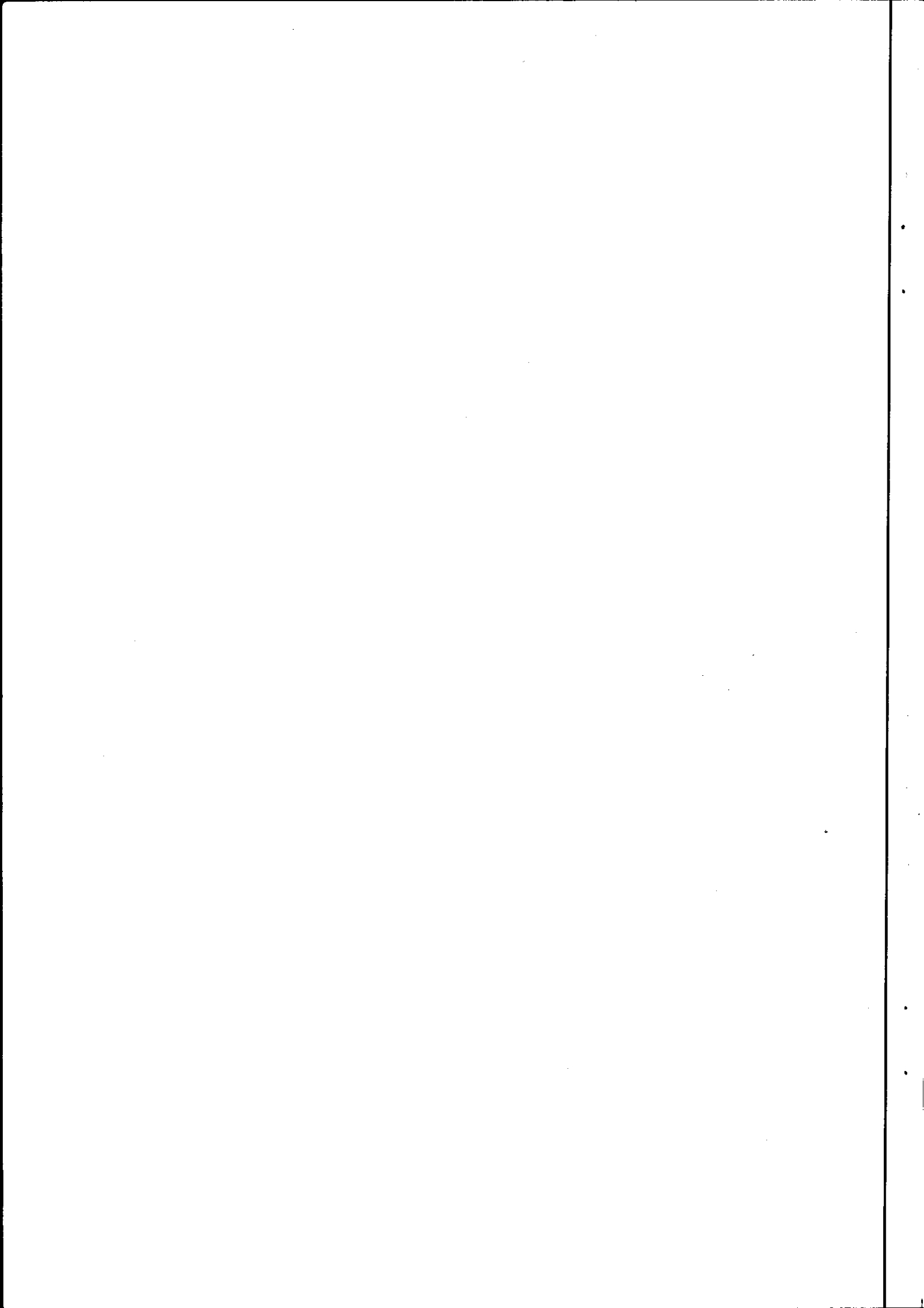
5 SEP. 1987

JSN 263570\*



## INHOUD

	BLZ
1. INLEIDING	1
2. KLASSIFIKATIE MET BEHULP VAN DE THEMATIC MAPPER GEGEVENS	1
2.1. Inleiding	1
2.2. Data-analyse	3
2.2.1. Histogram-analyse per reflektieband	3
2.2.2. Uitsplitsing reflectie per gewas in band 3,4,5 en 7	3
2.2.3. Principale componenten analyse	5
2.2.4. Korrelatiematrix	5
2.3. Klassifikatie	7
2.3.1. Inleiding	7
2.3.2. Klassifikatie op het kleurengrafisch systeem	7
2.3.2.1. Methodiek	7
2.3.2.2. Resultaten	7
2.3.3. Klassifikatie op het reseda-systeem	11
2.3.3.1. Methodiek	11
2.3.3.2. Resultaten	11
2.3.3.3. Betrouwbaarheid	12
3. HYDROLOGISCHE TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN VAN HET THEMATIC MAPPER WARMTEBEELD	14
3.1. Inleiding	14
3.2. Algemene karakteristiek van het TM-warmtebeeld	14
3.3. Verklaring temperatuurvariaties binnen een gewas	16
4. KONKLUSIES	20
LITERATUUR	21
BIJLAGEN	23



## I. Inleiding

Sinds 1983, met de lancering van de Landsat 5, bevattende de Thematic Mapper (TM) scanner, komen er gedetailleerde satellietbeelden beschikbaar die van nut kunnen zijn voor waterhuishoudkundige projecten in gebieden waarvan geen akkurate en recente data beschikbaar zijn. Dit onderzoek is er op gericht om de mogelijkheden van deze nieuwe satellietgegevens nader te onderzoeken. Besloten is om dit onderzoek uit te voeren in aansluiting op het "Reuse Project" (Tamminga, 1986). Op deze wijze kan informatie verzameld in het kader van dit projekt worden benut. Anderzijds komen de met satellietbeelden verkregen resultaten beschikbaar voor het "Reuse Project".

Een tweetal onderzoekslijnen kunnen worden onderscheiden. Zo zijn de mogelijkheden om op perceelsniveau gewassen te karteren nader onderzocht. Verder wordt ingegaan op de waarde van het warmtebeeld (band 6 TM) voor het hydrologisch onderzoek.

Het totale onderzoeksgebied beslaat een gebied ter grootte van 90 x 90 vierkante km (TM quarter-scene 176-39-1). In dit gebied is ook het onderzoeksgebied (Mashtul Pilot Area) van het "Reuse Project" gelegen. De ligging van beide gebieden is weergegeven in figuur 1.

Een drietal verschillende informatiebronnen staan ter beschikking in dit onderzoek. Allereerst zijn dit de veldgegevens uit het reuse-onderzoeksgebied (zie figuur 2). Verder is een analoog TM-beeld van 3 juli 1984 in het onderzoek betrokken. Het betreft een zwart-wit dia-positief van band 4 (nabij-infrarood) van de te onderzoeken quarter-scene 176-39-1. De derde en tevens belangrijkste informatiebron zijn een drietal datatapes met de digitale gegevens van de TM-scanner. Als meest geschikte tijdstip van opname is gekozen voor de opname van 3 augustus 1984. Het betreffen de opnamen in 6 reflectiebanden en 1 in het thermisch infrarood (zie tabel 1).

## 2. Klassifikatie met behulp van de Thematic Mapper gegevens

### 2.1 Inleiding

De Thematic Mapper heeft gezien de goede ruimtelijke resolutie van 30 x 30 meter en de zeven nauwkeurig gekozen golflengtebereiken potentieel goede mogelijkheden om op perceelsniveau gewasinformatie te verzamelen. Ten opzichte van de Landsat-MSS met een resolutie van 79 x 56 meter is de mate waarmee detail kan worden waargenomen met een faktor 5 verbeterd. Bovendien vindt er voor het eerst waarneming plaats in het midden-infrarood. Banden 5 en 7 van de TM-scanner vormen ten opzichte van de MSS mogelijk een

Fig. 1. Ligging van het onderzoeksgebied in Egypte

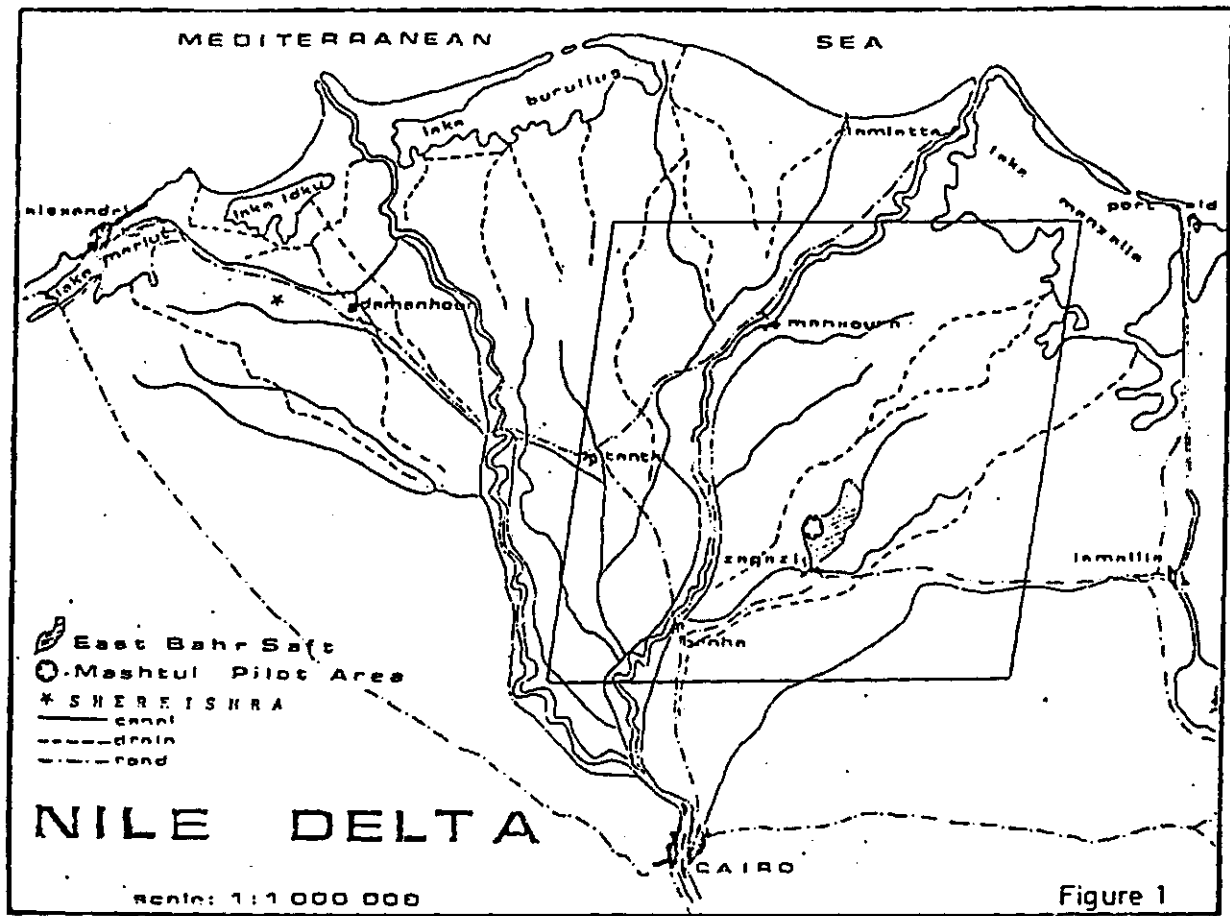
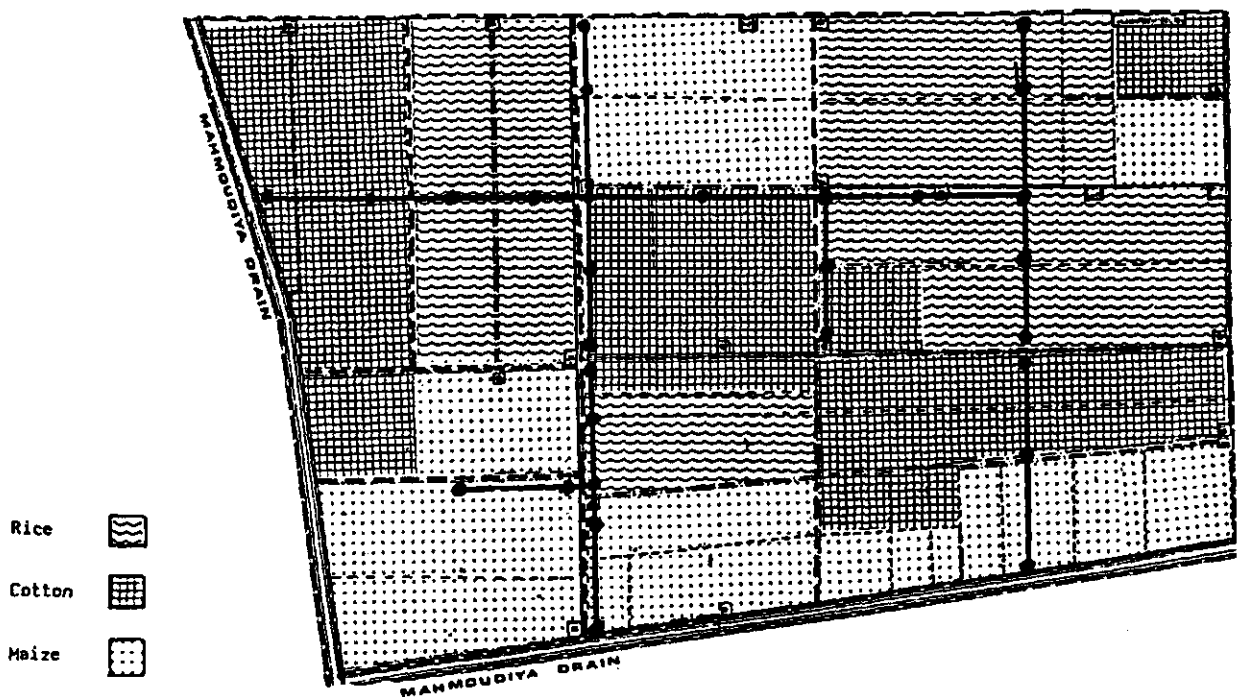


Fig. 2. Voorbeeld van beschikbare veldgegevens van een deel van de Mashtul pilot area (M. SAFWAT ABDEL-BAYEM e.a 1985)



verbetering voor de gewasonderscheiding, daar informatie wordt verkregen over de vegetatievochtigheid.

Aan de hand van enige veldgegevens, die vlak voor de opname zijn verzameld in het kader van het "reuse project" (Abdel-Bayem e.a., 1985), wordt getracht meer duidelijkheid te verkrijgen over de waarde van de TM-gegevens. Het voorhanden zijn van betrouwbare gewasgegevens is van het grootste belang voor waterbalansstudies daar het totale watergebruik van de gewassen hiermee kan worden ingeschat. Deze informatie is onontbeerlijk om het juiste inzicht te verkrijgen over de werking van irrigatieschema's. Tevens kan men de waterdistributie simuleren en verbeteren. Nu de TM-scanner voor het eerst op perceelsniveau kan waarnemen is het vanuit hydrologisch oogpunt dan ook interessant de mogelijkheden van de TM-beelden voor gewaskarteringen te onderzoeken. De urgente behoefte naar operationele en betrouwbare methoden om gewassen te karteren wordt gedemonstreerd in tal van studies (Bernardi e.a., 1985 en Menenti and Nieuwenhuis 1986).

Daar zich de veldgegevens beperken tot enkele gewaskaarten van het proefgebied ten noordwesten van Zagazig (Mashtul Pilot Area), en andere belangrijke gegevens over atmosfeer, gewas- en bodemtoestand ontbreken is het onderzoek ingeperkt tot een gewasklassifikatie.

Een drietal belangrijke gewassen komen in dit deel van de Nijldelta voor, namelijk katoen, mais en rijst. Andere gewassen komen slechts in geringe mate voor, en betreffen voornamelijk kleine percelen. In bepaalde delen van de Nijldelta treft men echter relatief veel boomgaarden aan. Hiervan zijn echter geen veldgegevens beschikbaar. Het onderzoek heeft zich dan ook beperkt tot het onderscheid van mais, rijst, katoen, water en stedelijke bebouwing.

## 2.2 Data-analyse

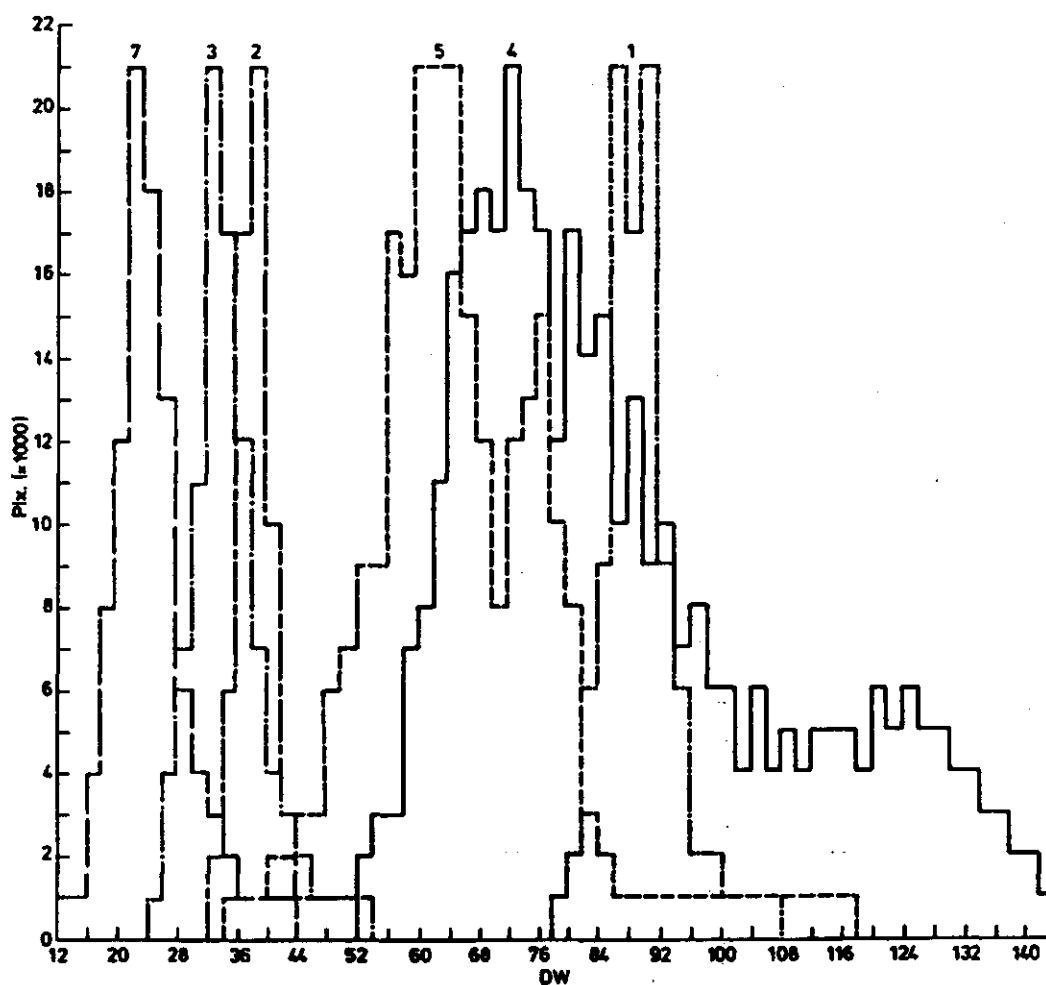
### 2.2.1 Histogram-analyse per reflektieband

Allereerst zijn de stralingswaarden in de 6 reflektiebanden geanalyseerd. Het blijkt dat in band 2 (groen) en band 7 (midden infrarood) lage digitale waarden met een relatief geringe spreiding voorkomen (zie figuur 3). In band 1 (blauw) komt een relatief hoge reflectie met een geringe spreiding voor. In band 3 (rood) komt een relatief lage reflectie met een middelmatige spreiding voor. Band 4 en 5 daarentegen vertonen een relatief hoge reflectie en grote spreiding. Band 4 en 5 lijken derhalve van grote betekenis voor een klassifikatie, temeer daar deze beide banden vooral gevoelig zijn voor gewasonderscheidende parameters zoals biomassa en gewasvochtigheid.

### 2.2.2 Uitsplitsing reflectie per gewas in band 3,4,5 en 7

De 4 banden met de relatief grootste spreiding zijn nader onderzocht per gewas. Daartoe zijn van een aantal gewassen de reflecties bepaald. Globaal zijn van een 300-tal pixels de

Fig. 3. Spreiding digitale waarden in de verschillende  
reflektiebanden



Tabel 1. Specificaties van de TM-scanner (SALOMONSON e.a. 1980)

BAND	GOLFLENGTE( $\mu\text{M}$ )	GEWASPARAMETRISCHE GEVOELIGHEID
TM1	0.45-0.52	chlorophyll/cortonoid concentraties
TM2	0.52-0.60	groene reflectie gezonde vegetatie
TM3	0.63-0.69	chlorophyll absorptie
TM4	0.76-0.90	infrarood reflectie vegetatie
TM5	1.55-1.75	gewasvochtigheid
TM6	10.4-12.5	thermische opname
TM7	2.08-2.35	gewasvochtigheid



gemiddelde waarden berekend (zie figuur 4). In band 3 kan men slechts in geringe mate spreken van verschillen in de gemiddelde reflecties, tussen de 3 gewassen. In band 4 kan men vooral katoen onderscheiden met een hoge reflectie. Band 5 geeft voor de 3 gewassen de beste onderscheidingsperspektieven. Band 7 biedt ondanks de lage reflectiewaarden toch enige mogelijkheid tot onderscheiding van rijst.

Konkluderend kan men stellen dat vooral de band in het nabij infrarood (band 4) en de twee midden infraroodbanden (band 5 en band 7) een bijdrage leveren in de onderscheiding van de drie gewassen. Daarbij valt vooral het scheidend vermogen van band 5 op.

### 2.2.3 Principale componenten analyse

Een principale componenten analyse (Clevers en Braam, 1986) is uitgevoerd met de banden in het infrarood (band 4,5 en 7). De na transformatie bereikte variantie voor de eerste twee principale componenten bedraagt 99.4% (zie tabel 3).

Door nu de eerste twee principale componenten uit te zetten in een "feature space plot" (zie figuur 5) kan inzicht worden verkregen in de mate van onderscheidbaarheid tussen de verschillende klassen. Uit deze analyse blijkt dat katoen uitstekend is te scheiden van de andere gewassen. Tussen rijst en mais is daarentegen enige overlap te constateren.

### 2.2.4 Korrelatiematrix

Voorafgaand aan een klassifikatie dienen trainingspixels in een "feature space plot" te worden ingevoerd. Van deze als representatief voor een bepaalde klasse geldende pixels worden de spektrale posities bepaald in de bij de klassifikatie betrokken banden. Op grond daarvan worden de onderlinge korrelaties bepaald tussen de banden. Uit tabel 2 blijkt dat vooral tussen band 4 en de andere infraroodbanden relatief lage korrelaties bestaan.

Tabel 2 Korrelatiematrix van band 2 tot 7 op grond van de ingevoerde trainingspixels

BAND	2	3	4	5	6	7
2	1.00					
3	0.94	1.00				
4	-0.08	-0.30	1.00			
5	0.80	0.71	0.34	1.00		
6	0.80	0.89	-0.46	0.58	1.00	
7	0.91	0.92	-0.13	0.86	0.86	1.00

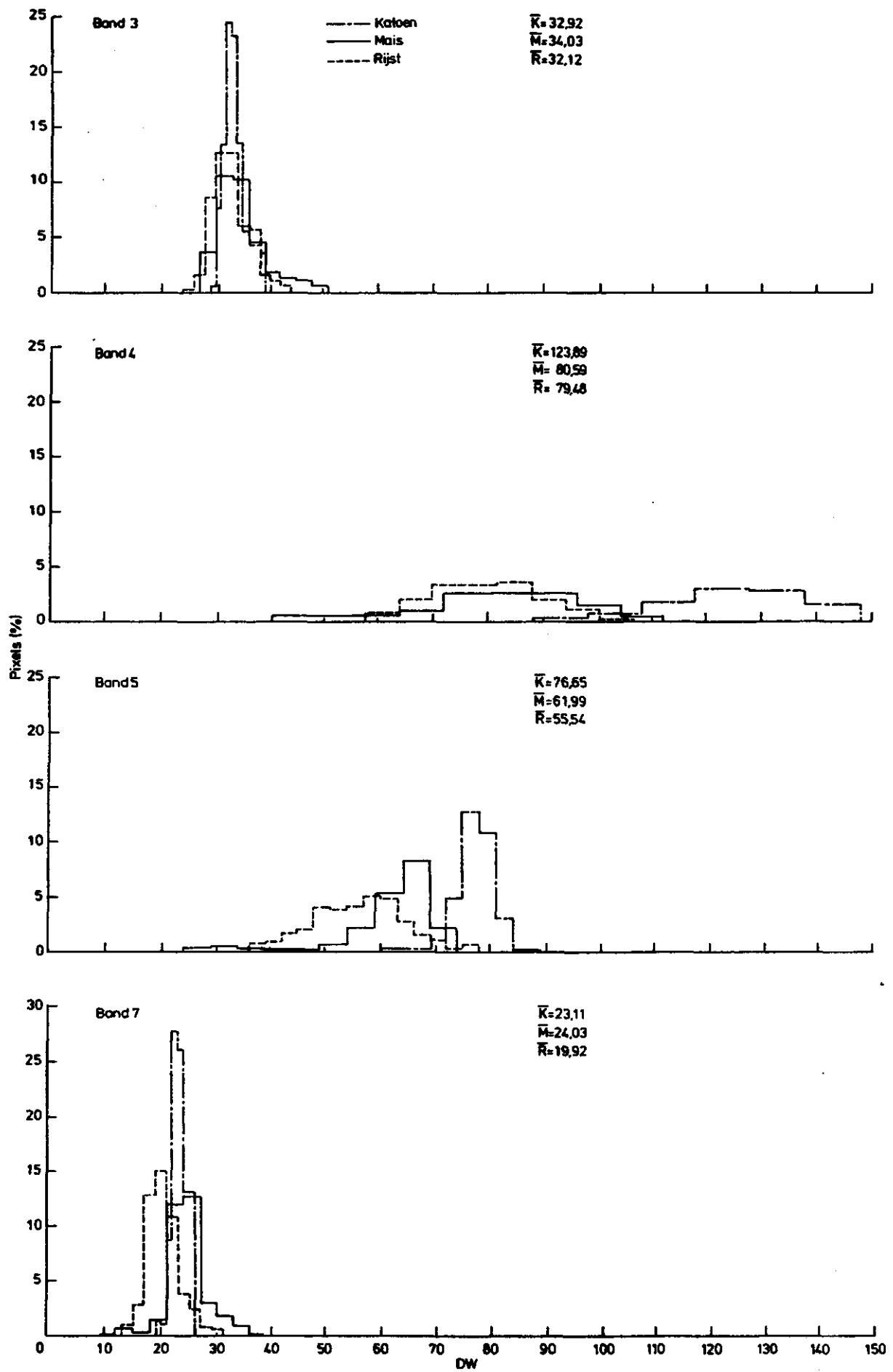


Fig. 4. Reflekties per gewas in een aantal onderscheiden golflengtebanden

Opvallend is ook de lage korrelatie tussen band 2 en 3, en band 4. Een opvallend lage korrelatie wordt aangetroffen tussen band 6 (emissie!) en band 4 en 5. Uit de korrelatiematrix volgt dat band 6 informatie toevoegt. De mogelijkheden van band 6 zijn daartoe nader onderzocht.

## 2.3 Klassifikatie

### 2.3.1 Inleiding

Op een tweetal systemen zijn een aantal verschillende klassifikaties uitgevoerd. Op het kleurengrafisch systeem te Wageningen, waar ook een groot deel van de data-analyse is uitgevoerd, zijn een aantal klassifikaties voor een beperkt gebied uitgevoerd voor de bepaling van de invloed van de klassifikatiemethode, het "reject"-kriterium en de bandkeuze op het klassifikatieresultaat. De resultaten zijn gebruikt bij de klassifikatie van de gehele quarter-scene op het Reseda-systeem van het NLR te Amsterdam.

### 2.3.2 Klassifikatie op het kleurengrafisch systeem

#### 2.3.2.1 Methodiek

Op grond van het uit de literatuur (Anuta e.a 1984) bekende onderscheidingsvermogen van TM-gegevens voor 42 verschillende klassen is met behulp van een aantal klassifikatiemethoden op het kleurengrafisch systeem (LU Wageningen) het effect nagegaan van de bandkeuze op de klassifikatieresultaten. Een viertal klassifikatiemethoden (zie figuur 6) zijn daarbij onderzocht. "Distance" betreft een nearest neighbour klassifikatie. "Quadr" komt overeen met een look up table klassifikatie. "Ward" en "Centro" betreffen een tweetal klassifikatiemethoden die op grond van bepaalde statistische afstanden en grenzen een klassifikatie tot stand brengen.

Er is geklassificeerd met behulp van 100 trainingspixels, die gekozen werden uit de percelen waarvan het gewas bekend was.

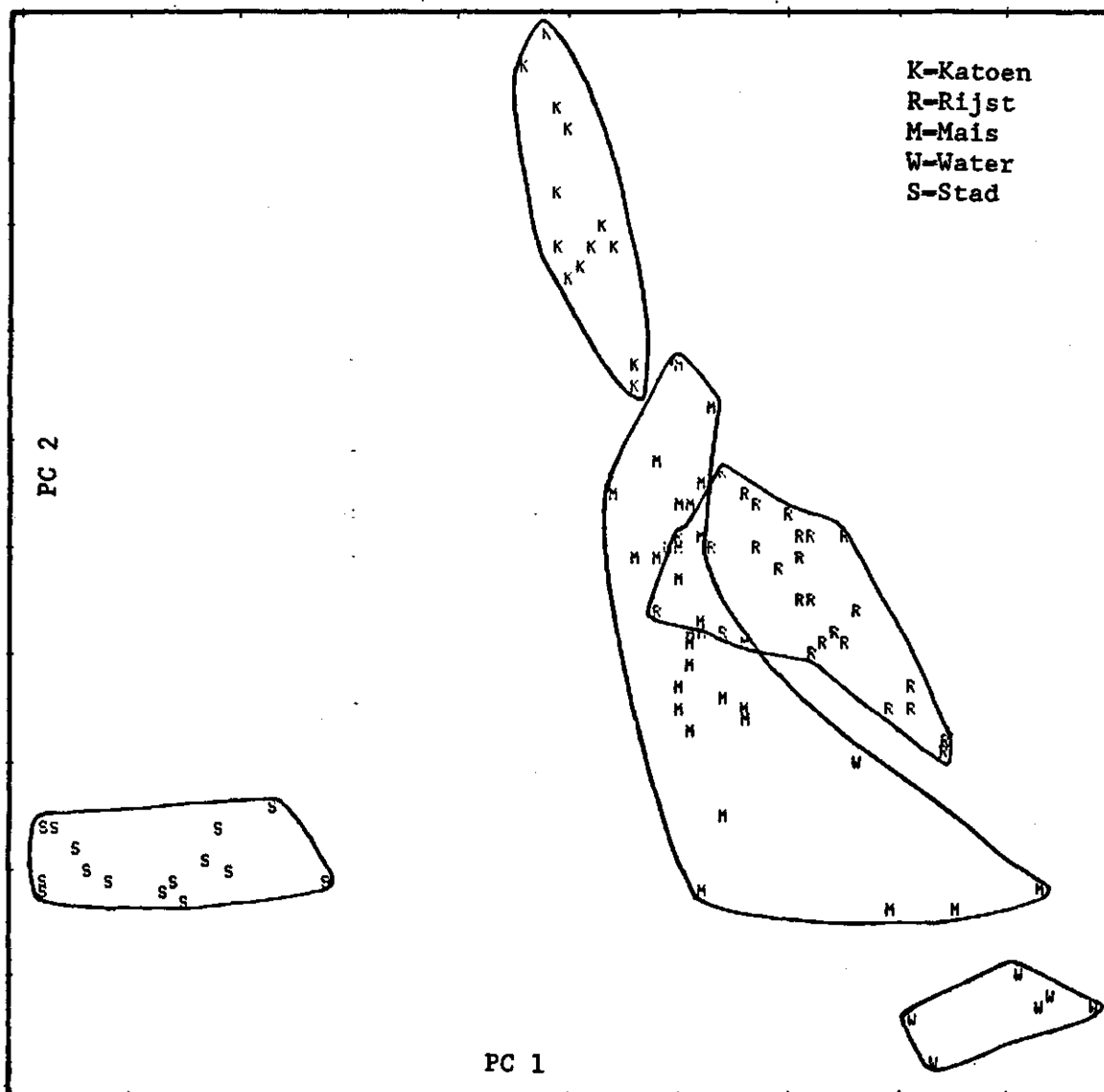
Het gebied dat is geklassificeerd bevindt zich ten noorden van Zagazig, ter grootte van 15x6 km. Het Mashtul Pilot Area (zie figuur 1) is in dit gebied gelegen.

#### 2.3.2.2 Resultaten

Uit de resultaten (zie figuur 7) blijkt allereerst dat de keuze van de klassifikatiemethode in belangrijke mate ook het klassifikatieresultaat beïnvloedt. "Ward" moet, in dit geval, op basis van de verkregen resultaten als niet geschikte klassifikatiemethode worden verworpen. Mais wordt immers ten onrechte geheel als rijst geklassificeerd. Verder blijkt duidelijk dat met name klasse 2 (rijst) en klasse 3 (mais)

sterk variëren qua klassifikatiepercentages. Dit duidt er op dat in de TM- opname van 3 augustus 1984 rijst en mais moeilijk geheel van elkaar te scheiden zijn, zoals ook al uit de "feature space plot" (zie figuur 5) is gebleken.

Fig. 5. "Feature space plot" ; ligging van een vijftal bodem-gebruikseenheden in een twee-dimensionale kenmerkenruimte

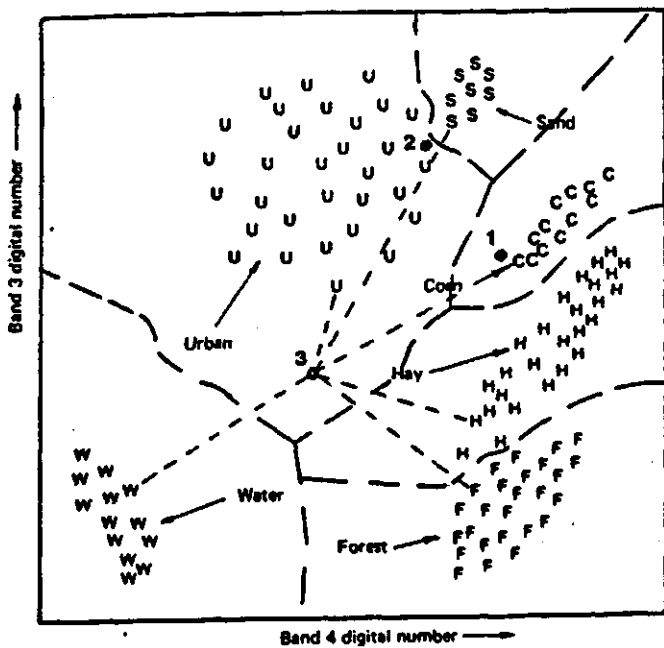


Tabel 3. Variantiepercentages na uitvoering van de principale componenten analyse

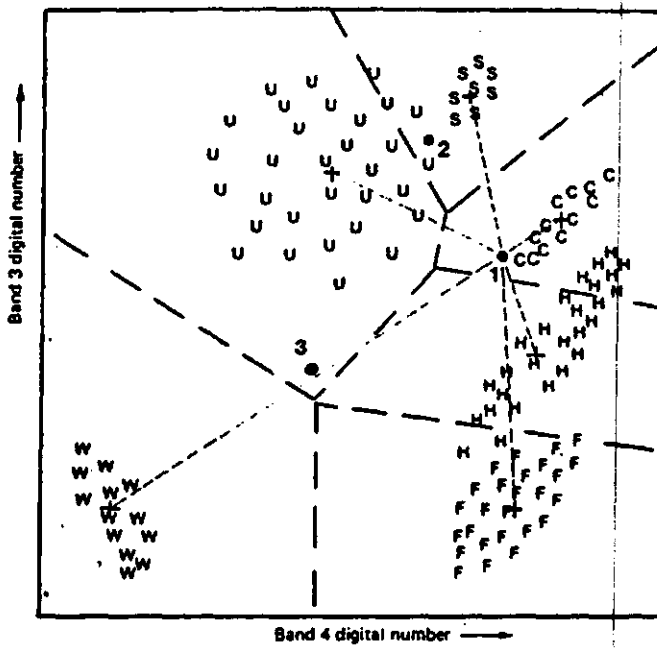
PC nr.	% variantie	% totaal
1	64.84	64.84
2	34.59	99.44
3	0.55	100.00

Fig. 6. Basisprincipes klassifikatiemethoden (LILLESAND e.a. 1979)

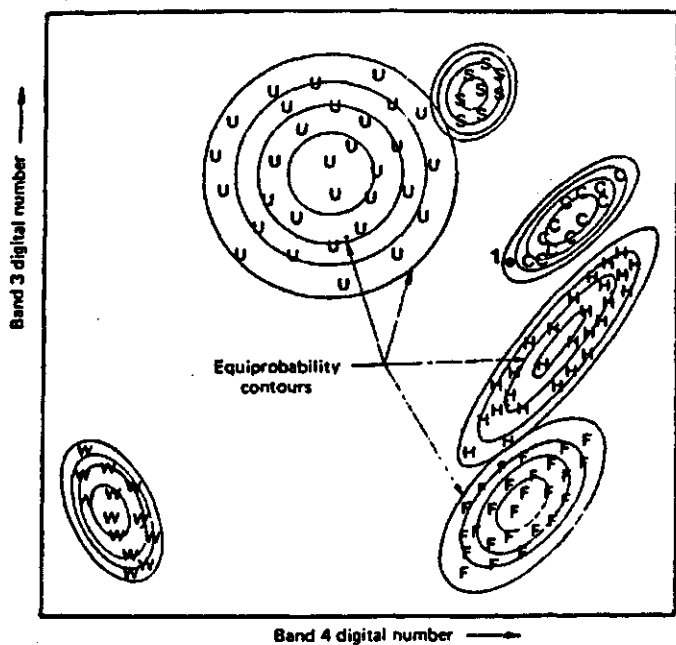
De beslisgrenzen zijn aangeduid met - - - - -



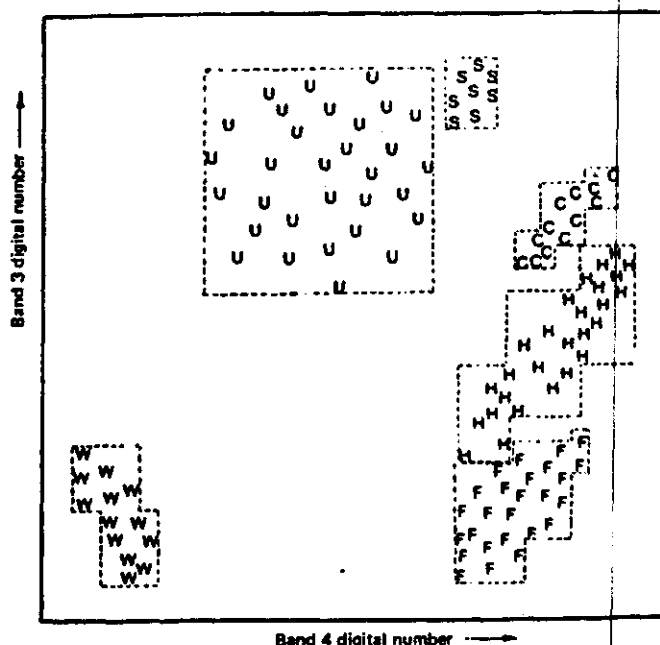
Naaste Buren (Nearest Neighbour) klassifikatie



Naaste Midden (Mean Distance to Mean) klassifikatie



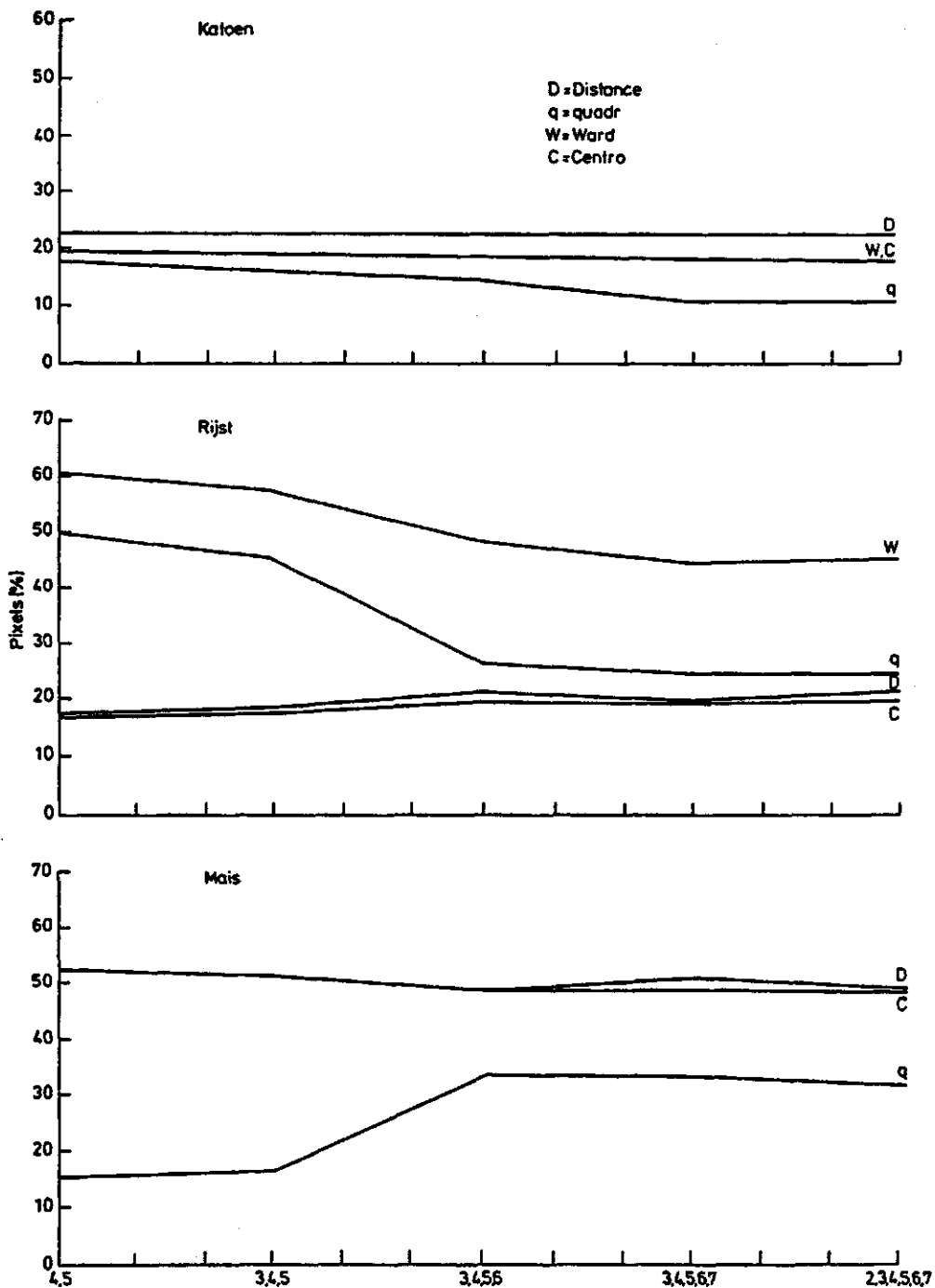
Maximale waarschijnlijkheidsklassifikatie (maximum likelihood)



Parallelepiped klassifikatie (principe Look up Table)

Katoen vertoont relatief geringe variaties. Dit duidt er op dat de klassifikatie van katoen in redelijke mate betrouwbaar is. Ook blijkt dat met een toeneming van het aantal banden, dat bij de klassifikatie is betrokken, het aantal niet geklassificeerde pixels toeneemt.

Fig. 7. Variatie klassifikatiepercentages per gehanteerde klassifikatiemethode en bandsamenstelling op het kleurengrafisch systeem



Opvallend is de invloed van band 6 op de klassifikatie. De klassifikatiepercentages veranderen relatief sterk na toevoeging van band 6. Mede in combinatie met het al eerder geconstateerde feit dat band 6 informatie toevoegt zijn de klassifikatieresultaten met band 6 nader onderzocht. De proefklassifikatie die is uitgevoerd met en zonder band 6 bracht naar voren dat voor een aantal grotere percelen de klassifikatie zeker verbeterd, daar met name rijst en mais in band 6 spektraal van elkaar verschillen, maar dat de slechtere ruimtelijke resolutie van band 6 (120 meter) het uiteindelijke klassifikatieresultaat aan de perceelranden sterk verminkt. Dit geldt in hoge mate voor de kleine percelen.

Voor een gewasklassifikatie van een tweetal elkaar gedeeltelijk overlappende klassen (rijst en mais) is de keuze van de klassifikatiemethode, het "reject"-kriterium en de bandkeuze van essentieel belang.

### 2.3.3 Klassifikatie op het Reseda-systeem

#### 2.3.3.1 Methodiek

Er is geklassificeerd met behulp van het "maximum likelihood" klassifikatiekriterium, waarbij gebruik is gemaakt van alle ter beschikking staande reflektiebanden (band 1 tot en met 5, en band 7). Als trainingsgebieden zijn de percelen uit de gewaskaart (Mashtul Pilot Area) ingevoerd. Daar voor een klassifikatie van een gebied van 90 x 90 km het onvoldoende is enkele centraal gelegen trainingsgebieden te extrapoleren naar het totale beeld, zijn trainingsgebieden ingevoerd die over het gehele beeld verspreid liggen. Als trainingsgebieden zijn enige tienduizenden pixels ingevoerd. Als basis hiervoor gold een multi-temporele analyse. Van 3 juli 1984, 1 maand voor de te klassificeren opname, is een analoog beeld van band 4 nader geanalyseerd. In combinatie met een al uitgevoerde proefklassifikatie (look up table; band 4,5), een "color composit" van band 4,3,2 en band 4,5,3, zijn verspreid over het gehele beeld nieuwe trainingspercelen van de te onderscheiden klassen ingevoerd. Als verwerpingsgrens in deze klassifikatie is het 95% betrouwbaarheidsgebied ingevoerd.

#### 2.3.3.2 Resultaten

Aan elk van de meer dan 9.500.000 pixels is uiteindelijk een klasse toegekend. De resultaten van deze klassifikatie zijn weergegeven in tabel 4. Het hoge percentage ongeklassificeerde pixels (19.73%) wordt voornamelijk veroorzaakt door het voorkomen van woestijngebied in het zuidoosten dat niet als aparte klasse is ingevoerd en derhalve door de extreme reflekties buiten de

klasse-betrouwbaarheidsgrenzen is gevallen. Langs de rivier, in het midden en zuiden van het beeld komt relatief veel mais voor. In het noordoosten van het beeld, nabij het meer van Manxalla wordt relatief meer rijst waargenomen. In het zuidwesten komt relatief veel katoen voor. Een opvallend verschil in perceelsgrootte komt duidelijk tot uiting in het beeld. In het noordwesten treft men vooral grotere percelen aan (zie figuur 8).

### 2.3.3.3 Betrouwbaarheid

Tal van oorzaken kunnen de betrouwbaarheid van de klassifikatie negatief beïnvloeden. Factoren die van invloed kunnen zijn op de klassifikatie zijn: groeistadia, bodembedekkingsgraad, bodemtype, onbekende klassen, gewasvariateiten, atmosfeer, pixelmenging en spektrale gelijkenis tussen twee of meerdere gewassen. Daarnaast kunnen ook sociaal-geografische factoren een rol spelen zoals regionaal en individueel verschillende beheersintensiteiten onder andere met betrekking tot het irrigatieregime en keuze van het inzaai- danwel overplanttijdstip.

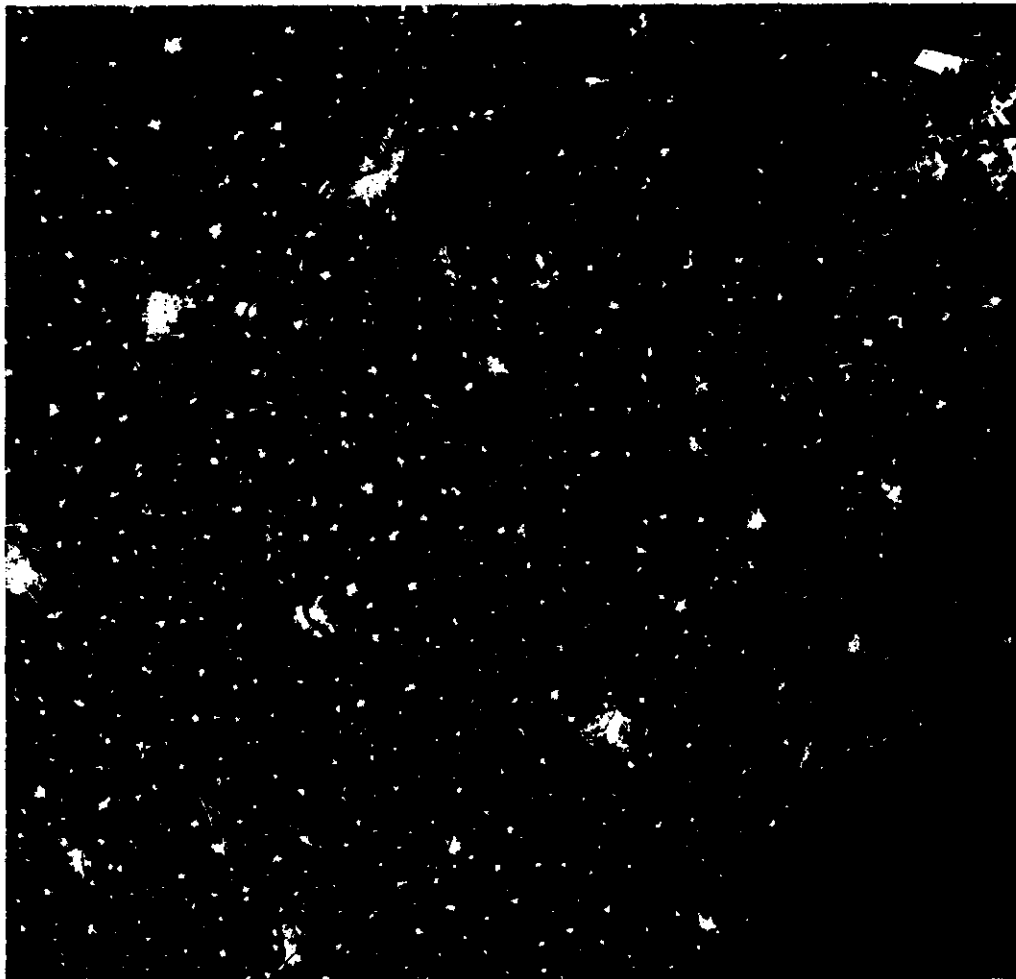
Uit de literatuur (Williams e.a. 1984) komt naar voren dat met TM-data een duidelijk hogere klassifikatienauwkeurigheid (16.2%) kan worden bereikt ten opzichte van de MSS-data. Het blijkt echter tevens dat op pixelniveau de klassifikatie negatief wordt beïnvloed daar juist door het betere detail een negatieve invloed ontstaat op de klassifikatienauwkeurigheid.

Enige gekonstateerde misklassifikaties zijn een gevolg van cumulusvorming. De wolk (hoge totale reflectie) valt buiten de klassifikatie, de schaduw (lage totale reflectie) daarentegen wordt als water geklassificeerd. Industriële emissies (El Mansura) beïnvloeden de klassifikatie. Dit leidt tot een verhoging van de totale reflectie. Hoe meer vervuiling (heiligheid) hoe meer kans dat er een misklassifikatie optreedt. In dit geval is een vrij groot gebied ten zuiden van El Mansura niet geklassificeerd. Indien men voor dit gebied een andere klassifikatiemethode toepast is het mogelijk toch een klassifikatie tot stand te brengen (Look up table; band 4,5).

Er kon helaas geen exakte controle plaatsvinden hoeveel pixels verkeerd zijn geklassificeerd, door gebrek aan geschikte kontroledata. Visueel heeft wel een controle plaatsgevonden voor de percelen gelegen in de Mashtul Pilot area, waarvan gegevens beschikbaar waren. Hieruit blijkt dat de klassifikatie van de grotere percelen goed heeft plaatsgevonden. Vooral kleine percelen lijken als gevolg van pixelmenging vaak verkeerd geklassificeerd te worden. De klassifikatie dient dan ook te worden gewantwoord voor de kleinschalige structuren langs de Nijltak en rond de steden. In regio's waar veel boomgaarden voorkomen zijn veel percelen als mais geklassificeerd met een sterk verpixelde structuur. Dit kan men langs de Nijltak, west van Zagazig en in het



Fig. 8. Klassifikatieresultaat voor het gehele TM-onderzoeksgebied



Katoen - geel  
rijst - groen  
mais - donker groen  
water - blauw  
stad - grijs  
ongekl. - zwart

Tabel 4. Klassifikatiepercentages voor het gehele TM-onderzoeksgebied

KLASSE	AANTAL PIXELS	% PIXELS
Katoen	1.733.029	17.95
Mais	2.986.703	30.93
Rijst	2.181.079	22.59
Stad	651.896	6.75
Water	198.322	2.05
Ongekl.	1.905.291	19.73
TOTAAL	9.656.320	100.00

zuidwesten waarnemen. Voor deze gebieden moet men voorzichtig zijn met de beoordeling van de verkregen resultaten. Voor de grote percelen zijn de verkregen klassifikatieresultaten echter betrouwbaar. Ten aanzien van de percentages uit tabel 4 dient men de nodige terughoudendheid te betrachten.

### 3. Hydrologische toepassingsmogelijkheden van het TM-warmtebeeld

#### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de hydrologische toepassingsmogelijkheden van het TM-warmtebeeld (band 6). De temperatuurvariatie per onderscheiden gewastype is onderzocht. Vervolgens wordt een verklaring gegeven omtrent de oorzaken van de geconstateerde temperatuurvariaties. De hydrologische toepassingsmogelijkheden van de thermische opnamen van de TM-scanner worden bepaald door de radiometrische resolutie van 10.4 $\mu$ M - 12.5 $\mu$ M, de overkomsttijd van 9:37 uur (lokale tijd), de ruimtelijke resolutie van 120 meter en de temporele resolutie van 18 dagen.

#### 3.2 Algemene karakteristiek van het TM-warmtebeeld

Het bereik van de digitale waarden (Digital Counts:DC) in het gehele beeld bedraagt 98 (114-212). Dit komt overeen met een temperatuurverschil van ongeveer 40 °C (Barker 1985, Barker and Markham 1986; zie bijlage 1). Dit verschil wordt voor het overgrote deel veroorzaakt door de hoge woestijntemperaturen. In de Nijldelta treft men een bereik aan van 46 DC (139-185), hetgeen overeenkomt met een temperatuurbereik van 19 °C. De temperatuurvariatie voor de gewassen in de Nijldelta is echter duidelijk minder. Deze variëren van 140 tot 170 DC, hetgeen met 12.5 °C overeenkomt.

Het histogram van band 6 laat in figuur 9 een aantal duidelijk te onderscheiden temperatuurbereiken zien. Uit een vergelijking met de gewasklassifikatie blijkt dat verschillende van deze temperatuurbereiken redelijk overeenkomen met bepaalde onderscheiden gewasklassen. Toch worden ook in bepaalde gewasklassen temperatuurwaarden gemeten die duidelijk buiten deze grenzen vallen. Zo komen ook in als gewas geklassificeerde percelen temperaturen voor die ook in stedelijke bebouwing voorkomen.

Gebieden met een duidelijk hogere temperatuur kan men vooral aantreffen rondom een aantal steden, langs de nijltak en in het zuidoosten van het beeld (zie figuur 10). Uit een systematische analyse van de temperaturen per gewas blijkt dat mais een relatief hoge stralingstemperatuur bezit (145-161) ten opzichte van rijst en katoen (141-153). De gemiddelde waarde verschilt 8 DC (145 rijst, katoen, 153 mais). Opvallend daarbij is de binnen mais optredende grote temperatuurvariatie. In het algemeen kan men stellen dat in

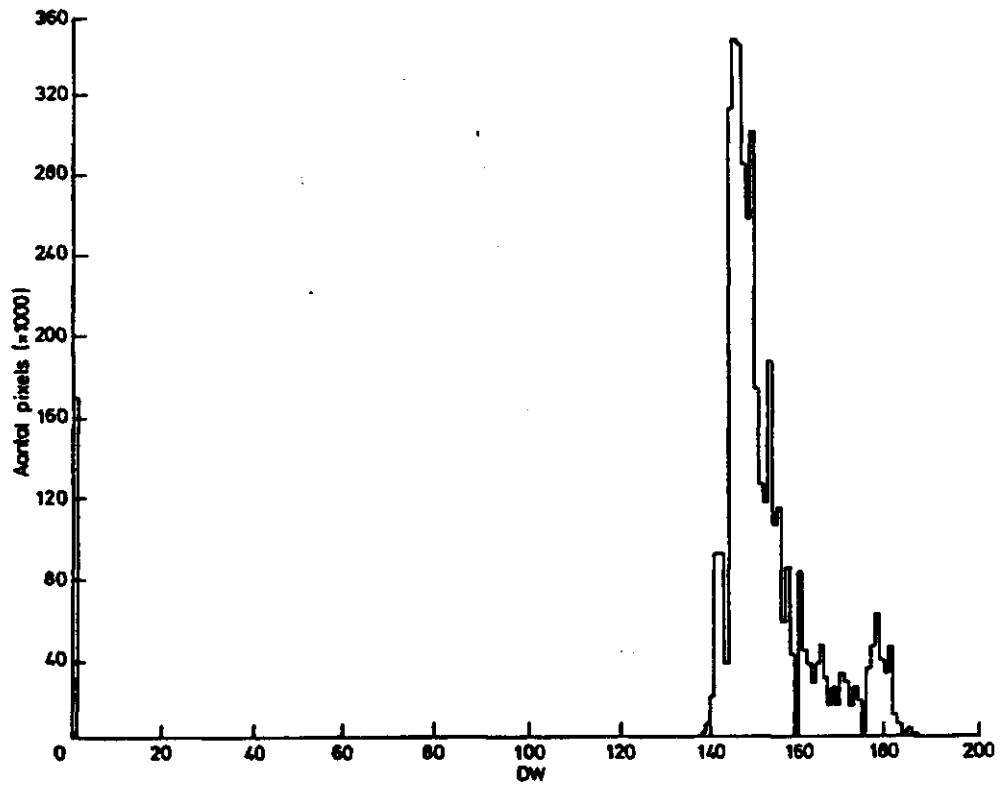


Fig. 9. Histogram van het warmtebeeld

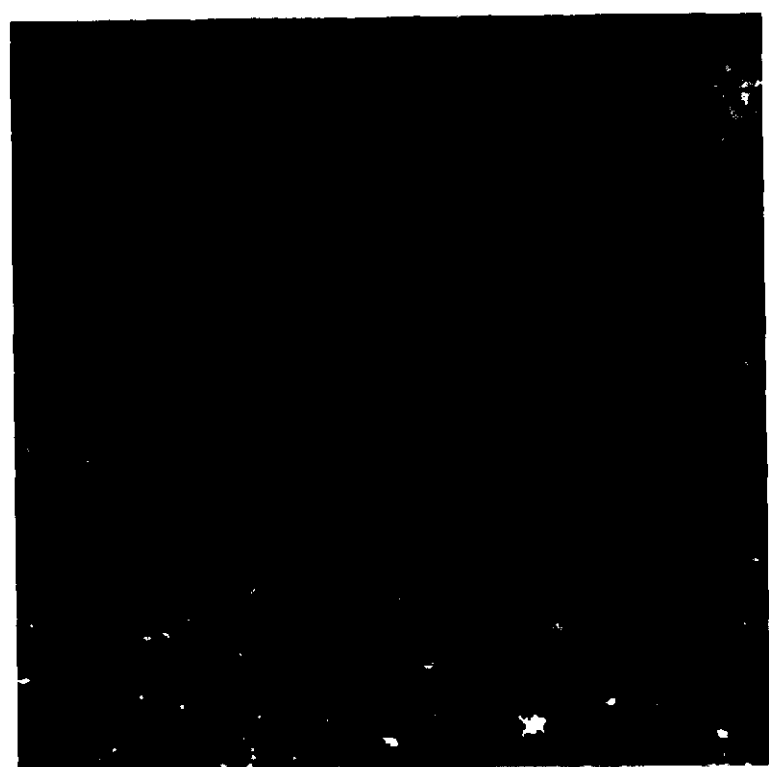


Fig. 10. Warmtebeeld Nijldelta

zie voor kleurtabel fig. 11

gebieden waar voornamelijk rijst en katoen voorkomen de temperatuur relatief laag is (139; 25 °C).

Ten einde binnen een gewas de oorzaak van de temperatuurvariatie op te sporen is het warmtebeeld geïnterpreteerd in combinatie met de verkregen gewaskaart. Zo is het mogelijk ook binnen een gewas regionaal optredende temperatuurverschillen op te sporen.

De situatie voor rijst, katoen en mais wordt achtereenvolgens besproken.

Rijst heeft door het gehele gebied heen ongeveer hetzelfde temperatuurbereik. Toch vallen enkele gebieden op met een duidelijk hogere temperatuur. Zo kan men in het noordoosten (nabij het Manxalla-meer) op een afstand van 30 km een relatief sterk temperatuurverloop waarnemen (4.5 °C).

Eenzelfde temperatuurverloop kan men in de katoen constateren. Op enige plaatsen is de temperatuurvariatie 4 à 5 graden. Het patroon is vrijwel hetzelfde als in de rijst. Net als in rijst kan men eveneens een zone ten noorden en ten noordwesten van Zagazig onderscheiden waarbinnen de laagste temperaturen voorkomen.

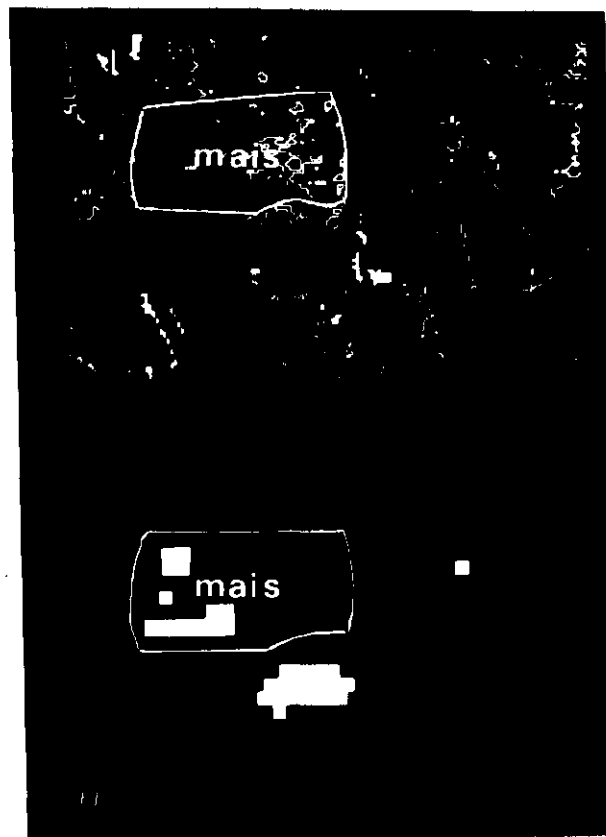
In mais komen duidelijk hogere temperaturen voor. Het temperatuurbereik is veel groter dan in rijst of katoen. Vooral in het zuiden en langs de rivier treft men hogere temperaturen aan (DC 162-163; 35 °C).

### 3.3 Verklaring temperatuurvariaties binnen een gewas

In rijst en katoen treden temperatuurverschillen op van 4 à 5 graden. In mais worden zelfs temperatuurverschillen aangetroffen van 6 à 7 graden. Gezien het vroege opnametijdstip (9.37 uur lokale tijd) zijn dergelijke temperatuurverschillen niet te verklaren met reducties in verdamping, door het optreden van vochttekorten. Andere oorzaken moeten hierbij een rol spelen. Een oorzaak voor de optredende temperatuurvariaties kan zijn dat er plaatselijk instralingsverschillen optreden. Uit een analyse van de totale reflectie (zie figuur 11) blijkt echter dat er geen grote reflectieverschillen (2%) voorkomen tussen warme maispercelen en koude maispercelen die een verklaring zouden vormen voor de optredende temperatuurvariaties binnen een gewas. Uit figuur 12 blijkt dat voor de in Egypte gemeten totale reflectiewaarden de atmosferische doorlatendheid nauwelijks een beïnvloedende faktor vormt.

Een verklaring voor de sterke temperatuurverschillen kan ook gezocht worden in gewasspecifieke parameters. Een indicatie hiervan kan worden verkregen uit de analyse van de gemiddelde reflectie per band. Zoals uit figuur 13 blijkt kan men tussen koude en warme maispercelen vooral sterke verschillen waarnemen in band 4. Er lijkt dus een verband te bestaan tussen de temperatuur van een bepaald gewas (in dit geval mais) en een gewasparameter die sterke invloed heeft op de

Fig. 11. Resultaten berekening totale reflectie in combinatie met het korresponderende warmtebeeld



Gedeelte kleurtabel totale reflectiebeeld:

- 11% - groen
- 12% - licht groen
- 13% - geel
- 14% - licht paars

Mais (warm): 11.15%

Mais (koud): 13.00%

Kleurtabel warmtebeeld (DW):

- Blauw/zwart < 141
- Donker bl. 142 - 144
- Donker gr. 145 - 146
- groen 147 - 148
- geel/bruin 149 - 150
- geel 151 - 152
- gelig/rood 153 - 155
- purper 156 - 158
- rood/paars 159 - 161
- helder rood 162 - 165
- wit > 166

Mais (warm): 162.43

Mais (koud): 149.54

reflektie in band 4. Uit figuur 13 blijkt tevens dat de reflectie van het warmere maisperceel sterk overeen komt met de gemeten reflectie van een perceel sojabonen met een geringe bodembedekking. Mogelijk staan dus bodembedekking en aard van de vegetatie in samenhang met de gemeten temperatuurverschillen. Als een belangrijk indicator hiervoor kan gelden de Vegetatie-Index (Tucker, 1977).

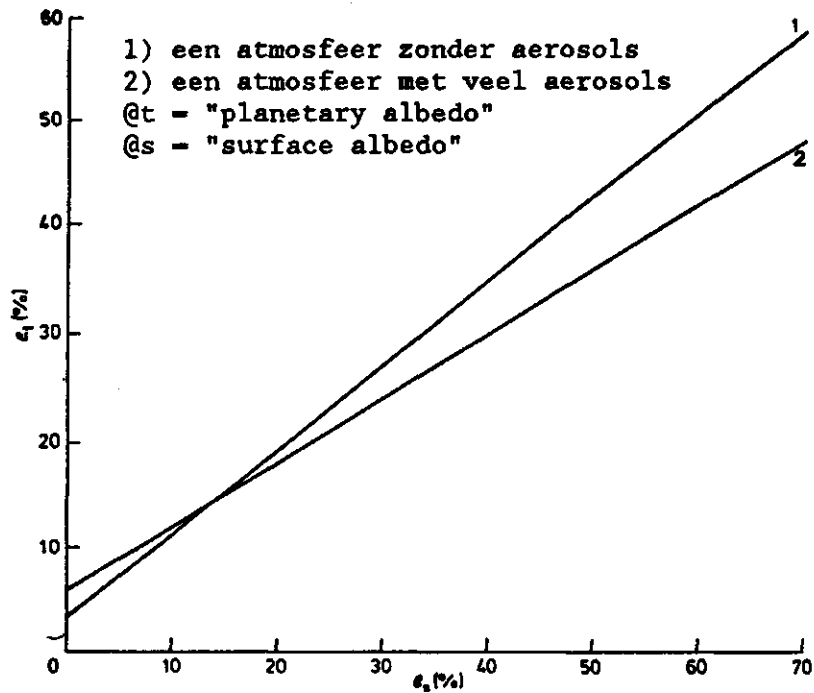


Fig. 12. Totale reflectie in relatie tot de atmosferische toestand

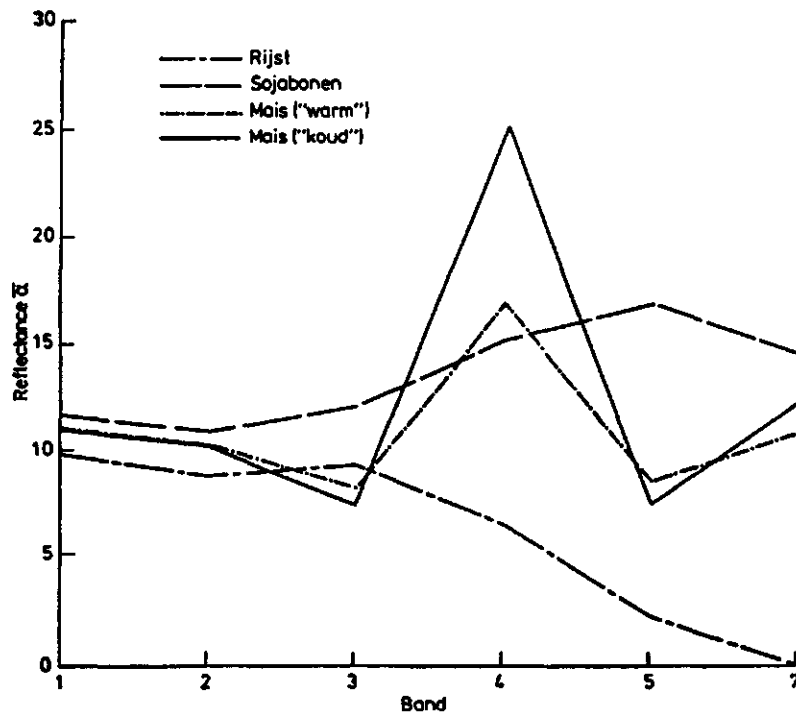
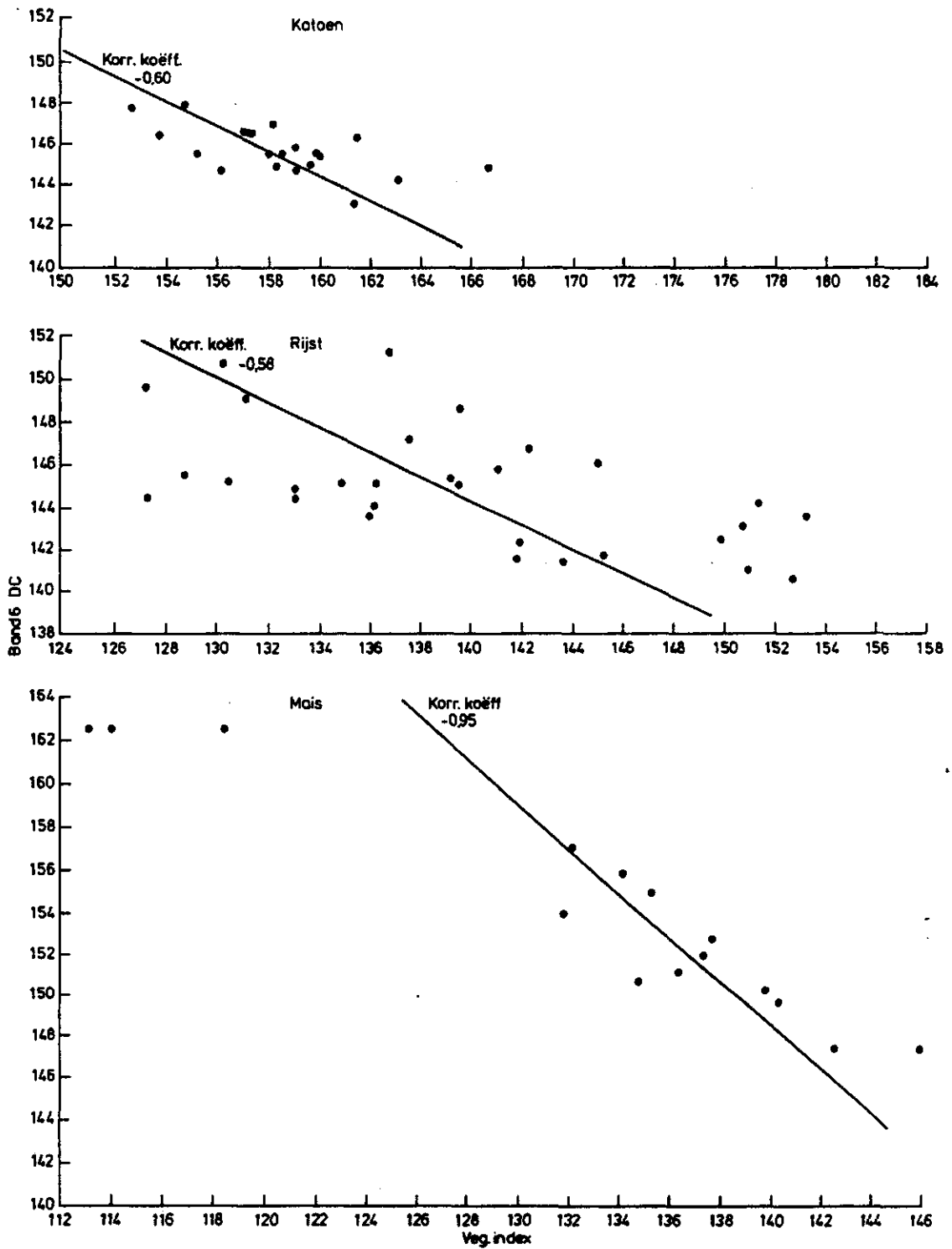


Fig. 13. Reflectiepercentages per reflectieband voor een aantal gewassen

Fig. 14. Korrelatie tussen temperatuur en biomassa per onderscheiden gewas



Deze index geeft informatie over de hoeveelheid biomassa. Door nu per gewas de Vegetatie-Index te korreleren met de temperatuur kan een eventueel verband per gewasklasse worden onderscheiden.

Van een aantal perceelsblokken zijn per gewas de gemiddelde Vegetatie-Index en de gemiddelde temperatuur bepaald (DC). Op grond van deze waarnemingen kan een verband worden aangetoond tussen de temperatuur en de biomassa voor mais (korrelatiecoëfficiënt = - 0.95). Deze relatie ligt voor katoen en rijst minder duidelijk. Toch kan men ook hier een zeker verband aantonen (korrelatiecoëfficiënt -0.60 en -0.58). Zie hiertoe figuur 14.

#### 4. Konklusies

De TM-opnamen bieden voor het eerst de mogelijkheid om op perceelsniveau te klassificeren. De kwaliteit van de klassifikatie is echter afhankelijk van de perceelsgrootte. In Egypte varieert deze sterk. Zo treden de meeste misklassifikaties op in het kleinschalige, meestal wat oudere kultuurlandschap rond de steden, langs de rivier en in het zuiden van de Nijldelta. Grootschalige en homogene perceelstructuren in de rest van het beeld worden goed geklassificeerd. Vooral katoen blijkt uitstekend te onderscheiden van andere gewassen. Alleen mais en rijst blijken op 3 augustus voor een deel spektraal met elkaar te overlappen.

Een gerichtere veldopname, een textuurgerichte klassifikatiebenadering en een multi-temporele analyse zal de klassifikatienauwkeurigheid verder verbeteren.

De temperatuurverschillen zijn in belangrijke mate gerelateerd aan biomassaverschillen. In hoeverre de waargenomen biomassaverschillen een gevolg zijn van watertekorten in bepaalde regio's of een gevolg van een latere zaai-plantdatum zou door nader veldwerk moeten worden bepaald. In het eerste geval wordt via de Vegetatie-Index informatie verkregen over waar watertekorten zijn opgetreden of nog steeds optreden. Het lijkt er sterk op dat het TM-warmtebeeld weinig toevoegt aan het vegetatie-indexbeeld.



## LITERATUUR

1. ABDEL-BAYEM, M., M. ABDEL-MONIEM, J. DEELSTRA en H.P. RITZEMA, 1985. Monitoring the performance of a drainage system with modified lay out and comparison with conventional system. Advisory panel on land drainage in Egypt. Pilot areas and drainage technology project, techn. report 30. 136 pag. Ministry of irrigation, water research center, drainage research institute
2. ANUTA, P.E., L.A. BARTOLUCCI, M.E. DEAN, D.F. LOZANO, E.MALARET, C.D. MCGILLEM, J.A. VALDES and C.R. VALENZUELA, 1984. Landsat-4-mss and thematic mapper data quality and information content analyses. IEEE transactions on geoscience and remote sensing no.3 p. 222-236 vol. 22
3. BARKER, J.L., 1985. Absolute radiometric calibration of landsat TM data, a presentation of the final LIDQA symposium 1985 ACSM-ASPRS Fall convention Indianapolis Indiana
4. BARKER, J.L., B.L. MARKHAM 1986. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and At-satellite temperatures. EOSAT Landsat technical notes no. 1
5. BERNARDI, F., G. FARINA, D. GENNARI, M. MATTEUCCI, M. MENENTI and L. STEFANINI, 1985. An expert system to mimic agricultural water use in the Po river basin. In: A. Perrier and C. Riou (eds). Crop water requirements. Proc. ICID conference, 11-14 sept. 1984, Paris. Unesco: 625-634
6. CLEVERS, J.G.P.W. en B.J. BRAAM, 1986. Klassifikatie van digitale beelden op het kleuren grafisch systeem RC-LU. vakgr. landmeetk. en teledetectie, nr. 198604
7. LILLESAND, T.M. and R.W. KIEFER, 1979. Remote sensing and image interpretation. John Wiley and Sons New York
8. MENENTI, M., G.J.A. NIEUWENHUIS, 1986. Remote sensing in the watermanagement practice. Neth. J. Agric. Science no. 3 p. 317-328 vol.34
9. TAMMINGA, J.K., 1986. A study of the waterbalance in the Hamul test-area in Egypt. ICW nota 1693 Wageningen p. 1-3
10. TUCKER, C.J., 1977. Use of near infrared/red radiance rations for estimating vegetation biomass and physiological status. Proc. 11 th. int. symp. of remote sensing of environment. Vol. 1 p. 493-494

11. WILLIAMS, D.L., J.R. IRONS, B.L. MARKHAM, R.F. NELSON, D.L. TOLL, R.S. LATTY and M.L. STAUFER, 1984. A statistical evaluation of the advantages of landsat thematic mapper data in comparison to multi-spectral scanner data. IEEE trans. on geoscience and remote sensing no. 3 p. 294-302 vol. 22

## BIJLAGE 1.

### BEREKENING TEMPERATUURBEREIK PER DIGITALE WAARDE

Als gevolg van interne kalibratieproblemen is het niet mogelijk voor augustus 1984 het exakte temperatuurbereik te berekenen. In plaats daarvan is als uitgangspunt gekozen voor de waarden die golden voor 15 januari 1984 (Barker 1985).

- Landsat-tm absolute radiometry conversion from digital to spectral radiance

$$L' = L_{min}' + (((L_{max}' - L_{min}') / 255) * Q_{cal})$$

$Q_{cal}$  = calibrated digital radiance in DN, on "CCT-PT"

$L'$  = spectral radiance in  $mWcm^{-2}ster^{-1}um^{-1}$

$L_{min}'$  = spectral radiance at  $Q_{cal} = 0$  DN

$L_{max}'$  = spectral radiance at  $Q_{cal} = 255$  DN

- Landsat-tm thermal band temperatures

$$T = 1260.56 / \ln(((60.776 / L') + 1))$$

$T$  = temperature in Kelvin (K)

$L'$  = AT-satellite spectral radiance in  $mWcm^{-2}sr^{-1}um^{-1}$

Uit de tape (3 aug. 1984) is bekend dat de laagste digitale waarde in band 6 114(DNn), en de hoogste 212(DNx) bedraagt. Daarmee mn of meer in overeenstemming worden geacht de  $L_{max}$  (1.5748) en  $L_{min}$  (0.1252) uit de landsat system overview van J.L.Barker (NASA) gedateerd op 15 januari 1984 (L-waarden in  $mWcm^{-2}sr^{-1}um^{-1}$ ).

Ingevoerd in de formule's betekent dit:

$$L' = (((1.5748 - 0.1252) / 255) * DN_{n,x}) + 0.1252$$

$$L'_{n} = 0.773$$

$$L'_{x} = 1.3303$$

$$T = 1260.56 / \ln(((60.776 / L'_{n,x}) + 1))$$

$$T_{n} = 288 \text{ K}$$

$$T_{x} = 328 \text{ K}$$

$$@T / @DN = 0.41$$

Het temperatuurbereik bedraagt 0.41 K per digitale waarde.

## Bijlage 2

De programma's "Remote" en "Remote6" zijn geschreven om op eenvoudige wijze landsat-opnamen van verschillend tijdstip of platvorm, radiometrisch met elkaar vergelijkbaar te maken. Tevens kan met dit programma de totale reflectie worden berekend.

"Remote" kan landsat-mss beelden verwerken. "Remote6" is geschreven voor de verwerking van landsat-tm data. De uitvoer van beide programma's kan als zodanig worden ingevoerd in het programma "Comban" dat op het kleurengrafisch systeem aanwezig is. De uitvoer wordt geschreven in de file remote(6).res.

```
PROGRAM REMOTE
DIMENSION ROUT(4),C(4),B(4),A(4),RLMAX(4),RLMIN(4)
C   DIT PROGRAMMA BEREKEND EEN FORMULE UIT DE VOLGENDE
C   INVOER GEGEVENS:
C   INVALSHOEK VAN DE ZON IN RADIALEN
C   LMAX EN LMIN VAN DE SATELLIET PER BAND (MAX 4 BANDEN)
C   DE STRAAL D
C   R-OUT PER BAND
C   DE RESULTATEN WORDEN GESCHREVEN IN DE FILE REMOTE.RES
PI=3.1415926
OPEN (1,FILE='REMOTE.RES',STATUS='NEW')
C
C   INVOER VAN GEGEVENS
C
100 TYPE 1
1   FORMAT(1X,'TYPE INVALSHOEK VAN DE ZON (RAD)',5X,'?',\$)
   READ 2,SUN1
2   FORMAT(F10.0)
   SUN=COS((0.5*PI)-SUN1)
C
   DO J=1,4
   TYPE 3,J
3   FORMAT(1X,'TYPE Lmax',I1,10X,'?',\$)
   READ 4,RLMAX(J)
4   FORMAT(F10.0)
C
   TYPE 5,J
5   FORMAT(1X,'TYPE Lmin',I1,10X,'?',\$)
   READ 6,RLMIN(J)
6   FORMAT(F10.0)
   ENDDO
C
   TYPE 7
7   FORMAT(1X,'TYPE d',10X,'?',\$)
   READ 8,D
8   FORMAT(F10.0)
C
   ROUTTOT=0.0
   DO 20 I=1,4
   TYPE 9,I
   READ 10,ROUT(I)
   ROUTTOT=ROUTTOT+ROUT(I)
20 CONTINUE
9   FORMAT(1X,'TYPE ROUT',I1,10X,'?',\$)
10  FORMAT(F10.0)
C
C   BEREKENEN VAN DE FORMULE
```

C

```
BTOT=0.0
DO 30 I=1,4
  C(I)=ROUT(I)/ROUTTOT
  R1=(RLMAX(I)-RLMIN(I))/255.
  A1=(PI*(D**2)*R1)/(ROUT(I)*SUN)
  A(I)=C(I)*100.*A1
  B1=(PI*(D**2)*RLMIN(I))/(ROUT(I)*SUN)
  B(I)=C(I)*100.*B1
  BTOT=BTOT+B(I)
```

30 CONTINUE

C

C

C

SCHRIJVEN VAN OUTPUT OP HET BEELDSCHERM EN IN REMOTE.RES

```
TYPE 40,SUN1,((I,RLMAX(I)),(I,RLMIN(I)),I=1,4),D,
& ((N,ROUT(N)),N=1,4)
TYPE 50,((A(K),K),K=1,4),BTOT
WRITE(1,40)SUN1,((I,RLMAX(I)),(I,RLMIN(I)),I=1,4),D,
& ((N,ROUT(N)),N=1,4)
40 FORMAT(1X,'INGEVOERDE WAARDEN: '/
& 1X,'INVALSHOEK ZON',F10.3,' RAD'/
& 4(1X,'Lmax',I1,F10.3,' Lmin',I1,F10.3/)
& 1X,'D ',F10.4/
& 4(1X,'ROUT',I1,3X,F10.3/))
WRITE(1,50)((A(K),K),K=1,4),BTOT
50 FORMAT(1X,4(F8.7,'*C',I1,' + '),F8.6)
51 TYPE 60
60 FORMAT(' WILT U NOG MEER FORMULES BEREKENEN (Y/N)',10X,'?',)
READ 70,ANTW
70 FORMAT(A1)
IF (ANTW.EQ.'Y') THEN
  GOTO 100
ENDIF
STOP
END
```

```
INGEVOERDE WAARDEN:  INVALSHOEK ZON 1.024 RAD Lmax1 1.064 Lmin1 -0.010
Lmax2 2.370 Lmin2 -0.020 Lmax3 1.220 Lmin3 -0.007 Lmax4 2.880 Lmin4
-0.020 Lmax5 0.540 Lmin5 -0.007 Lmax6 0.380 Lmin6 -0.004 D 1.0147
ROUT1 13.850 ROUT2 13.940 ROUT3 8.910 ROUT4 14.570 ROUT5 4.460 ROUT6
1.920 .0276641*C1 + .0615616*C2 + .0316050*C3 + .0746981*C4 +
.0140896*C5 + .0098911*C6 + -.446643
```

BEREKENING ATMOSFERISCHE KORREKTIE-WAARDEN.

De "solar zenith angle" bedraagt 31 graden. De correctiewaarden a en b worden berekend voor 2 situaties:

- 1) een atmosfeer zonder aerosols
- 2) een atmosfeer met veel aerosols

@t = "planetary albedo"

@s = "surface albedo"

1) a = 0.036 b = 0.79

2) a = 0.060 b = 0.60

