

32/446(334) 20 ex

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

**De ontwikkeling van een methode voor monitoring van de
'maat van de ruimte'**

**B.J. van Alphen
H. Dijkstra
J. Roos-Klein Lankhorst**

Onderzoekreeks Nota Landschap nr. 2

Rapport 334

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1994



29 JUNI 1994

1994-06-29

REFERAAT

Alphen, B.J. van, H. Dijkstra & J. Roos-Klein Lankhorst, 1994. *De ontwikkeling van een methode voor monitoring van de 'maat van de ruimte'*. Onderzoekreeks Nota Landschap nr. 2. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 334. 82 blz.; 14 fig.; 6 tab.; 8 aanh.

Het beschermen van gebieden met voor de identiteit bepalende openheid/maat van de ruimte is één van de doelstellingen van het landschapsbeleid, neergelegd in de Nota Landschap. Monitoring van de 'maat van de ruimte' kan een belangrijke bijdrage leveren aan het nagaan van veranderingen in de 'maat van de ruimte' en aan het evalueren van het landschapsbeleid. In het vooronderzoek is een methode ontwikkeld voor een geautomatiseerde kartering van de 'maat van de ruimte' door gebruik te maken van digitale topografische bestanden (DTB) 1:50.000 van de Topografische Dienst. De telling van opgaande elementen binnen rastercellen, gekoppeld aan een beslisfunctie voor de toekenning van ruimteklassen, geeft de mogelijkheid zowel op nationaal als regionaal schaalniveau de 'maat van de ruimte' te bepalen.

Trefwoorden: landschap, monitoring, maat van de ruimte, openheid, DTB, GIS

ISSN 0927-4499

Tevens verschenen in de 'Onderzoekreeks Nota Landschap nr. 2'.

©1994 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812.

DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw 'De Dorschkamp' (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond van het onderzoek	13
1.2 Probleem- en doelstelling	14
1.3 Werkwijze	15
1.4 Opbouw van het rapport	16
2 Landschapsmonitoring 'maat van de ruimte'	17
2.1 Landschap en 'maat van de ruimte'	17
2.2 Landschapsmonitoring	18
2.3 Het onderzoek 'schaal van het landschap'	20
3 Beschrijving en beoordeling van technieken en bestanden	25
3.1 Monitoring, technieken en bestanden	25
3.2 Beschrijving van technieken en bestanden	27
3.2.1 Technieken voor het aanmaken van een basisbestand	27
3.2.2 Technieken voor de analyse van structurele landschapskenmerken	29
3.2.3 Ruimtelijke basisbestanden	30
3.3 Beoordeling van technieken en bestanden	35
3.3.1 Functionaliteitseisen en beoordelingscriteria	35
3.3.2 Beoordeling en selectie van technieken en bestanden	35
4 Bepaling van relaties tussen ruimtebegrenzende elementen en de 'maat van de ruimte'	39
4.1 Inleiding	39
4.2 De classificaties van begroeiing, bebouwing en de 'maat van de ruimte'	40
4.3 Relaties tussen opgaande begroeiing, bebouwing en de 'maat van de ruimte'	42
4.3.1 Correlatie-analyse	42
4.3.2 Relaties tussen de combinatie begroeiing - bebouwing en de 'maat van de ruimte'	46
4.4 De afleidbaarheid van de 'maat van de ruimte'	48
5 Bepaling van de 'maat van de ruimte' uit digitale topografische bestanden	49
5.1 Inleiding	49
5.2 De rasterbenadering en proefwaarnemingen nabij Wageningen	49
5.3 Selectie en conversie van de testbestanden	52

5.3.1 De selectie van de testbestanden	52
5.3.2 De conversie van DTB-IGDS naar ARC/INFO	53
5.4 Het afleiden van de 'maat van de ruimte' uit digitale topografische bestanden	55
5.4.1 Procedure	55
5.4.2 Selectie en telling van opgaande elementen	56
5.4.3 Classificatie voor het automatisch afleiden van de 'maat van de ruimte'	57
5.4.4 Resultaten	59
6 Conclusies en aanbevelingen	63
6.1 Samenvatting en conclusies	63
6.2 Aanbevelingen voor de vervolgfases	64
Literatuur	67
Aanhangsels	71

Aanhangsels

1 Classificatiematrices van 'schaal van het landschap' (uit: Buitenhuis et al., 1986)	73
2 Legenda van het geactualiseerde LGN-bestand	75
3 Samenvoeging opgaande begroeiing met bebouwing tot een combinatie-classificatie	76
4 Proefgebiedjes A, B en C nabij Wageningen	77
5 Classificatieschema 'maat van de ruimte' voor proefgebiedjes nabij Wageningen	78
6 DTB-12E lijnen- en vlakkenbestand	80
7 DTB-12E bebouwingsbestand	81
8 Technische eisen van de conversie- en classificatieprocedure	82

Tabellen

1 Overzicht van ruimtelijke basisbestanden en bronnen waaruit ze zijn afgeleid	34
2 Informatie-inhoud bronnen in relatie tot de elementen die de 'maat van de ruimte' bepalen	36
3 Beoordeling van technieken/bronnen naar functionaliteitseisen	37
4 Geselecteerde elementen uit het DTB 1 : 50 000 (kaart 12E)	56
5 Classificatieschema van de 'maat van de ruimte'	58
6 Frequenties van de klassen van de 'maat van de ruimte' van DTB kaartblad 12E bij rastergrootten van 500 m x 500 m, 1000 m x 1000 m en 2000 m x 2000 m	59

Figuren

1 Plaats van de 'maat van de ruimte' in het voorgestelde werkproces van 'Toestand van het Landschap'	14
2 Monitoring en de beleidscyclus	20
3 Werkwijze onderzoek 'schaal van het landschap'	21
4 Monitoring, technieken en bestanden	25

5	Herzieningscyclus en planning bestandsopbouw DTB 1 : 50 000	32
6	Schema van de gevolgde procedure voor correlatieberekening	43
7	Frequenties van klassen van de 'maat van de ruimte'	44
8	Puntengrafiek van relaties tussen de combinaties begroeiing - bebouwing en de 'maat van de ruimte'	46
9	Frequenties van klassen van de combinatie-classificatie	48
10	Ligging proefgebied DTB 1 : 50 000, 12 Oost, kaartblad 12E	53
11	Procedure voor het classificeren van de 'maat van de ruimte'	55
12	Klassen 'maat van de ruimte' van DTB kaartblad 12E met een raster van 500 m x 500 m	60
13	Klassen 'maat van de ruimte' van DTB kaartblad 12E met een raster van 1000 m x 1000 m	61
14	Klassen 'maat van de ruimte' van DTB kaartblad 12E met een raster van 2000 m x 2000 m	62

Woord vooraf

Vanuit het streven naar instandhouding van de aanwezige verscheidenheid en identiteit van het Nederlandse landschap wil de rijksoverheid (Nota Landschap) de zeer open en zeer kleinschalige gebieden beschermen. Om een dergelijk beleid te kunnen voeren, is het nodig te weten hoe landschappen veranderen in de openheid of 'maat van de ruimte' en hoe effectief het landschapsbeleid is om de schaaluitesten te beschermen. Voor het registreren van veranderingen in de 'maat van de ruimte' is een monitoringssysteem vereist. Het vooronderzoek had tot doel om een methode te ontwikkelen voor kartering van de 'maat van de ruimte' als basis voor een dergelijk systeem van landschapsmonitoring.

Het vooronderzoek naar de ontwikkeling van een methode voor monitoring van de 'maat van de ruimte' heeft DLO-Staring Centrum uitgevoerd van juli 1993 tot maart 1994 in opdracht van de Directie NBLF van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

De Begeleidingscommissie bestond uit:

ir. J. Vissers (vz.)	Min. van LNV, IKC-NBLF, Wageningen
ir. N.F.C. Hazendonk (secr.)	Min. van LNV, IKC-NBLF, Wageningen
ir. W.J.C. Hoeffnagel	Min. van LNV, Dir. NBLF, Den Haag
ing. G.J. Wijchers	Rijksplanologische Dienst, Den Haag

Het vooronderzoek is uitgevoerd binnen de Afd. Gedragwetenschappen en Fysiognomie en de Afd. Informatievoorziening Landelijke Gebieden van DLO-Staring Centrum. Belangrijke ondersteuning vond plaats vanuit de Afd. Remote Sensing (ir. H.A.M. Thunnissen) en de Afd. Kwantitatieve methoden, GIS en Informatica (P. Lentjes). Dank is verschuldigd aan B.J. van Alphen, die in het kader van zijn afstudeervak voor de Vakgroep Landmeetkunde en GIS van de Landbouwuniversiteit een belangrijk aandeel heeft gehad in de uitvoering van het vooronderzoek.

Samenvatting

In de Nota Landschap (Ministerie van LNV, 1992) is als doelstelling opgenomen *de bescherming van gebieden met voor de identiteit bepalende schaalkenmerken*. In vervolg op de Nota Landschap is door het IKC-NBLF een haalbaarheidstudie 'Toestand van het Landschap' uitgevoerd (Vissers et al., 1993). In deze studie wordt een werkprogramma voorgesteld voor de planperiode van de Nota Landschap. Dit werkprogramma omvat een zevental produkten, waarvan 'monitoring maat van de ruimte' er één is. Dit vooronderzoek ontwikkelt een methodiek voor kartering van de 'maat van de ruimte', waarbij met het oog op het te ontwikkelen monitorings-systeem, rekening wordt gehouden met een aantal functionaliteitseisen.

Ruimte wordt gedefinieerd als een toestand van het landschap waarin geen of weinig verticale elementen voorkomen. Ruimte wordt begrensd door zichtbeperkende opgaande elementen in het landschap. De *maat van de ruimte* heeft betrekking op de omvang van de ruimten; de mate van openheid of geslotenheid van het landschap.

Hoe moet de monitoring van de 'maat van de ruimte' er nu in de praktijk uit zien? Allereerst wordt het begrip *landschapsmonitoring* uitgediept en beschreven als het proces van regelmatig terugkerende karteringen en metingen van één of meer onderdelen of indicatoren van het landschap voor goed omschreven doeleinden, gebruik makend van vergelijkbare methoden voor verzameling en beoordeling van gegevens. Aan het te ontwikkelen monitoringssysteem zijn verschillende functiona-liteitseisen gesteld:

- de methode dient uit te gaan van technieken en bestanden die voldoende informatie geven over ruimtebegrenzende elementen (de gewenste informatie-inhoud);
- de methode dient gemakkelijk herhaalbaar te zijn, in dit geval opgevat als de frequentie waarmee de brongegevens worden gegenereerd;
- de methode dient efficiënt en voor zover mogelijk geautomatiseerd te zijn;
- de methode dient zowel regionaal als landelijk toepasbaar te zijn;
- de resultaten dienen op landelijke schaal vergelijkbaar te zijn met de resultaten uit het onderzoek 'schaal van het landschap' (Buitenhuis et al., 1986).

In hoofdstuk drie wordt vastgesteld dat de Digitale Topografische Bestanden (DTB) de beste basis vormen voor de kartering. Er wordt gekozen voor gebruik van DTB schaal 1 : 50 000. Voor digitale operaties met geografische data wordt gebruik gemaakt van ARC/INFO. De DTB bestanden worden door de Topografische Dienst Nederland (TDN) geleverd in IGDS formaat (Intergraph). Daarom is de ontwikkeling van een conversieprocedure IGDS - ARC/INFO noodzakelijk.

Middels een correlatie-analyse wordt aangetoond dat de 'maat van de ruimte' bepaald kan worden door meting van lengten en oppervlakten van opgaande elementen. Dit is eenvoudiger te automatiseren dan het meten van ruimten. Dit laatste geeft namelijk problemen bij het definiëren van eenduidige regels voor de begrenzing van ruimten.

Als geometrische basis voor de kartering wordt een rasterstructuur gekozen. Aan de hand van veldwaarnemingen is vastgesteld dat 500 m x 500 m de *minimale celgrootte* is voor een zinnige kartering van de 'maat van de ruimte'. Deze rastergrootte kan dienen voor gedetailleerde analyses op regionale schaal. Voor analyses op nationale schaal moet een grover raster worden gekozen van 1 km x 1 km en 2 km x 2 km.

De uiteindelijke methode voor kartering van de 'maat van de ruimte' wordt aan de hand van twee stappen ontwikkeld:

- 1 De ontwikkeling van een methode om vanuit DTB te komen tot *selectie en telling* van lengten en oppervlakten van opgaande elementen voor afzonderlijke rastercellen.
- 2 De ontwikkeling van een structuur om de resultaten van stap één te vertalen naar klassen van de 'maat van de ruimte'. Dit betekent de ontwikkeling van een *classificatiestructuur*.

De uitwerking van deze stappen wordt gevormd door een AML-programma (Arc Macro Language). Hiermee kan op relatief eenvoudige en efficiënte wijze een kartering van de 'maat van de ruimte' worden verkregen. De gewenste rastergrootte voor kartering kan als variabele worden opgegeven, de classificatie wordt hier automatisch op aangepast.

De ontwikkelde ruimteclassificatie maakt geen onderscheid naar de thematische samenstelling van de opgaande elementen (bebouwing, begroeiing e.d.). Dit onderscheid kan relatief eenvoudig worden aangebracht.

Belangrijke conclusies uit dit vooronderzoek zijn dat:

- 1 een geautomatiseerde kartering van de 'maat van de ruimte' goed mogelijk is en dat de ontwikkelde methodiek in hoge mate aan de gestelde functionaliteitseisen voldoet;
- 2 bij geautomatiseerde kartering van de 'maat van de ruimte' uitgegaan dient te worden van de digitale topografische bestanden (DTB) van de Topografische Dienst Nederland. Voorwaarden voor monitoring van de 'maat van de ruimte' zijn dat deze bestanden voor geheel Nederland tijdig ter beschikking komen, regelmatig worden vernieuwd en in de tijd gezien inhoudelijk stabiel blijven.
- 3 er nog verschillende technische problemen bij de conversie van IGDS naar ARC/INFO en bij de geautomatiseerde classificatie van de 'maat van de ruimte' zijn te overwinnen.

Aanbevolen wordt om:

- 1 de ontwikkelde methodiek toe te passen voor verschillende landschapstypen en om het reliëf beter in de classificatie van de 'maat van de ruimte' te betrekken;
- 2 de DTB effectief te benutten voor landschapsmonitoring niet alleen voor monitoring van de 'maat van de ruimte' maar ook voor andere kenmerken (bijvoorbeeld de mate van verstedelijking, versnippering);
- 3 in de vervolgfases voor het opzetten en uitvoeren van een monitoringssysteem 'maat van de ruimte' ter dege rekening te houden met technische en organisatorisch/financiële aspecten.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van het onderzoek

De 'maat van de ruimte' is sinds lange tijd onderdeel van het ruimtelijk beleid in Nederland. Vanaf de Tweede Nota over de Ruimtelijke Ordening (Ministerie van VRO, 1966) tot de Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening - Extra (Ministerie van VROM, 1990) speelt het begrip een belangrijke rol. Het gaat daarbij vooral om de verstedelijking in goede banen te leiden en om het in standhouden van de verscheidenheid in ruimten. De Regt (1989) gaat in de 'Ruimtelijke Verkenningen 1989' van de Rijksplanologische Dienst in op de nivellering van verschillen in de maat van de ruimte en in het bijzonder op het verdwijnen van de kleinschalige landschappen in Nederland en Europa.

In het Natuurbeleidsplan (NBP) (Ministerie van LNV, 1990) wordt op het ruimtelijk beleid aangesloten. Het NBP stelt dat de ruimtelijke maat steeds meer uniform wordt. Dit proces heeft een negatieve invloed op de belevingswaarde van het Nederlandse landschap. Daarom geeft de regering in het NBP prioriteit aan het handhaven van de schaalustersten: gebieden met een nog intacte kleinschaligheid en gebieden met een duidelijk open karakter. Dit beleid is overgenomen in de Nota Landschap (Ministerie van LNV, 1992). De hoofddoelstelling van het landschapsbeleid volgens de Nota Landschap is het bevorderen van de instandhouding, het herstel en de ontwikkeling van een kwalitatief hoogwaardig landschap. Deze hoofddoelstelling is uitgewerkt in vijf doelstellingen. Eén van deze doelstellingen is *de bescherming van gebieden met voor de identiteit bepalende schaalkenmerken*. De zeer kleinschalige en zeer open gebieden worden beschermd, voorzover er sprake is van nivellering van schaalkenmerken. 'Kleinschalige gebieden' zijn in de Nota Landschap weergegeven op kaart 7: cultuurhistorische elementen en patronen in de bovenlaag. De open gebieden vormen een eigen beleidscategorie, gebieden met 'Behoud van belangrijke openheid'. De open gebieden in het Groene Hart vragen bijzondere aandacht omdat nivellering hier het meest dreigt. De kleinschalige gebieden en gebieden waar het behoud van belangrijke openheid wordt nagestreefd, zijn op de *Beleidskaart Landschap* (kaart 17) in de Nota Landschap weergegeven.

In vervolg op de Nota Landschap is door het Informatie en Kennis Centrum Natuur, Bos, Landschap en Fauna (IKC-NBLF) een haalbaarheidsstudie 'Toestand van het Landschap' uitgevoerd (Vissers et al., 1993). In deze haalbaarheidsstudie wordt een werkprogramma voorgesteld voor de planperiode van de Nota Landschap. Dit werkprogramma omvat een zevental produkten, waarvan de 'monitoring maat van de ruimte' er één is. De plaats van de 'maat van de ruimte' is in figuur 1 weergegeven. Monitoring van de 'maat van de ruimte' moet geplaatst worden in de beleidscyclus en in het bijzonder bij de evaluatie ex post van het landschapsbeleid. Hierop wordt in hoofdstuk 2 teruggekomen.

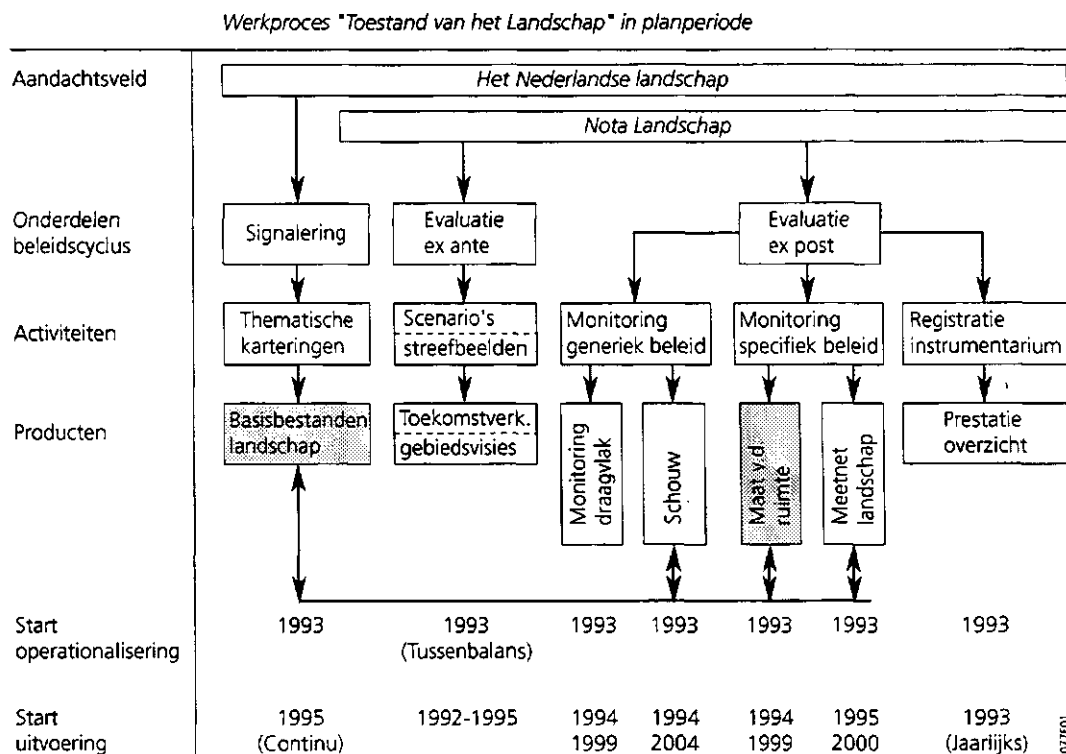


Fig. 1 Plaats van de 'maat van de ruimte' in het voorgestelde werkproces van 'Toestand van het Landschap' (gewijzigd naar: Vissers et al., 1993)

1.2 Probleem- en doelstelling

Om tijdens en aan het eind van de planperiode (1992-2000) het beleid voor de specifieke gebieden met kenmerkende schaaluitkomsten te kunnen evalueren, is een systematische registratie van veranderingen van ruimtematen *op regionale schaal* in de betreffende gebieden noodzakelijk. Daarnaast is de 'maat van de ruimte' een algemeen kenmerk bij het bepalen van de identiteit van verschillende landschappen. Uit dien hoofde is een landsdekkende systematische registratie in ruimtematen *op nationale schaal* ter ondersteuning en beoordeling van het generieke landschapsbeleid noodzakelijk.

Het *probleem* is dat er momenteel geen methodiek beschikbaar is voor monitoring van de 'maat van ruimte' die aan gestelde functionaliteitseisen voldoet. Van de zijde van de Directie NBLF van het Ministerie van LNV bestond daarom de behoefte een vooronderzoek uit te voeren naar de mogelijkheden van het opzetten van een monitoringssysteem voor de 'maat van de ruimte'. Deze vraag is door het IKC-NBLF

uitgewerkt in het projectvoorstel 'Monitoring maat van de ruimte' (Vissers, 1993). Er zal volgens dit projectvoorstel gezocht moeten worden naar een methodiek die de volgende kenmerken heeft:

- De methode leent zich goed voor een regelmatige herhaling.
- De methode heeft een hoge mate van efficiency.
- De methode is op twee verschillende schaalniveaus te gebruiken, zowel regionaal ten behoeve van de evaluatie van het specifieke landschapsbeleid, als nationaal ten behoeve van evaluatie van het generieke landschapsbeleid.
- De methode levert, althans op nationale schaal, informatie op die vergelijkbaar is met het huidige bestand 'schaal van het landschap' (Buitenhuis et al., 1986).

Gezien deze globale functionaliteitseisen, maar ook gezien de verschillende mogelijkheden op het gebied van waarnemingstechnieken, data-opslag en dataverwerking, is het noodzakelijk in een vooronderzoek te bepalen welke methodiek de beste resultaten oplevert. Op basis van de resultaten van dit vooronderzoek kan dan vervolgens een programma worden opgesteld voor monitoring van de 'maat van de ruimte'.

Doel van het onderzoek is:

- 1 het ontwikkelen van een methodiek voor het *karteren* van de 'maat van de ruimte', die als basis kan dienen voor een monitoringssysteem. De methodiek moet worden ontwikkeld binnen te stellen functionaliteitseisen en de aanwezige mogelijkheden van registratie, opslag en verwerking van gegevens.
- 2 het testen van de voorgestelde methodiek op zijn bruikbaarheid aan de hand van toepassing in een proefgebied;
- 3 het doen van aanbevelingen voor het aansturen en opstarten van fase II (opstellen programma voor monitoring 'maat van de ruimte') en fase III (uitvoering programma 'maat van de ruimte').

1.3 Werkwijze

In het projectvoorstel van het IKC-NBLF (Vissers, 1993) worden de volgende fasen onderscheiden:

- I1a initiatieffase
- I1b uitbesteding
- I2 opstellen van functionaliteitseisen
- I3 uitwerking meest geschikte methodiek(en)
- I4 test van de methodiek(en) in case-study
- I5 opstellen aanbevelingen voor fase II en III
- I6 eindrapportage
- I7/III1 nazorg-/vervolgactiviteiten

De kern van het vooronderzoek ligt inhoudelijk in de fasen I2, I3 en I4. De functionaliteitseisen leveren de criteria waarop de methodiek wordt beoordeeld. De beoordeling zal in twee ronden plaatsvinden: een eerste globale beoordeling op basis van literatuur en expert-judgement, en een tweede beoordeling na testen in een proefgebied. Bij het ontwikkelen van de methodiek wordt gekeken naar de bruikbaarheid van verschillende technieken: remote sensing, GIS en visuele analyse.

1.4 Opbouw van het rapport

Hoofdstuk 2 gaat in op 'landschapsmonitoring' en op het begrip 'maat van de ruimte'. Het hoofdstuk heeft tot doel een algemeen kader te schetsen, begrippen te omschrijven en inzicht te bieden in de eerder uitgevoerde studie 'schaal van het landschap' (Buitenhuis et al., 1986).

Hoofdstuk 3 geeft een beeld van de verschillende methoden en technieken die beschikbaar zijn voor monitoring van de 'maat van de ruimte'. De functionaliteits-eisen worden kort besproken en nagegaan wordt welke methoden en technieken het meest geschikt zijn voor de monitoring van de 'maat van de ruimte'. Deze evaluatie mondt uit in de keuze van toe te passen technieken in de case-study.

Hoofdstuk 4 toont statistisch aan dat de 'maat van de ruimte' kan worden afgeleid uit de meting van lengten en oppervlakten van opgaande elementen. Dit is eenvoudiger te automatiseren dan het meten van ruimten.

Hoofdstuk 5 behandelt de ontwikkeling van een methode om met de gekozen technieken en bestanden tot een goed herhaalbare, efficiënte en vooral zinvolle kartering van de 'maat van de ruimte' te komen.

Hoofdstuk 6 bevat de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek. Dit spitst zich toe op de keuze van methoden en technieken die bij voorkeur dienen te worden gebruikt bij het uitvoeren van een programma voor monitoring van de 'maat van de ruimte'. Er worden aanbevelingen geformuleerd voor de vervolgfases, onderscheiden naar aanbevelingen van inhoudelijke, technische en organisatorisch/financiële aard.

2 Landschapsmonitoring 'maat van de ruimte'

2.1 Landschap en 'maat van de ruimte'

Landschap wordt hier opgevat als de ruimtelijke uitdrukking van natuurlijke en anthropogene elementen. *Elementen* zijn de kleinste te beschouwen, ruimtelijk afgrensbare onderdelen van het landschap. Bij elementen wordt algemeen een onderscheid gemaakt naar de *aard* (huizen, wegen, sloten, akkers, bossen) en naar de *vorm* (punt-, lijn-, en vlakelementen). Een andere indeling is naar horizontale en verticale elementen. Bij de horizontale elementen is de hoogte van de elementen gering en draagt deze weinig bij tot de begrenzing van het zichtveld, bijvoorbeeld een perceel grasland. Bij verticale elementen is dit wel het geval, bijvoorbeeld bebouwing, dijklichamen, houtwal, bos.

Elementen kunnen op zichzelf worden beschouwd, maar ook in samenhang worden bekeken en tot grotere eenheden (landschapstypen) worden samengevoegd. Landschappen waarin overeenkomstige elementen voorkomen, kunnen sterk verschillen doordat de aantallen en onderlinge rangschikking van elementen niet gelijk zijn. Deze vormen de voor een bepaald landschap(stype) kenmerkende patronen en structuren. Onder *structuur* wordt het geheel van elementen en hun onderlinge relaties verstaan. *Patronen* vormen het zichtbare deel van de structuur: de onderlinge ordening/licging van elementen.

Een landschap verandert in de loop der tijd in meer of mindere mate. Er is sprake van processen. Een *proces* is op te vatten als een verandering van elementen en/of hun onderlinge relaties in de tijd. Er zijn éénmalige veranderingen, maar ook processen die zich regelmatig herhalen. Processen worden tot stand gebracht door *factoren*, de drijvende krachten achter en voorwaarden voor processen. Er worden meestal drie groepen factoren onderscheiden: abiotische, biotische en anthropogene factoren.

Het begrip *ruimte* kan verschillende betekenissen hebben. De Pater (1980) plaatst het begrip binnen de volgende dimensies:

- absolute versus relatieve ruimte;
- continuüm van ruimtevormen, lopend van een direct waarneembare concrete en vermenselijkte ruimte naar een zeer abstracte niet aanschouwbaar of voorstelbare ruimte;
- de geometrisch ontmenselijkte ruimte (bijv. in de 'spatial analysis' traditie) tot een door de menselijke geest op subjectieve wijze waargenomen, geïnterpreteerde en zingegeven ruimte.

In dit onderzoek gaat het in de eerste plaats om de direct waarneembare concrete ruimte. Ruimte wordt opgevat als een toestand van het landschap waarin geen of weinig verticale elementen voorkomen. Ruimten worden in fysieke zin begrensd door massa, verticale elementen. De Veer (1977) spreekt van ruimte - in landschaps-

fysiognomische zin - wanneer abrupt oprijzende elementen hoger dan ooghoogte van een in het terrein staande waarnemer over een zeker oppervlak afwezig zijn. Eenvoudig gezegd: wanneer de waarnemer in verschillende richtingen 'ver' kan zien, of wanneer het landschap 'leeg' is.

In visuele karteringen en typeringen van het landschap in Nederland is ruimte-massa het centrale concept. Ruimte en massa worden getypeerd naar aard, vorm en omvang. De maat van de ruimte heeft te maken met de omvang van de ruimte, met de mate van openheid-geslotenheid van het landschap. Voor het karteren van de maat van de ruimte onderscheidt De Veer (1984) drie methoden, nl. de compartimentmethode, de zichtwijdmethode en de rastermethode. De compartimentmethode is een methode waarbij geen expliciet waarnemingspunt wordt gehanteerd. Op een kaart worden visueel eenheden begrensd, die wat de kenmerken van ruimte-massa betreft als homogeen worden beschouwd. Bij de zichtwijdmethode worden waarnemingspunten gekozen. De classificatie is daar gebaseerd op wat een waarnemer vanaf een bepaald waarnemingspunt ziet. Beide methoden leiden tot kaarten met 'natuurlijke grenzen'. De rastermethode is eigenlijk van een andere orde. Rastergrenzen zijn 'fictieve' grenzen zonder directe relatie met grenzen in het terrein. Rastercellen fungeren als de eenheden waarin informatie wordt opgeslagen. De rastermethode kan worden gecombineerd met de beide andere methoden.

2.2 Landschapsmonitoring

Gewijzigd naar Janssen et al. (1983) wordt onder *landschapsmonitoring* verstaan: het proces van regelmatig terugkerende karteringen en metingen van één of meer onderdelen of indicatoren van het landschap voor goed omschreven doeleinden, volgens vooraf vastgestelde tijd- en plaatsschema's, waarbij gebruik wordt gemaakt van vergelijkbare methoden voor het beoordelen van het landschap en voor het verzamelen van gegevens. Monitoring levert informatie over de huidige toestand van het landschap en over de wijze, waarop dit zich heeft ontwikkeld.

Over het algemeen worden drie *functies* van monitoring onderscheiden (Janssen et al., 1983):

- de signalerende functie
Signaleren wil zeggen het registreren van de ontwikkelingen in het landschap op zodanige wijze, dat deze ontwikkelingen localiseerbaar zijn in de ruimte en dateerbaar in de tijd. De signalering kan niet alleen betrekking hebben op de verandering zelf maar ook op de oorzaken van de verandering. De signalering kan leiden tot de erkenning van problemen, in dit geval problemen ten aanzien van de nivellering van schaalverschillen in het landschap.
- de controlerende functie
Onder controleren wordt verstaan het toetsen van waargenomen ontwikkelingen in het landschap aan de voorspelde of gewenste ontwikkelingen op zodanige wijze, dat zo mogelijk een verband kan worden gelegd tussen de waargenomen ontwikkelingen en de beleidsmaatregel die gericht was op deze ontwikkelingen. De controle kan betrekking hebben op de naleving van (beleids)maatregelen, of

- het bereiken van beleidsdoelstellingen aangaande de kwaliteit van landschappen.
- de voorspellende functie
Voorspellen is het doen van uitspraken over toekomstige ontwikkelingen in het landschap op zodanige wijze, dat deze voorspellingen localiseerbaar en dateerbaar zijn. Het gaat hier zowel om het voorspellen van de effecten van autonome ontwikkelingen als om de geplande ontwikkelingen (scenario's, plannen).

De *doelstellingen* van het monitoringssysteem hangen direct samen met één of meer van deze functies. Naast functies beïnvloeden praktische en financiële *randvoorwaarden* de meetdoelstellingen. Wanneer de *meetdoelstellingen* zijn bepaald moeten de volgende stappen worden gezet:

- de keuze van de landschapskenmerken (*wat*) en landschappen (*waar*) die men wil meten.
Het verdient aanbeveling twee stappen te onderscheiden: eerst de keuze van concrete landschapskenmerken (basisinformatie) en vervolgens daaruit afleidbare kenmerken zoals 'maat van de ruimte'.
- de keuze van *hoe* men gaat meten
Hier moet worden bepaald welke informatiebronnen worden gebruikt, welke methoden van waarneming, eventueel de dichtheid en de locatie van waarnemingspunten.
- het *verzamelen van gegevens*
In deze stap worden de gegevens verzameld. In de voorstudie zal dit met digitale topografische bestanden en veldwerk plaatsvinden. Veldwerk is nodig om een inschatting te kunnen geven van de kwaliteit van de digitale informatie.
- het *verwerken van gegevens*
Het gaat hier om de opslag van gegevens, de bewerking van gegevens (statistische analyse, classificatie), de uitvoer van gegevens (tabellen, kaarten met keuze naar schaal en vorm) en de rapportage.

Monitoring kan geplaatst worden in de zgn. *beleidscyclus* (figuur 2). Monitoring is hier verbonden met de probleemsigalering, het voorspellen bij de evaluatie *ex-ante*, en het controleren bij de evaluatie *ex-post*. De factor tijd speelt bij monitoring een belangrijke rol. Bij de evaluatie *ex-post* moet daarom rekening worden gehouden met een aantal beleidsspecifieke problemen. Er kan tussen de beleidsvaststelling en de uitvoering van het beleid geruime tijd verlopen. Daarbij kunnen zich verschillende problemen voordoen. Het oorspronkelijke doel van het beleid is niet goed of te vaag geformuleerd zodat een evaluatie moeilijk is. Ook kunnen de beleidsdoelen voor het landschap in de loop van de tijd zelf wijzigingen ondergaan, waardoor het oorspronkelijke doel niet meer beleidsrelevant is. Een ander probleem is om na te gaan of de landschapsveranderingen een gevolg zijn geweest van het gevoerde beleid of dat andere factoren een rol hebben gespeeld. Dergelijke problemen doen zich bijvoorbeeld voor bij de monitoring van landschapsveranderingen door landinrichting.

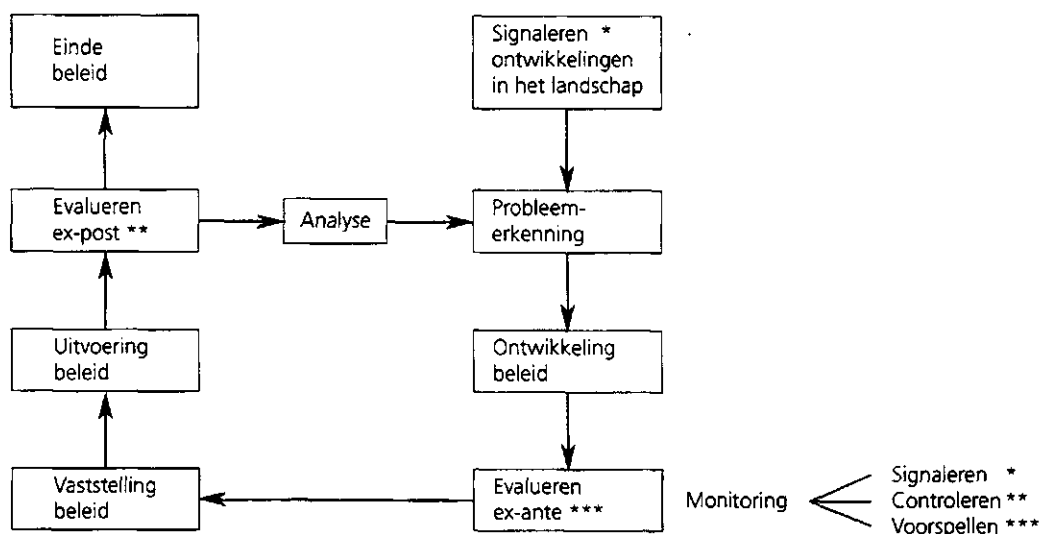


Fig. 2 Monitoring en de beleidscyclus

Voorliggende studie richt zich op monitoring van de 'maat van de ruimte'. De 'maat van de ruimte' is echter slechts één kenmerk van het landschap. Landschapsmonitoring kan zich ook/mede op andere kenmerken richten, zoals diversiteit, gebruik en natuurlijkheid. Mogelijkerwijs kan in de case-study een beeld worden verkregen van mogelijkheden om deze begrippen in combinatie met de 'maat van de ruimte' te operationaliseren.

2.3 Het onderzoek 'schaal van het landschap'

In 1986 is in het kader van de studie 'schaal van het landschap' (Buitenhuis et al., 1986) voor het eerst een landelijke kartering van de 'maat van de ruimte' gemaakt. In het projectvoorstel van het IKC-NBLF (Vissers, 1993) is als één van de functionaliteitseisen geformuleerd, dat een nieuwe methode voor kartering van de 'maat van de ruimte' op nationale schaal informatie dient te leveren die vergelijkbaar is met dit bestand. Met betrekking tot het huidige bestand 'maat van de ruimte' worden in het projectvoorstel de volgende problemen genoemd:

- Het huidige bestand is inmiddels sterk verouderd. Dat was het overigens ten dele al toen het gereed was in 1986.
- Het huidige bestand is gebaseerd op waarnemingen die onderling nogal verschillen in ouderdom; de spreiding is meer dan 10 jaar. Zo'n spreiding is ongewenst indien er met een zekere frequentie betrouwbare uitspraken nodig zijn omtrent veranderingen in het landschap op nationale schaal.
- De wijze waarop het huidige bestand tot stand gekomen is, is gezien het arbeidsintensieve karakter niet voor herhaling vatbaar. Er zal dan ook gezocht moeten

worden naar een efficiëntere wijze van dataverzameling en dataverwerking. Daarbij dient vermeld te worden dat er de afgelopen jaren verschillende ontwikkelingen gaande zijn op het gebied van Geografische Informatie Systemen (GIS), Remote Sensing (RS) en Digitale Topografische Bestanden (DTB), die in potentie een goede basis kunnen vormen voor een efficiënte systematische registratie van landschapsveranderingen.

Het onderzoek 'schaal van het landschap' leverde een aantal karteringen op nationaal schaalniveau (schaal 1 : 400 000). De informatie werd verzameld vanaf topografische kaarten 1 : 25 000 en opgeslagen in vierkante cellen van 2 km x 2 km. Het aantal cellen voor geheel Nederland (inclusief de Waddenzee en andere grote wateren) bedraagt 10 524. De werkwijze is schematisch weergegeven in figuur 3.

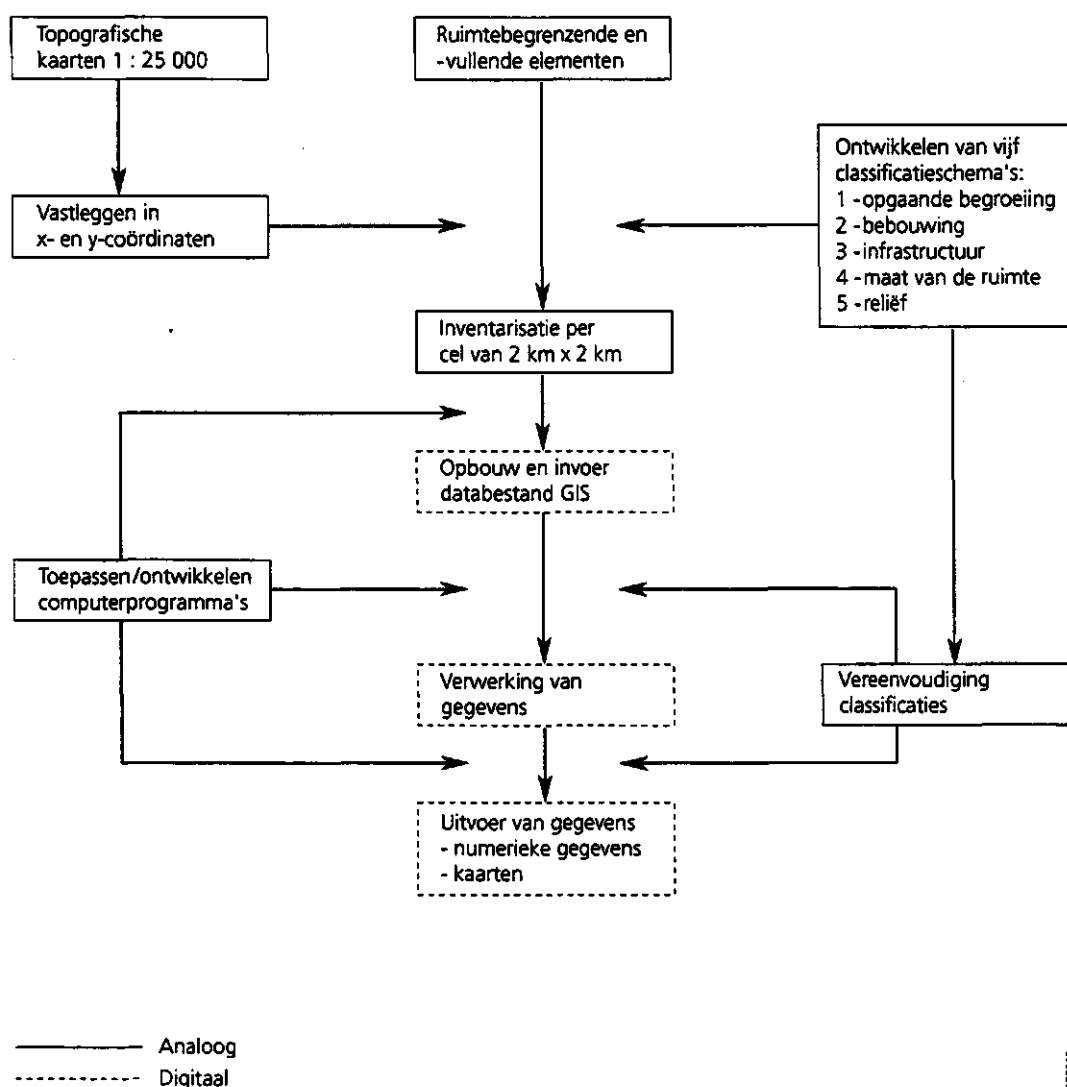


Fig. 3 Werkwijze onderzoek 'schaal van het landschap'

De uitvoer bestond uit:

basiskaarten:

- A1 - opgaande begroeiing
- A2 - bebouwing
- A3 - infrastructuur
- A4 - reliëf

afgeleide kaarten

- B1 - maat van de ruimte
- B2 - ruimtevullende elementen

gecombineerde kaarten:

- B1/A4 - maat van de ruimte/reliëf
- B1/B2 - schaal van het landschap

Bij de werkwijze worden de volgende opmerkingen gemaakt, mede met het oog op de te ontwikkelen methodiek:

- De gridcellen (2 km x 2 km) volgen het ruitennet van de topografische kaart. In de te ontwikkelen methodiek zou op deze begrenzing van de cellen moeten worden aangesloten.
- Het reliëf maakt in 'schaal van het landschap' geen onderdeel uit van de kartering 'maat van de ruimte'. Er is volstaan met het vervaardigen van een gecombineerde kaart 'maat van de ruimte'/reliëf.
- Een cruciaal element in de werkwijze is dat inventarisaties per rastercel plaatsvinden. Er zijn 5 classificaties ontwikkeld: opgaande begroeiing, bebouwing, reliëf, maat van de ruimte en infrastructuur. Deze zijn in aanhangsel 1 weergegeven. Voor de *opgaande begroeiing* en *bebouwing* zijn punt-, lijn- en vlak-elementen onderscheiden. Bij puntelementen is de lengte en breedte <125 m. Van lijnelementen is sprake als de breedte <125 m is en de lengte >125 m bedraagt. Bij vlakelementen zijn zowel de lengte als de breedte >125 m. De classificaties van de opgaande begroeiing en van bebouwing zijn gebaseerd op een combinatie van de lengte van lijnelementen, de oppervlakte van vlakelementen en het aantal puntelementen. Dit leidde zowel bij de opgaande begroeiing als de bebouwing tot het onderscheiden van 100 klassen. Voor de kartografische weergave is het aantal klassen bij de opgaande begroeiing gereduceerd tot 11 klassen, bij de bebouwing tot 9 klassen.

De klassen van de *infrastructuur* bestaan uit een combinatie van de lengte van de lijnelementen en de aard van de infrastructuur (primaire en secundaire wegen, geëlectriceerde spoorlijnen en dijken hoger dan 2,5 m). Er zijn 28 klassen onderscheiden, later vereenvoudigd tot 8 klassen.

De klassen van de *maat van de ruimte* zijn een combinatie van de oppervlakte van de dominante ruimte binnen de cel, de oppervlakte van de op één na dominante ruimte en de vorm van de ruimte (uitgedrukt in de lengte-breedte verhouding < 3 en > 3). Verder zijn massa en een associatie van ruimte-grootten onderscheiden. Dit leidde tot 121 klassen, voor de kaartweergave gegeneraliseerd tot 10 klassen.

De classificatie van het *reliëf* is een combinatie van de reliëfrijke oppervlakte binnen een cel en het reliëftype (heuvels, stuwwal e.d.). Er zijn 28 klassen onderscheiden.

- Het classificeren van de 'maat van de ruimte' is volgens de compartimentmethode

gedaan. Dat wil zeggen dat een keuze is gemaakt van ruimtevormende elementen waarna de ruimten op kaart zijn begrensd. Het is echter onduidelijk hoe de ruimten precies zijn begrensd en op welke wijze een inschatting is gemaakt van de oppervlakte van de ruimten. Ruimten laten zich niet gemakkelijk begrenzen. Ruimten lopen vaak in elkaar over waarbij een eenduidige begrenzing moeilijk is aan te geven. Voor de ontwikkeling van een geautomatiseerde ruimtekartering vormt deze onduidelijkheid een aanzienlijk probleem.

- In 'schaal van het landschap' zijn voor de verwerking en presentatie van gegevens negen computerprogramma's gebruikt, waarvan zeven speciaal voor het onderzoek zijn ontwikkeld. Inmiddels zijn er aanzienlijk meer mogelijkheden. In de te ontwikkelen methodiek zal met ARC/INFO worden gewerkt. Belangrijke reden daarvoor is dat dit programma speciaal geschikt is voor verwerking van geografische data en door zowel DLO-Staring Centrum als de opdrachtgever (Min. van LNV) en de Rijksplanologische Dienst wordt gebruikt.

3 Beschrijving en beoordeling van technieken en bestanden

3.1 Monitoring, technieken en bestanden

Monitoring is een *proces*, waarbinnen verschillende deelprocessen kunnen worden onderscheiden. Binnen de deelprocessen worden verschillende groepen technieken aangewend (figuur 4):

- opnametechnieken
- beeldverwerkingstechnieken
- (beeld)analysetechnieken
- technieken voor de analyse van tijdreeksen.

Bij het ontwerpen van een monitoringsysteem moeten beschikbare technieken en bestanden geïnventariseerd en op hun bruikbaarheid beoordeeld worden. Paragraaf 3.2 beschrijft opname- en beeldverwerkingstechnieken die van belang zijn voor de ontwikkeling van basisbestanden. Tevens worden beeldanalysetechnieken behandeld voor zover van belang voor de monitoring van de 'maat van de ruimte'. Technieken voor de analyse van tijdreeksen worden niet behandeld; hiervoor wordt verwezen naar Janssen et al. (1983).

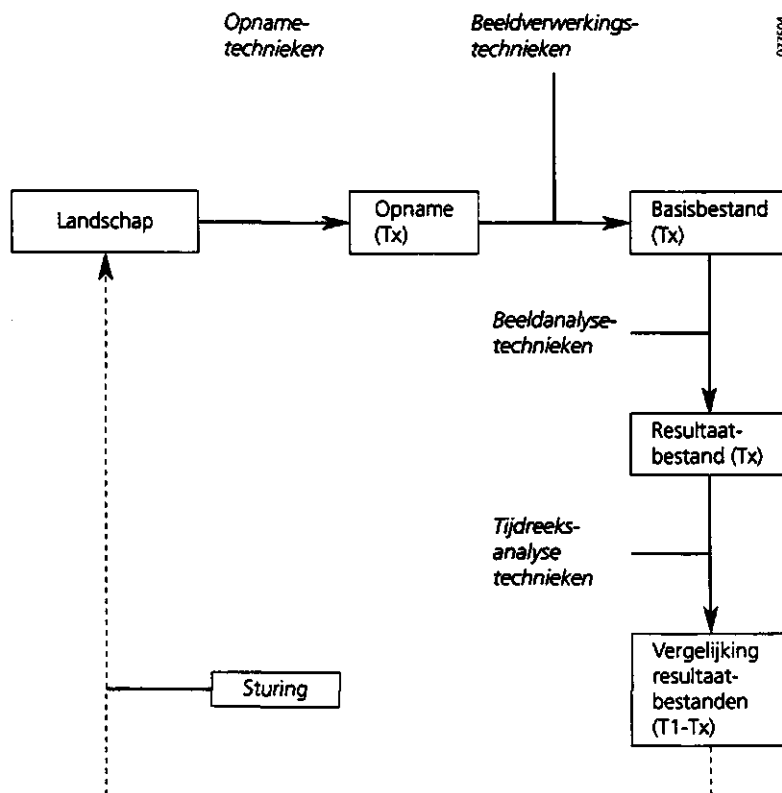


Fig. 4 Monitoring, technieken en bestanden

De basis van elk monitoringsysteem is het met regelmatige tijdsintervallen *waarnemen* van objecten. Waarnemen kan via fysiek contact met het waar te nemen object of op afstand gebeuren. Deze laatste vorm van waarnemen, waarbij geen direct contact bestaat tussen waarnemer en object, wordt remote sensing genoemd (U.S. Geological Survey Bulletin, 1983). Er zijn verschillende technieken beschikbaar, waarvan luchtfotografie, satellietopnamen en visuele waarneming (in het veld) de belangrijkste zijn.

Na de waarneming volgt het verwerken van de gegevens, die zijn opgeslagen in de opgenomen beelden. Luchtfoto's en satellietopnamen bevatten geen direct bruikbare informatie. De beelden moeten eerst verwerkt worden. Hiervoor zijn verschillende *beeldverwerkingstechnieken* beschikbaar. Men moet hierbij denken aan geometrische correcties, beeldinterpretatie en beeldclassificatie.

Na de beeldverwerking verkrijgt men een (ruimtelijk) *basisbestand*. Het basis-bestand kan worden geanalyseerd en bewerkt voor het kwantificeren van afgeleide grootheden, zoals in dit geval de 'maat van de ruimte'. Voor de beeldanalyse zijn verschillende *beeldanalysetechnieken* beschikbaar, waaronder patroonherkenningsystemen en selectieprocedures. Een basisbestand heeft over het algemeen een grote en diverse informatie-inhoud. Afhankelijk van de uit een onderzoeksdoelstelling voortvloeiende informatiebehoefte, kan een deel van de informatie opgeslagen in een basisbestand niet relevant zijn. Het is dan nuttig om via selectieprocedures enkel de relevante informatie uit het basisbestand te *selecteren*, om zodoende een overzichtelijker en efficiëntere gegevensverwerking te bewerkstelligen.

Na de beeldanalyse ontstaat een *resultaatbestand*. Het resultaatbestand geeft de situatie aangaande een bepaalde onderzochte grootheid op het tijdstip van de opname weer. Zoals in hoofdstuk twee wordt beschreven is monitoring een proces waarbij volgens een vooraf vastgesteld tijdschema, verschillende waarnemingen worden uitgevoerd om zodoende de ontwikkeling in de tijd (dynamiek) te kunnen bestuderen. Voor het analyseren van de dynamiek is het dus noodzakelijk dat het proces van de vervaardiging van een resultaatbestand meermalen wordt doorlopen. De 'resultaatbestanden' van verschillende tijdstippen, T_1 tot T_x , kunnen met behulp van *tijdreeksanalyses* worden vergeleken. De informatie die zo over de dynamische ontwikkeling van een bepaalde grootheid wordt verkregen kan dan weer worden gebruikt om bijvoorbeeld beleidseffecten te evalueren en landschapsontwikkelingen te sturen.

3.2 Beschrijving van technieken en bestanden

3.2.1 Technieken voor het aanmaken van een basisbestand

Opname- en beeldverwerkingstechnieken vormen de basis voor vervaardiging van (ruimtelijke) basisbestanden. De beeldverwerking is hoofdzakelijk gericht op interpretatie van opgenomen beelden voor de objectdefinitie en -classificatie. Beeldverwerkings- en opnametechnieken zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden; de verwerkingstechniek is aangepast aan de opname. Het geïntegreerde gebruik rechtvaardigt een geïntegreerde bespreking. De volgende categorieën worden onderscheiden:

- Satellietbeeld interpretatie
- Interpretatie van (gescande) luchtfoto's
- Visuele waarneming in het veld.

Om technieken te kunnen selecteren naar hun bruikbaarheid voor kwantificering van de 'maat van de ruimte', zullen eerst de *selectiecriteria* opgesteld moeten worden.

Zoals eerder vermeld is de 'maat van de ruimte' een afgeleide grootte die afhangt van de aanwezigheid van visuele barrières als begrenzingen van open ruimten in het landschap. Er worden vier typen opgaande elementen onderscheiden:

- opgaande bebouwing
- opgaande begroeiing
- civieltechnische bouwwerken (dijken e.a.)
- reliëf.

Een geschikte techniek voor monitoring van de maat van de ruimte dient dus in staat te zijn deze landschapselementen betrouwbaar te detecteren. Verder moet de techniek inpasbaar zijn in een methodiek die voldoet aan de in hoofdstuk 1.2 beschreven functionaliteitseisen.

Satellietbeeld interpretatie

Een groot voordeel van satellietbeelden ten opzichte van de andere remote sensing technieken, is dat de satellietopnamen een relatief groot gebied bestrijken. Dit verhoogt de efficiency sterk en maakt de kostprijs per oppervlakte eenheid relatief laag. Tevens bevordert het de interne correspondentie van thematische informatie (Buiten & Clevers, 1990). Satellietbeelden worden in digitale vorm opgeslagen, een (gedeeltelijk) geautomatiseerde beeldverwerking is hierdoor mogelijk. Het principe van passieve satellietbeeldopnamen is dat de intensiteit van de gereflecteerde zonnestraling voor een bepaald grondoppervlak (pixel) digitaal wordt vastgelegd. De pixelgroottes lopen uiteen van 10 m² tot 1 km². Voor bepaling van de 'maat van de ruimte' zijn enkel opnamen interessant met een voldoende resolutie om (smalle) lijnvormige elementen te kunnen detecteren. Twee mogelijk bruikbare varianten zijn de Landsat-TM en SPOT beelden.

Landsat Thematic Mapper (Landsat-TM)

De Thematic Mapper beelden bestrijken een groot gebied van ca. 35.000 km² op het aardoppervlak. De beelden bestaan uit pixels die een gebied van 30 x 30 meter representeren. Praktisch houdt dit in dat alleen lijnelementen breder dan 20 meter betrouwbaar worden gedetecteerd (Van der Laan et al., 1987). Juist de detectie van de (smalle) lijnvormige elementen in het landschap speelt een belangrijke rol bij het bepalen van de 'maat van de ruimte'. De Thematic Mapper beelden schieten hier duidelijk te kort (Farjon et al., 1986). De vlakelementen bos en bebouwing worden goed gedetecteerd. Reliëfgegevens (hoogtelijnen) vallen niet af te leiden uit TM-beelden.

Système Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT)

Een SPOT beeld bestrijkt een gebied van ca. 60 km x 60 km op het aardoppervlak. Nederland wordt door achttien SPOT beelden bedekt. De beelden bestaan uit pixels die voor de panchromatische band (zwart/wit) 10 m x 10 m en voor de multispectrale informatie 20 m x 20 m bestrijken. De ruimtelijke resolutie van de SPOT beelden is dus een stuk beter dan van de Thematic Mapper beelden (vooral in de panchromatische band). In de praktijk houdt dit in dat lijnbegroeiingen minimaal 6 m breed en dicht begroeid moeten zijn om betrouwbaar gedetecteerd te worden (Dirkx et al., 1989). Uit onderzoek van Farjon (1987) blijkt dat de betrouwbaarheid van detectie van lijnvormige beplantingen smaller dan 10 m gering is. Beplantingen met een breedte van 0-5 m hebben een kans van 40% om gedetecteerd te worden, met een breedte van 5-10 m een kans van 75%. Dirkx et al. (1989) vonden dat bij digitale classificatie bebouwing vaak niet werd onderscheiden van braakliggend akkerland. Dit vormde een grote foutenbron. Slootkanten werden regelmatig ten onrechte als houtwal geclassificeerd. Bij visuele classificatie werd de bebouwing redelijk tot goed geclassificeerd. Reliëfgegevens (hoogtelijnen) kunnen uit SPOT beelden worden afgeleid via stereoscopie. De waarneembare hoogteverschillen zijn echter te grof om bruikbaar te zijn in het relatief vlakke landschap van Nederland.

Een probleem bij digitale beeldclassificatie is dat de digitale gegevens niet zomaar inpasbaar zijn in de klasse indeling van de 'maat van de ruimte'. Uit het aantal beeldelementen dat wordt geclassificeerd als 'open ruimte' (grasland, akkerland e.d.) valt niet af te leiden of deze grote aaneengesloten ruimten beslaan, of dat het verspreide kleine ruimten betreft. De structuur van het landschap verdwijnt bij digitale classificatie. Dit betekent dat een visuele interpretatie altijd nodig blijft (Dirkx et al., 1989). Deze stelling is inmiddels wellicht achterhaald. Er zijn methoden ontwikkeld om structuurkenmerken van het landschap (patronen) digitaal te classificeren vanaf rasterbeelden. Hierop wordt in paragraaf 3.2.2 verder ingegaan.

Interpretatie van gescande luchtfoto's

Luchtfoto's bevatten analoge informatie. Indien gestreefd wordt naar een (gedeeltelijk) automatische beeldclassificatie zullen de luchtfoto's gescand moeten worden. Scannen is de techniek waarbij een analogo beeld om wordt gezet in een digitaal beeld dat bestaat uit een regelmatig raster waarin elke rastercel een bepaalde grijswaarde krijgt. Het scannen van luchtfoto's is een relatief nieuwe techniek. De mogelijkheden voor

het gebruik ervan moeten dan ook nog grotendeels onderzocht worden. Van Bleek & Lentjes (1992) beschrijven de stand van zaken over het verkrijgen van digitale ruimtelijke informatie uit gescande luchtfoto's.

Gescande luchtfoto's bieden een voldoende ruimtelijke resolutie (ongeveer 2 m bij schaal van 1 : 10 000) om alle landschapselementen van belang voor de classificatie van de maat van de ruimte goed te classificeren. Met behulp van stereoscopie valt uit luchtfoto's een Digitaal Terrein Model (DTM) af te leiden dat het reliëf beschrijft. Luchtfoto's hebben echter een aantal nadelen ten opzichte van satellietbeelden:

- Luchtfoto's bestrijken een veel kleiner gebied per opname. Om toch grote oppervlakten te kunnen classificeren moeten de foto's na geometrische correctie (2D of 3D) via een blokvereffening gekoppeld worden. Dit is een zeer bewerkelijke procedure. Op een schaal 1 : 20 000 zijn ongeveer 6000 foto's nodig om heel Nederland te bedekken. Het is dus de vraag of de interpretatie van luchtfoto's aan de functionaliteitseisen van efficiëntie en eenvoudige herhaalbaarheid voldoet.
- Het scannen van luchtfoto's levert een grote hoeveelheid data op. Dit kan problemen opleveren betreffende de data-opslag en berekeningen.
- De ruimtelijke resolutie van de gescande foto zal kleiner zijn dan de resolutie van het origineel. Dit kan tot een verkleining van het detail in de foto leiden. Het is dus zaak om de pixelgrootte voor het scannen zorgvuldig te kiezen op basis van het gewenste onderscheidingsvermogen voor het onderzoek. Voor de 'maat van de ruimte' levert dit geen problemen op.
- Automatische beeldclassificatie, zoals bij satellietbeelden gebeurt, is voor gescande luchtfoto's waarschijnlijk niet goed mogelijk. Door factoren zoals schaduw, reflecties, stand van de zon en hoogteverschillen is de kennis van de operateur onmisbaar voor een juiste classificatie. Het resultaat van een visuele interpretatie kan echter wel direct digitaal worden opgeslagen door direct interpreteren en digitaliseren vanaf het beeldscherm.

Visuele waarneming in het veld

Visuele waarnemingen in het veld zijn zeer arbeidsintensief en verwerking van de informatie is tijdrovend. Visuele waarnemingen zijn in dit geval niet geschikt als waarnemingstechniek voor het ontwikkelen van een basisbestand. Veldwaarnemingen dienen toegepast te worden ter ondersteuning en controle van andere technieken.

3.2.2 Technieken voor de analyse van structurele landschapskenmerken (patronen)

In het onderzoek 'schaal van het Landschap' (Buitenhuis et al., 1986) wordt de 'maat van de ruimte' geassocieerd als een combinatie van de oppervlakten van de dominante en op één na dominante ruimte binnen een rastercel van 2 km x 2 km. Voor de vorm van de ruimten wordt in sommige gevallen een zeer eenvoudige aanduiding gehanteerd, uitgedrukt in een lengte-breedte verhouding <3 of >3 . De gevolgde benadering van classificatie naar oppervlakte, zegt weinig over de vorm en verspreiding van de open ruimten. Omdat de 'maat van de ruimte' voor iedere

rastercel apart wordt geclassificeerd verdwijnen de onderlinge relaties tussen naburige rastercellen. De landschappelijke structuur, eerder gedefinieerd als het geheel van elementen en hun onderlinge relaties, is dus niet verwerkt in het onderzoek 'schaal van het landschap'.

Inmiddels zijn er technieken beschikbaar om na classificatie, langs automatische weg tot patroonherkenning te komen. Deze technieken zijn met name ontwikkeld voor rasterbestanden. Verschillende rastercellen (pixels) kunnen met elkaar in relatie worden gebracht op basis van overeenkomst in thematische beschrijving en connectiviteit (Molenaar, 1990). Op deze manier kunnen uit de pixels punt-, lijn- en vlakelementen worden gecreëerd met bepaalde thematische karakteristieken.

De technieken voor de bestudering van de ruimtelijke structuur van het landschap kunnen worden onderscheiden naar een werking vanuit horizontaal of verticaal perspectief. Een *horizontaal perspectief*, vergelijkbaar met een waarnemer in het veld, wordt gehanteerd bij een radiaalanalyse. Hierbij worden aan een waarnemingspunt (pixel) eigenschappen toegekend op basis van eigenschappen van omgevende pixels. Vanuit het waarnemingspixel wordt de directe omgeving rondom (360°) over een vastgestelde afstand afgetast (Walpot et al., 1992). Het horizontaal perspectief is uitgangspunt bij videomonitoring en het gebruiken van foto's/dia's vanaf bepaalde waarnemingspunten (Magill, 1989). Een *verticaal perspectief* wordt gehanteerd bij een 'clump' operatie. Een clump operatie groepeerd aangrenzende pixels van eenzelfde thematische klasse tot één 'clump' (eenheid). Iedere eenheid krijgt een identificerend nummer (ID), waarna voor iedere eenheid bepaalde eigenschappen zoals oppervlakte en omtrek kunnen worden berekend.

Het horizontaal perspectief is dus geschikt om de omgeving van een waarnemingspunt te bestuderen, bijvoorbeeld het zichtbereik rond de geplande locatie voor een gebouw. Het verticaal perspectief werkt zonder waarnemingspunt en leent zich beter voor een grootschaliger analyse van ruimtelijke structuren.

3.2.3 Ruimtelijke basisbestanden

In het voorgaande zijn technieken besproken die door middel van waarneming (opname) en verwerking van de waarnemingsgegevens (beeldverwerking), tot een ruimtelijk basisbestand komen. Het met regelmatige tijdsintervallen herhalen van deze technieken kan de basis voor een monitoringssysteem vormen.

Verschillende instanties vervaardigen met verschillende doelstellingen ruimtelijke basisbestanden. Het is dus zaak deze basisbestanden te inventariseren. Indien één of een combinatie van externe basisbestanden de benodigde informatie bevat voor een eigen onderzoek, kan gebruik hiervan een aanzienlijke hoeveelheid tijd en kosten besparen. Hier wordt kort ingegaan op de volgende basisbestanden:

- het digitaal topografisch basisbestand (DTB)
- het basisbestand ruimtelijke structuren (BARS)
- het CORINE bestand
- het landelijke grondgebruiksbestand van Nederland (LGN-bestand)
- het bestand van de landschapsecologische kartering Nederland (LKN)

Digitaal Topografisch Basisbestand (DTB)

De Topografische Dienst Nederland (TDN) vervaardigt kaarten voor geheel Nederland op de schalen 1:10 000/1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000 en 1:500 000. Schaal staat hier voor het detail waarmee terreinobjecten in een bestand worden onderscheiden. Met betrekking tot het vooronderzoek 'maat van de ruimte' zijn vooral de bestanden schaal 1:10 000/1:25 000 en 1:50 000 van belang.

Het Digitaal Topografisch Basisbestand (DTB) van de TDN dekt in grote lijnen het schaalgebied 1:5 000-1:25 000. De *kaarten schaal 1:25 000* worden rechtstreeks uit het basisbestand 1:10 000 afgeleid zonder generalisatie. Het betreft dus enkel een schaalverschil, inhoudelijk zijn de kaarten gelijk. Het TDN-basisbestand is gebaseerd op kaarten, geografische bronnen en luchtfoto's. De kaarten 1:10 000/1:25 000 worden (deels) vanaf gescande luchtfoto's gedigitaliseerd. Het DTB is aangemaakt met Intergraph software. De bestanden bestaan uit punten en lijnen. Vlakelementen worden gekenmerkt door een cirkelvormig lijnstuk waaraan een oppervlakte-code hangt.

Oorspronkelijk bestond bij de TDN de verwachting dat de digitale *kaart schaal 1:50000* gemaakt zou kunnen worden door automatische generalisatie van het TDN-basisbestand. Bakker (1993) geeft aan dat een rechtstreekse automatische generalisatie uit het basisbestand naar de schaal 1:50 000 voorlopig niet tot de mogelijkheden behoort. De kaart schaal 1:50 000 komt nu tot stand door digitalisatie van de handmatig vervaardigde basiskaarten ten behoeve van de kaart 1:25 000. Voor meer informatie over de vervaardiging en bestandsopbouw van de kaart schaal 1:50 000 wordt hier verwezen naar de lijst 'Coderingen Digitale Topografische Bestanden' en Bakker (1993).

In het productieproces van de TDN vormen het basisbestand, de direct daarvan afgeleide kaartseries 1:10 000 en 1:25 000 en het na generalisatie verkregen bestand en de kaart op de schaal 1:50 000 één geheel. Dat betekent ook dat de herzieningscyclus, die is vastgesteld, voor al deze bestanden en afgeleide kaarten geldt. Een overzicht van de herzieningscyclus en de planning van de bestandsopbouw van de kaart 1:50 000 is weergegeven in figuur 5. Figuur 5 geeft aan in welk jaar de bestanden naar verwachting gereed zullen komen. Ruim 65% van Nederland zal hopelijk reeds in 1995 beschikbaar zijn en het totale grondgebied van Nederland in 1997 (Bakker, 1993). Hierna zullen de bestanden regelmatig geactualiseerd worden.

Het DTB onderscheidt en beschrijft alle landschappelijke elementen die bepalend zijn voor de 'maat van de ruimte'. Het DTB lijkt daarom zeer geschikt als basis voor de te ontwikkelen methode voor het monitoring van de 'maat van de ruimte'. Voor een uitgebreide beschrijving van het DTB wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

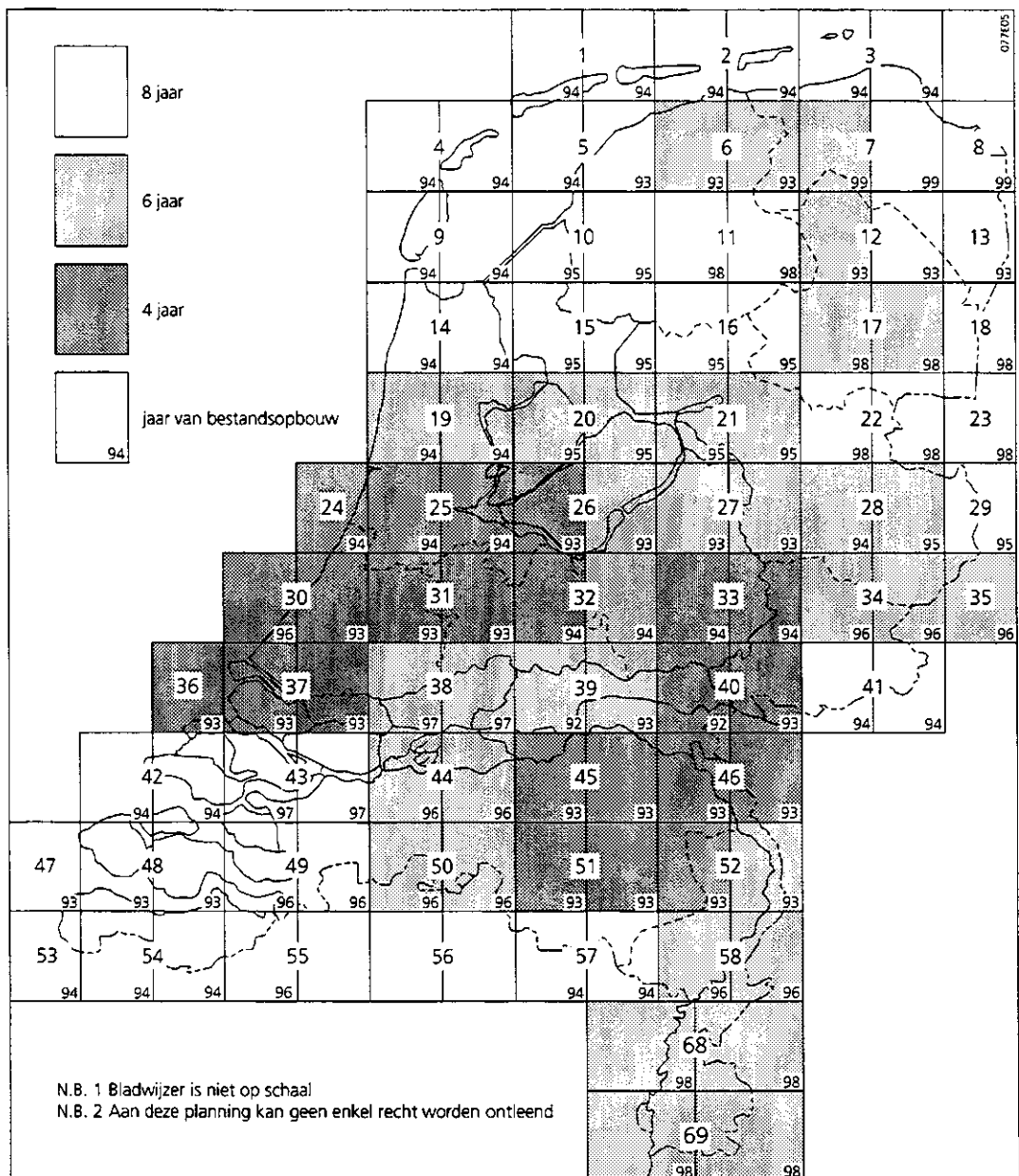


Fig. 5 Herzieningscyclus en planning bestandsopbouw DTB 1 : 50 000 (naar: Bakker, 1993)

Basis Bestand Ruimtelijke Structuren (BARS)

Het Basis Bestand Ruimtelijke Structuren (BARS) is een bestand van de Rijksplanningologische Dienst waarin gegevens zijn opgenomen van voor de ruimtelijke planvorming relevante objecten. Het bestand bestaat uit punten, lijnen en vlakken (ARC/INFO) en is vervaardigd op schaal 1 : 25 000. De informatie relevant voor de 'maat van de ruimte' bestaat uit bebouwing, bosgebieden en open water. Alle informatie dateert van 1987. Sinds kort komt er een geactualiseerd BARS bestand beschikbaar met gegevens van 1990. Wegens de hoge kosten zal geen verdere actualisering meer plaatsvinden.

CORINE Bestand

Het CORINE (Coordination of Information on the Environment) programma is gestart om landbedekkingsgegevens van de landen van de Europese Unie te verzamelen (schaal 1 : 100 000). Het CORINE landbedekkingsbestand van Nederland is opgebouwd met informatie uit Landsat-TM satellietbeelden, topografische kaarten, luchtfoto's en landgebruiksstatistieken. De landbedekking wordt beschreven in 44 klassen, waaronder bebouwing, agrarisch gebied, bos, natuurlijke gebieden en water. Het CORINE bestand is een vectorbestand. Lijnelementen smaller dan 100 meter zijn niet opgenomen, de oppervlakte van de kleinste gekarteerde eenheid bedraagt 25 ha.

Landelijke Grondgebruiksbestand van Nederland (LGN-bestand)

Het landelijke grondgebruiksbestand van Nederland (LGN-bestand) is een rasterbestand met rastercellen van 25 m x 25 m dat heel Nederland bedekt. Voor iedere rastercel is het grondgebruik bekend. Het grondgebruik is afgeleid uit satellietbeelden. De *eerste versie* van het LGN-bestand, dat voornamelijk is gebaseerd op satellietbeelden uit 1986, onderscheidt 15 grondgebruiksklassen, waaronder bebouwd gebied, water, natuurgebied, bos en acht landbouwklassen. Dit bestand is goed bruikbaar op nationale schaal. De toepasbaarheid op regionale schaal varieert sterk, afhankelijk van het aanwezige grondgebruik, de gewasontwikkeling, het opnametijdstip en de kwaliteit van de gebruikte satellietbeelden.

Momenteel (maart 1994) wordt het LGN-bestand geactualiseerd. Nader onderzoek gedurende de afgelopen jaren heeft geresulteerd in een verbeterde classificatiemethodiek. Hierdoor wordt de nauwkeurigheid van het *geactualiseerde LGN-bestand* aanzienlijk hoger dan die van de eerste versie van het bestand. De legenda van het geactualiseerde LGN-bestand is gegeven in aanhangsel 2. Deze bestaat uit een hiërarchische structuur met twee niveaus, verder aan te duiden met hoofdklassen en subklassen. De hiërarchische structuur biedt de mogelijkheid het grondgebruik verder onder te verdelen om zo te voorzien in eventuele aanvullende wensen. De legenda wijkt af van de legenda die is gebruikt bij de eerste versie van het LGN-bestand. Deze wijziging komt voort uit de behoefte om de klassen van het LGN-bestand nader onder te verdelen naar gebruik (bijv. grasland kan zowel in gebruik zijn als cultuurgrasland als worden gebruikt als stadspark of sportterrein). De onderstreepte klassen in aanhangsel 2 vormen het zogenoemde basisbestand. De klassen in het basisbestand zijn slechts in beperkte mate onderhevig aan veranderingen in de tijd en kunnen in de toekomst grotendeels zonder meer worden overgenomen in actuelere versies van het LGN-bestand. Het basisbestand van heel Nederland, dat is gebaseerd op satellietbeelden uit 1992, komt in het voorjaar van 1994 beschikbaar. Het eindbestand (het basisbestand aangevuld met de onderscheiden landbouwgewassen) komt in de loop van 1994 en 1995 beschikbaar. Vanwege de beschikbaarheid van geschikte satellietbeelden, de met de actualisering gemoeide kosten en de wensen van gebruikers wordt verwacht dat actualisering van het bestand gemiddeld eenmaal in de vijf jaar zal plaatsvinden. Voor nadere informatie over het LGN-bestand wordt verwezen naar Thunnissen (1993).

Landschapsecologische Kartering Nederland (LKN).

Het LKN is een landelijk rasterbestand met cellen van 1 km x 1 km overeenkomend met het raster van de topografische kaart schaal 1 : 25 000. Het LKN bestand bevat informatie die van belang kan zijn voor de ruimtelijke ordening van het landelijk gebied in Nederland. Het betreft landschapsecologische informatie met de volgende deelbestanden: bodem/grondwatertrappen, geomorfologie, grond-waterrelaties, vegetatie/landgebruik, broedvogels, zoogdieren, amfibieën/ reptielen. Voor het onderzoek naar de maat van de ruimte zijn in het bijzonder de deelbestanden over vegetatie/landgebruik en geomorfologie van belang. Voor nadere informatie over het LKN wordt verwezen naar Bolsius et al. (1992).

Basisbestanden en bronnen

Er zijn hiervoor verschillende ruimtelijke basisbestanden kort besproken. Tabel 1 geeft een overzicht van deze bestanden en van de bronnen waaruit ze zijn afgeleid.

Uit deze tabel blijkt dat de basisbestanden vnl. terug zijn te voeren op satellietbeelden, top. kaarten/DTB met verschillende schalen, (gescande) luchtfoto's en veldwaarnemingen. Deze zullen in de volgende paragraaf worden beoordeeld op de mogelijkheid ze toe te passen voor de monitoring van de 'maat van de ruimte'.

Tabel 1 Overzicht van ruimtelijke basisbestanden en bronnen waaruit ze zijn afgeleid

basisbestanden	afgeleid van bronnen
- DTB 1:10.000/1:25.000	top. kaarten, (gescande) luchtfoto's, veldwaarnemingen
- DTB 1:50.000	top. kaarten, DTB 1:10.000/25.000
- BARS	top. kaarten 1:50.000
- LGN-bestand	satellietbeelden (Landsat-TM, SPOT), top. kaarten
- CORINE-bestand	satellietbeelden (Landsat-TM), top. kaarten
- LKN-bestand	top. kaarten 1:25.000, geomorfologische kaarten, bodemkaarten, atlasblokken, provinciale vegetatiekarteringen e.d.

3.3 Beoordeling van technieken en bestanden

3.3.1 Functionaliteitseisen en beoordelingscriteria

In dit vooronderzoek wordt gestreefd naar het vinden van een geschikte *methodiek* voor monitoring van de 'maat van de ruimte'. De bruikbare technieken en bestanden moeten niet alleen in staat zijn om de landschappelijke elementen bepalend voor de 'maat van de ruimte' te beschrijven, maar moeten tevens passen binnen een monitoringssysteem dat aan de gestelde functionaliteitseisen voldoet (zie par. 1.2). Hieruit zijn de volgende beoordelingscriteria afgeleid:

- de methode dient uit te gaan van technieken en bestanden die voldoende informatie geven over ruimtebegrenzende elementen (de gewenste informatie-inhoud);
- de methode dient gemakkelijk herhaalbaar te zijn, in dit geval opgevat als de frequentie waarmee de brongegevens worden gegenereerd;
- de methode dient efficiënt en, voor zover mogelijk, geautomatiseerd te zijn;
- de methode dient zowel regionaal als landelijk toepasbaar te zijn;
- de resultaten dienen op nationale schaal vergelijkbaar te zijn met de resultaten uit het onderzoek 'schaal van het landschap'.

3.3.2 Beoordeling en selectie van technieken en bestanden

Een allereerste eis is dat de technieken en bestanden voldoende informatie moeten geven over de ruimte-begrenzende elementen bebouwing, opgaande begroeiing, infrastructuur en reliëf. Tabel 2 geeft een overzicht van de benodigde informatie bij verschillende bronnen.

Uit deze tabel worden hier de volgende conclusies getrokken:

- Satellietbeelden geven onvoldoende informatie over de bebouwing en begroeiing (punt- en lijnelementen) en over de infrastructuur. Zij zijn daarom met de huidige resolutie niet geschikt voor het bepalen van de 'maat van de ruimte'.
- Met de (gescande) luchtfoto's en veldwaarnemingen kan nagenoeg alle benodigde informatie worden verkregen. ROBAS geeft boeken uit met luchtfoto's van heel Nederland, zowel zwart-wit als in kleur. Volgens Van Bleek & Lentjes (1992) heeft ROBAS het voornemen om elke 2 jaar nieuwe foto's te laten maken.
- Top. kaarten en het DTB scoren over het geheel genomen gunstig, de visuele interpretatie van top. kaarten iets beter dan de geautomatiseerde afleiding van een DTB.
- Het bepalen van reliëfkenmerken is alleen goed mogelijk via de visuele interpretatie van top. kaarten, luchtfoto's in aanvulling met veldwaarnemingen. Het inbrengen van reliëfkenmerken vergt een aparte benadering, waarbij in eerste instantie dient te worden nagegaan op welke wijze gegevens over hoogtepunten/-lijnen kunnen worden ingebouwd in een monitoringssysteem. Gegevens over hoogten zijn wel op aparte bestanden aanwezig.

Tabel 2 Informatie-inhoud bronnen in relatie tot de elementen die de maat van de ruimte bepalen

bronnen informatie	satellietbeelden		top. kaarten		luchtfoto (gescand)	veldwaar- nemingen
	Landsat- TM	SPOT	analoog	DTB		
<i>bebouwing</i>						
- puntelementen	+/-	+/-	+	+	+	+
- lijnelementen	+/-	+/-	#	-	+	+
- vlakelementen	+	+	+	+	+	+
<i>opgaande begroeiing</i>						
- puntelementen	-	-	+	+	+	+
- lijnelementen	-	+/-	#	-/+	+	+
- vlakelementen	+	+	+	+	+	+
<i>infrastructuur</i>						
- wegen	+/-	+/-	+	+	+	+
- spoorlijnen	-	-	+	+	+	+
- dijken	-	-	+	+	+	+
- hoogspannings- leidingen	-	-	+	+	+	+
<i>reliëf</i>						
- plateau	-	-	#	-	#	#
- helling/steilrand	-	-	+	+	+	+
- dal	-	-	#	-	#	#
- land-/kustduinen	-	-	+	+	+	+
- niet reliëfrijk	-	-	+	-	#	+
<i>ruimte</i>						
- aard	+	+	+	+	+	+
- vorm	#	#	#	#	#	+
- omvang	+	+	+	+	+	+
+ = opgenomen in basisbestand +/- = opgenomen met matige betrouwbaarheid - = niet opgenomen in basisbestand -/+ = bij DTB 1:10.000 niet in basisbestand, bij DTB 1:50.000 wel in basisbestand # = afleidbaar						

Tabel 3 geeft een beoordeling van de verschillende technieken/bronnen naar de eerder geformuleerde criteria.

Tabel 3 *Beoordeling van technieken/bronnen naar functionaliteitseisen*

criteria	satellietbeelden		top. kaarten		luchtfoto (gescand)	veldwaarnemingen
	Landsat-TM	SPOT	analoog	DTB		
- informatie-inhoud (tabel 2)	-	-	+	+	+	+
- herhaalbaarheid	+	+	o	o	+	-
- efficiency/ automatisering	+	+	-	+	o	-
- toepasbaarheid: regionaal	o	o	+	+	+	+
nationaal	+	+	+	+	o	-
- vergelijking met 'schaal landschap'	-	-	+	+	+	o
- = ongunstig o = matig gunstig + = gunstig						

In tabel 3 valt als eerste op dat *visuele waarneming in het veld* als het meest ongunstig is beoordeeld. Het is een zeer arbeidsintensieve, moeilijk herhaalbare en niet te automatiseren techniek. Op regionaal niveau is het nog wel haalbaar om de benodigde inventarisaties te verrichten (De Koning, 1993), op landelijk niveau niet meer. Veldwaarnemingen kunnen echter worden toegepast ter aanvulling of controle van andere technieken en/of bestanden.

Het gebruik van *luchtfoto's* lijkt ook niet aan de functionaliteitseisen te voldoen. Ondanks de goede ruimtelijke resolutie, maken het arbeidsintensieve karakter van en de zeer beperkte mogelijkheden tot automatische verwerking, het gebruik van alleen luchtfoto's niet aannemelijk.

Satellietbeelden bieden uitstekende mogelijkheden tot automatische verwerking van landschappelijke informatie. Tevens beslaat één opname een relatief groot gebied, hetgeen de efficiëntie sterk verhoogt. Satellietbeelden worden met grote regelmaat gegenereerd op eenzelfde tijdstip, maar behoeven een vrij kostbare bewerking. De ruimtelijke resolutie is echter een beperking. Smalle lijnvormige elementen worden niet (goed) gedetecteerd. Het gebruik van satellietbeelden lijkt daarom niet haalbaar.

Uit de inventarisatie van beschikbare basisbestanden blijkt dat voor dit vooronderzoek de *digitale topografische bestanden* (DTB) schaal 1 : 10 000/1 : 25 000 en 1 : 50000 zeer interessant zijn. Het DTB onderscheidt en beschrijft alle voor de 'maat van de ruimte' bepalende landschappelijke elementen. Het DTB kan in principe de basisinformatie leveren in de methodiek voor kartering van de 'maat van de ruimte'. Voor de bepaling van de 'maat van de ruimte' lijkt het DTB schaal 1 : 50 000 vooral snog

beter geschikt dan 1 : 10 000 en 1 : 25 000. Deze bestanden beschrijven de opgaande landschappelijke elementen in voldoende detail voor een bepaling van de 'maat van de ruimte' op regionale of kleinere schaal. De data-omvang van DTB bestanden 1:10000/1:25000 is vergelijkbaar met de 1 : 50 000 bestanden; het beschreven gebied per kaartblad is echter kleiner. Dit leidt tot een tragere verwerking en vereist meer computeropslagruimte. De winst in detail is voor toepassing binnen dit vooronderzoek nadelig; heggen en bomenrijen zijn in de huidige bestanden 1 : 10 000 bijvoorbeeld niet als lijnstukken opgenomen maar als serie losse struiken/bomen.

Het DTB is of wordt opgebouwd met behulp van gescande luchtfoto's. Dit lijkt strijdig met de eerder beschreven keuze om luchtfotoïnterpretatie niet als basis in dit vooronderzoek te nemen. Het volgende moet echter in overweging worden genomen:

- De methodiek voor monitoring van de 'maat van de ruimte' moet volgens de functionaliteitseisen efficiënt, eenvoudig herhaalbaar en (gedeeltelijk) geautomatiseerd zijn. Op deze gronden valt een in eigen beheer uit te voeren luchtfotoïnterpretatie af. Het feit dat voor het ontwikkelen van het DTB een landsdekkende luchtfoto-ïnterpretatie wordt uitgevoerd, maakt het mogelijk om toch op een eenvoudige wijze aan deze informatie te komen.
- Het in eigen beheer uitvoeren van een landsdekkende luchtfoto-ïnterpretatie betekent dubbel werk.

Vooralsnog lijkt kartering van de 'maat van de ruimte' op basis van DTB 1 : 50 000 dus de beste optie. Met deze bestanden kunnen regionale analyses worden uitgevoerd en indien gewenst kan de informatie voor nationale toepassingen gegeneraliseerd worden. Het combineren van gegevens uit verschillende bestanden lijkt met het oog op eenvoudige herhaalbaarheid af te raden. Het gebruik van één basisbestand verhoogt de duidelijkheid van de te ontwikkelen methodiek en vermijdt mogelijke problemen met niet synchrone actualisatie van bestanden.

Het gebruik van technieken die ruimtelijke relaties (structuur) in de classificatie van de 'maat van de ruimte' kunnen betrekken, behoort tot de mogelijkheden. Hierop wordt in hoofdstuk 6 teruggekomen.

4 Bepaling van relaties tussen ruimtebegrenzende elementen en de 'maat van de ruimte'

4.1 Inleiding

In de functionaliteitseisen van het vooronderzoek 'maat van de ruimte' wordt gesteld dat de resultaten op nationaal niveau dienen aan te sluiten bij het huidige bestand 'maat van de ruimte', zoals geproduceerd in 'schaal van het landschap' (Buitenhuis et al., 1986). Om aan te kunnen sluiten bij dit bestand moet de opbouw van het huidige bestand eerst onderzocht worden.

In paragraaf 2.3 is het onderzoek 'schaal van het landschap' behandeld. Deze studie leverde de kartering op nationaal niveau van:

basiskaarten:

- A1 - opgaande begroeiing;
- A2 - bebouwing;
- A3 - infrastructuur;
- A4 - reliëf;

afgeleide kaarten:

- B1 - maat van de ruimte;
- B2 - ruimtevullende elementen.

De 'maat van de ruimte' is een afgeleide grootte, bepaald door de aanwezigheid van ruimtebegrenzende, opgaande elementen in het landschap. In 'schaal van het landschap' werd de inventarisatie van opgaande elementen handmatig uitgevoerd vanaf topografische kaarten (1 : 25 000). Deze methode is gezien het zeer arbeids-intensieve karakter niet geschikt voor herhaling. Het beschikbaar komen van efficiënte en krachtige verwerkingssystemen voor geografische informatie, schept mogelijkheden voor het ontwikkelen van een alternatieve, grotendeels geautomatiseerde methodiek die nauwkeuriger, efficiënter en beter herhaalbaar is.

De 'maat van de ruimte' werd gekarteerd (1: 400 000) als combinatie van de oppervlakte van de dominante ruimteklasse en de oppervlakte van de op één na dominante ruimteklasse binnen een rastercel van 2 km x 2 km (aansluitend 1). De begrenzing van de ruimten is deels op een intuïtieve wijze bepaald en is daarom moeilijk te definiëren. Bij het ontwikkelen van een geautomatiseerde methodiek voor het monitoren van de 'maat van de ruimte' vormt deze onduidelijke definitie van 'ruimte' een probleem. Dit probleem kan worden omzeild wanneer de 'maat van de ruimte' af te leiden is uit nauwkeurig meetbare landschappelijke elementen. Dit is onderzocht aan de hand van de basiskaarten, zoals die zijn geproduceerd in 'schaal van het landschap'. Nagegaan is in hoeverre via een simpele samenvoeging van de basiskaarten een kaart kan worden verkregen die *vergelijkbaar* is met de kaart 'maat van de ruimte'.

4.2 De classificaties van begroeiing, bebouwing en de 'maat van de ruimte'

De gehanteerde ruimtebegrenzende elementen in 'schaal van het landschap' zijn opgaande begroeiing, bebouwing en infrastructuur. Al deze elementen zijn apart gekarteerd, de bruikbaarheid van de kaarten verschilt echter. Er wordt voor de bepaling van de afleidbaarheid van de 'maat van de ruimte' geen gebruik gemaakt van de infrastructuurkaart. Dit heeft twee redenen:

- Over de ruimtebegrenzende werking van infrastructuur kan getwist worden. Een dijk lijkt duidelijk ruimtebegrenzend, maar wegen kunnen niet als ruimtebegrenzend worden beschouwd als ze op maaiveldhoogte liggen.
- De infrastructuurkaart geeft enkel informatie over de aanwezigheid van bepaalde infrastructurale elementen binnen een rastercel en geen aanduiding voor de kwantiteit (lengte).

Reliëf werd in 'schaal van het landschap' niet als ruimtebegrenzend beschouwd. Er werd volstaan met het vervaardigen van een combinatiekaart 'maat van de ruimte'/reliëf.

Om de kaarten overzichtelijk en leesbaar te houden, is voor ieder landschapkenmerk het aantal op de kaart te onderscheiden klassen beperkt gehouden tot maximaal 11 klassen. Bij de originele classificatie vanaf de topografische kaarten werden meer klassen onderscheiden, maximaal 100 voor opgaande begroeiing en bebouwing. Een groot deel van deze klassen bestond echter enkel in theorie. In dit vooronderzoek wordt gebruik gemaakt van de gereduceerde classificaties. Voor een beschrijving van de uitgebreide classificaties en de procedures gevolgd bij het reduceren van het aantal klassen wordt verwezen naar het rapport 'schaal van het landschap' (Buitenhuis et al., 1986).

Verondersteld wordt dat er binnen een vaste oppervlakte (2 km x 2 km) een verband bestaat tussen de hoeveelheid opgaande begroeiing, de hoeveelheid bebouwing en de 'maat van de ruimte'. Het ligt voor de hand om aan te nemen dat veel opgaande begroeiing en/of bebouwing samen vallen met een gesloten landschap en omgekeerd. Voordat naar verbanden wordt gezocht, zullen nu eerst de verschillende klassen van opgaande begroeiing, bebouwing en 'maat van de ruimte' worden beschreven.

Opgaande begroeiing

De kaart van de opgaande begroeiing is opgebouwd uit 11 klassen, oplopend van geen begroeiing (klasse 1) tot > 75% begroeiing (klasse 11). Deze klassen stellen een combinatie van een lengte aan begroeiingslijnelementen en een oppervlakte van begroeiingsvlakelementen voor. De klassen zijn als volgt beknopt te beschrijven:

1 (vrijwel) geen opgaande begroeiing	
2 voornamelijk begroeiingslijnelementen;	0 - 4 km
4 " "	4 - 8 km
6 " "	8 -16 km
8 " "	>16 km

3	combinaties <i>lijn-</i> en <i>vlakelementen</i> (40-200 ha);	0 - 4 km
5	" "	4 - 8 km
7	" "	8 -16 km
9	" "	>16 km
10	voornamelijk <i>begroeiingsvlakelementen</i> ;	> 50% massa (bos)
11	" "	> 75% massa (bos)

Bebouwing

De kaart van de bebouwing bestaat uit 9 klassen, oplopend van geen bebouwing (klasse 1) tot > 75% bebouwing (klasse 9). De klassen stellen een combinatie voor van een lengte aan *lijn*vormige bebouwing en een oppervlakte aan *bebouwingsvlakelementen*. De klassen worden als volgt beschreven:

1	vrijwel geen bebouwing	
2	alleen <i>bebouwingslijnelementen</i> ;	0 - 1 km
4	" "	1 - 4 km
6	" "	> 4 km
3	combinaties <i>lijn-</i> en <i>vlakelementen</i> (40-200ha)	0 - 1 km
5	" "	1 - 4 km
7	" "	> 4 km
8	voornamelijk <i>bebouwingsvlakelementen</i>	> 50% massa
9	" "	> 75% massa

Maat van de ruimte

De 'maat van de ruimte' wordt geclassificeerd naar de dominante ruimtegrootte binnen een rastercel. De classificatie bestaat uit 9 klassen, oplopend van > 1000 ha (klasse 1) tot > 75% massa (klasse 8). Het verloop van de klassen kan grofweg worden getypeerd als open landschap (1, 2), coulissenlandschap (3, 4), gesloten landschap (6, 7) en massa (8, 9). De klassen worden als volgt beschreven:

1	dominante ruimtemaat	> 1000 ha
2	dominante ruimtemaat	225 - 1000 ha
3	dominante ruimtemaat	100 - 225 ha
4	dominante ruimtemaat	25 - 100 ha
5	dominante ruimtemaat	10 - 25 ha
6	dominante ruimtemaat	< 10 ha (lengte/breedte >3)
7	dominante ruimtemaat	< 10 ha (lengte/breedte <3)
8	massa dominant	< 75%
9	massa dominant	> 75%
10	associatie klasse	

Klasse 10 is een 'associatie-klasse'. Hierin zijn gebieden ondergebracht waarvan de ruimtegrootte niet vast te stellen is met de gehanteerde compartimenteringsmethode (zie paragraaf 2.3). In de praktijk bleek de associatie-klasse enkel uit de kustduingebieden te bestaan.

In 'schaal van het landschap' is bij de ruimteklasse < 10 ha een onderscheid gemaakt naar de vorm van de ruimten (klassen 6 en 7). Deze is weergegeven in de vorm van een lengte-breedte verhouding groter of kleiner dan 3. Dit onderscheid kan niet uit de classificaties van opgaande begroeiing en bebouwing worden afgeleid. Om de afleidbaarheid van de ruimtegrootte beter te kunnen onderzoeken wordt in de analyse het onderscheid naar *vorm* niet meegenomen, en zijn de klassen 6 en 7 daarom samengevoegd.

4.3 Relaties tussen opgaande begroeiing, bebouwing en de 'maat van de ruimte'

4.3.1 Correlatie-analyse

Het verband dat vermoedelijk tussen de opgaande begroeiing, de bebouwing en de 'maat van de ruimte' bestaat, is gebaseerd op de logische veronderstelling dat weinig begroeiing en bebouwing voorkomen in een open landschap met grote ruimten. Dit betekent dat lage klassewaarden voor opgaande begroeiing en bebouwing lijken te duiden op lage waarden voor de 'maat van de ruimte' en omgekeerd.

Een maat voor de relatie tussen hoge en/of lage waarden van twee classificaties is de *correlatiecoëfficiënt* (Kuipers, 1990). De correlatiecoëfficiënt geeft aan of bij een n aantal waarnemingsparen de tendens bestaat dat hoge waarden van de ene variabele samen vallen met hoge danwel lage waarden van de andere variabele. Wanneer hoge waarden van een variabele structureel samen vallen met hoge waarden van een andere variabele spreekt men van *positieve correlatie*. Vallen hoge waarden structureel samen met lage waarden van een andere variabele dan spreekt men van *negatieve correlatie*. De correlatiecoëfficiënt geeft altijd een verband weer tussen twee variabelen, de invloed van eventuele derde variabelen moet daarom constant worden gehouden.

De correlatiecoëfficiënt is een getal tussen -1 en 1 . Bij correlatiecoëfficiënt $r = 0$ zijn twee variabelen ongecorrleerd. Bij $r = 1$ of $r = -1$ spreekt men van perfecte correlatie tussen twee variabelen. Wanneer twee variabele in een grafiek tegen elkaar worden uitgezet, zullen in geval van perfecte correlatie de waarnemingsparen geconcentreerd op een rechte lijn liggen. Bij $r = 1$ is de richtingscoëfficiënt positief, bij $r = -1$ negatief (Kuipers, 1990).

De correlatie-analyse wordt uitgevoerd om de *sterkte* van de relatie te vinden tussen:

'maat van de ruimte' <-> hoeveelheid opgaande elementen.

Hiertoe wordt de correlatiecoëfficiënt berekend voor de 'maat van de ruimte' met de volgende drie classificaties (figuur 6):

- opgaande begroeiing
- bebouwing
- 'combinatie'; classificatie gebaseerd op een combinatie van opgaande begroeiing en bebouwing.

De combinatie-classificatie is gecreëerd door de informatie uit de basiskaart opgaande begroeiing te combineren met informatie over de bebouwing. De classificatie bestaat uit 8 klassen, oplopend van vrijwel geen beplanting en/of bebouwing (klasse 1) tot > 75% beplanting en/of bebouwing (klasse 8). Het combineren van de begroeiings- en bebouwingsklassen is gedocumenteerd in aanhangsel 3.

De klassen van opgaande begroeiing, bebouwing, 'combinatie' en 'maat van de ruimte' zijn in 'schaal van het landschap' in rastercellen gegroepeerd. De verschillende klassewaarden per cel zijn op te vatten als gepaarde, onafhankelijke waarnemingen. Het totaal aantal beschikbare waarnemingsparen bedraagt 10.524 (gelijk aan het aantal rastercellen). Voor de correlatie-berekeningen is dit aantal echter teruggebracht tot 8404. De massaklassen van de 'maat van de ruimte' (8 en 9) worden buiten beschouwing gelaten (2072 waarnemingen). De 'massacellen' werden in 'schaal van het landschap' geclassificeerd op basis van een inschatting van de oppervlakte binnen een rastercel ingenomen door massa-elementen (begroeiing/bebouwing). De grootte van eventueel naast de massa aanwezige open ruimten was niet van invloed op de classificatie. Het oppervlak aan massa-elementen kan eenvoudig automatisch worden berekend vanaf de digitale topografische bestanden (DTB). Afgezien van inschattingfouten in 'schaal van het landschap', zullen de massaklassen goed overeenkomen met de massaklassen in de nieuw te ontwikkelen classificatieprocedure.

Om deze reden worden ook de massaklassen van de begroeiings-, bebouwings- en 'combinatie'-kaarten niet meegenomen in de correlatie-analyse. Er worden 9 klassen voor opgaande begroeiing, 7 klassen voor bebouwing en 6 klassen voor 'combinatie' in de analyse betrokken.

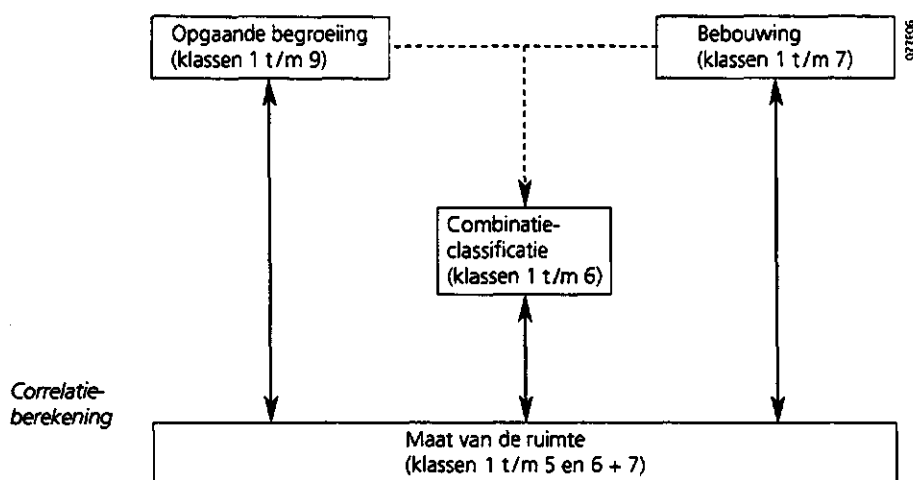


Fig. 6 Schema van de gevolgde procedure voor correlatieberekening

De associatieklasse van de 'maat van de ruimte' (klasse 10) wordt eveneens buiten beschouwing gelaten (48 waarnemingen). De associatieklasse is een restklasse en dus niet afleidbaar uit de mate van aanwezigheid van opgaande begroeiing en/of bebouwing. De klassen 6 en 7 van 'maat van de ruimte' zijn bij elkaar gevoegd. Deze

klassen onderscheiden zich alleen door de vorm van de ruimten (zie paragraaf 4.2). Dit betekent dat er 6 klassen aangaande de 'maat van de ruimte' bij de analyse worden betrokken.

Het type correlatiecoëfficiënt dat moet worden berekend, is afhankelijk van de *verdeling* van de waarnemingen. Figuur 7 toont de frequentieverdeling voor de klassen van de 'maat van de ruimte', inclusief en exclusief de grote wateren.

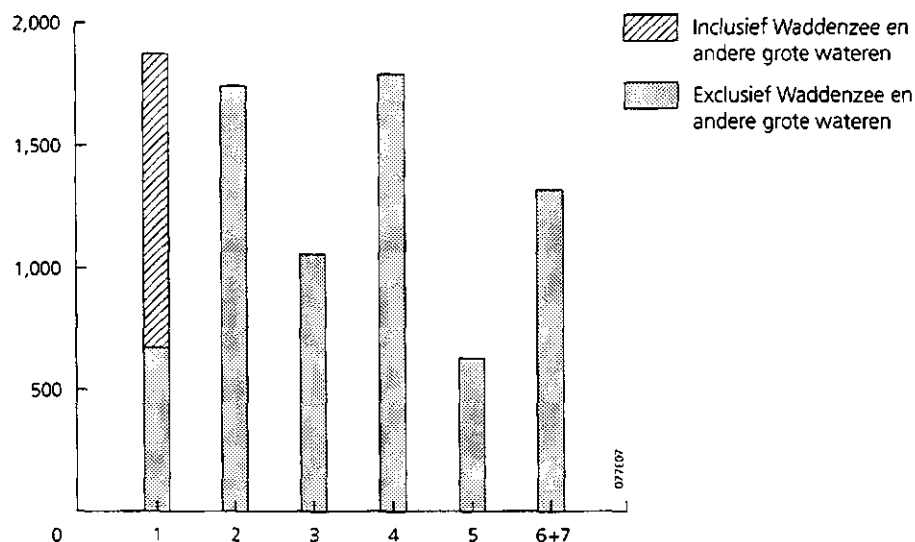


Fig. 7 Frequenties van klassen van de 'maat van de ruimte'

In geval van een *normale verdeling* van de waarnemingen zou de frequentie-verdeling min of meer symmetrisch moeten zijn. De figuur toont echter een grillig beeld. Om onafhankelijk te zijn van de verdeling wordt voor de correlatieberekening een *verdelingsvrije* methode gekozen. De *rangcorrelatie-coëfficiënt van Spearman* is hiervan een veel toegepaste variant. Voor berekening van de rangcorrelatiecoëfficiënt worden de waarnemingen naar oplopende grootte, van rangnummers voorzien. In dit geval is reeds sprake van rangordening in de vorm van oplopende klassewaarden. De formule voor berekening van de rangcorrelatie is als volgt (Kuipers, 1990):

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)} \quad \text{met} \quad d^2 = \sum (r_i - s_i)^2$$

- ρ = rangcorrelatiecoëfficiënt van Spearman
- n = aantal waarnemingsparen
- r_i = rangnummer van variabele 1 met $i = 1, \dots, n$
- s_i = rangnummer van variabele 2 met $i = 1, \dots, n$

De berekende rangcorrelatiecoëfficiënten waren:

- opgaande begroeiing - 'maat van de ruimte': 0.87
- bebouwing - 'maat van de ruimte': 0.64
- combinatie - 'maat van de ruimte': 0.80

Er is in alle gevallen sprake van positieve correlatie; lage waarden van beide variabelen vertonen een neiging om samen te vallen, hetzelfde geldt voor hoge waarden. De combinatie-classificatie zou naar verwachting de hoogste correlatie met de 'maat van de ruimte' moeten geven. Uit de resultaten blijkt dat deze veronderstelling ongegrond is.

Het opmerkelijk sterke verband tussen de classificaties van opgaande begroeiing en 'maat van de ruimte' duidt erop dat de ruimtegrootte, zoals bepaald in 'schaal van het landschap', grotendeels wordt bepaald door de aanwezigheid van opgaande begroeiing. De bebouwing is in verhouding veel minder van invloed. De relatief lage correlatie tussen de bebouwing en de 'maat van de ruimte' roept vraagtekens op. Bebouwing werkt in de niet stedelijke gebieden (massa wordt buiten beschouwing gelaten) zonder twijfel ruimtebegrenzend. De relatief geringe invloed kan op een aantal manieren verklaard worden. Onder niet stedelijke bebouwing wordt hier vrijstaande en/of kleinschalig gegroepeerde bebouwing verstaan. Veel bebouwing werd in 'schaal van het landschap' als puntelement geclassificeerd (lengte en breedte < 125m). Bij de 'maat van de ruimte' classificatie werden puntelementen uiteindelijk niet als bepalend voor de definiëring van de klassen meegenomen. Begroeiing komt veel meer in lineaire vorm voor en telde daarom zwaarder mee in de ruimtebegrenzing.

Bebouwing gaat over het algemeen gepaard met de aanwezigheid van opgaande begroeiing. Deze begroeiing kan dan bestaan uit erfbepantingen en/of lijnbepantingen langs wegen (waar bebouwing vaak aan staat). De begroeiing werkt in deze gevallen over het algemeen meer ruimtebegrenzend, omdat deze vaak hoger is en zich over grotere afstanden uitstrekt. Dit verklaart wellicht het grotere belang dat bij de 'maat van de ruimte' classificatie in 'schaal van het landschap' aan opgaande begroeiing werd gehecht.

De indruk is dat de ruimtebegrenzende werking van de bebouwing (voor de niet stedelijke gebieden) onvoldoende is verwerkt in de 'maat van de ruimte' kaart van 'schaal van het landschap'. Dit heeft tot gevolg dat het combineren van de begroeiingsklassen met gegevens over bebouwing niet leidt tot een betere benadering van de 'maat van de ruimte'.

Het combineren van gegevens over opgaande elementen blijft echter de meest interessante basis voor een geautomatiseerde ruimte classificatie. Daarom wordt hier de relatie tussen de 'maat van de ruimte' en de combinatie-classificatie verder uitgediept.

4.3.2 Relaties tussen de combinatie begroeiing-bebouwing en de 'maat van de ruimte'

De sterke correlatie tussen de 'combinatie' en 'maat van de ruimte' classificaties (0.80) lijkt het vermoeden te bevestigen dat de 'maat van de ruimte' te benaderen is door meting van de hoeveelheid opgaande elementen in het landschap. Een hoge correlatiewaarde is echter onvoldoende om conclusies te trekken. Om de relatie tussen de combinatie- en de 'maat van de ruimte' classificaties te kunnen bestuderen, worden de klassen van beide classificaties tegen elkaar uitgezet in een grafiek (figuur 8). De symbolen (cijfers en letters) in de grafiek staan voor de frequentie waarmee een bepaalde combinatie voorkomt. De frequentie-intervallen zijn vastgesteld op 50 waarnemingen (= 0,6% van totaal).

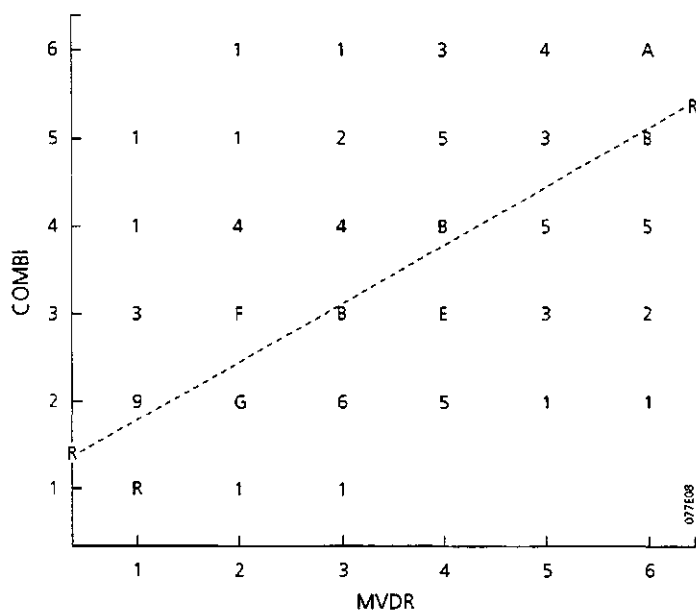


Fig. 8 Puntengrafiek van relaties tussen de combinaties begroeiing-bebouwing en de 'maat van de ruimte'

In het ideale geval zouden alle waarnemingen op de lijn $Y = X$ liggen ('combinatie' = 'maat van de ruimte'). Het verband 'combinatie' - 'maat van de ruimte' is echter niet één op één. In totaal komen voor 45% (3765) van de rastercellen de klassewaarden precies overeen. In eerste instantie lijkt dit een lage waarde. Combinatie en 'maat van de ruimte' zijn echter gebaseerd op subjectieve inschattingen van de topografische kaart en hebben arbitraire klassegrenzen. Daarnaast is er sprake van totaal verschillende classificatiemethoden. Een één op één verband is dan ook geen reële verwachting. Interessanter is nu om na te gaan in hoeverre de combinatie-classificatie en 'maat van de ruimte' overeen komen en waar en waarom ze van elkaar verschillen.

Het blijkt dat voor 83% (6997) van de cellen de combinatie klassewaarde overeen komt met de 'maat van de ruimte' klasse *plus of min één*. De combinatie-classificatie geeft dus een benadering van de 'maat van de ruimte', die met een marge van één klasse goed overeenkomt.

De resterende grotere afwijkingen (17%), waarbij de combinatie klasse meer dan één klasse afwijkt van de 'maat van de ruimte', zijn vrijwel even vaak te hoog (650) als te laag (611) geclassificeerd. Een tweetal mogelijke verklaringen voor deze grotere afwijkingen zijn:

- 1 De combinatie-classificatie is een afgeleide van de classificaties voor opgaande begroeiing en bebouwing. De klassen in deze twee 'basis-classificaties' zijn zeer grof ten aanzien van de hoeveelheid massa. De massaverdeling bestaat uit < 40 ha (voornamelijk lijnelementen), 40-200 ha (combinaties lijn- en vlakelementen) en > 200 ha (voornamelijk massa-elementen).
Een combinatie van twee lage- tot middenklassen voor opgaande begroeiing en bebouwing, zou logischerwijs tot een boven gemiddelde klassewaarde voor de 'maat van de ruimte' moeten leiden. Het massa aandeel in de lage- en middenklassen van bebouwing en begroeiing is echter zo variabel (40-200 ha), dat een combinatie van deze klassen een zeer sterk variërend aandeel massa-elementen kan bevatten (minimaal 80 ha tot maximaal 400 ha). De zeer grote onzekerheid ten aanzien van het aandeel massa-elementen kan een oorzaak zijn voor het relatief 'te hoog' of 'te laag' uitvallen van een combinatieklasse. Deze fouten zouden vermoedelijk veel minder optreden wanneer in de classificaties van 'schaal van het landschap' de massaverdeling nauwkeuriger zou zijn weergegeven.
- 2 De cellen gebruikt in 'schaal van het landschap' hebben een oppervlakte van 400 ha (2 km x 2 km). Bij de klassen 1 en 2 van de 'maat van de ruimte' is de dominante ruimteklasse groter dan de celgrootte, dus groter dan 400 ha. Dit betekent dat bij het bepalen van de ruimtemaat voor een rastercel niet enkel *binnen* de cel werd gekeken, maar de *directe omgeving* ook bepalend was voor de classificatie. Bij de hier gehanteerde combinatie-classificatie is enkel naar de opgaande elementen binnen een cel gekeken. Het gevolg is dat de vergelijking van de 'maat van de ruimte' en de combinatiekaart gedeeltelijk spaak loopt. Dit zou verholpen kunnen worden door een nabewerking op de combinatie kaart uit te voeren, waarbij de ruimteklasse van een rastercel wordt aangepast op basis van de ruimteklassen in zijn directe omgeving.

De frequentietabel van de 'maat van de ruimte' laat een grillig beeld zien (figuur 7). De klassen 3 en 5 komen relatief weinig voor. Dit is op zich merkwaardig omdat het niet overeen lijkt te stemmen met de in Ruimtelijke Verkenningen 1989 (De Regt, 1989) geconstateerde schaalnivellering. De open (1, 2) en de gesloten (6) klassen zijn juist ruim vertegenwoordigd. In figuur 9 is de frequentietabel van de combinatie-classificatie opgenomen. Deze lijkt de schaalnivellering beter te illustreren en op een evenwichtiger klassenverdeling te wijzen. In beide frequentietabellen zijn de grote open wateren (inclusief de Waddenzee) echter meegenomen. Deze nemen het grootste deel van klasse 1 (meest open) in beslag. Dit is met name het geval in de combinatieclassificatie, waar klasse 1 op het land praktisch niet voorkomt. Dit kan betekenen dat deze classificatie te weinig differentieert naar openheid.

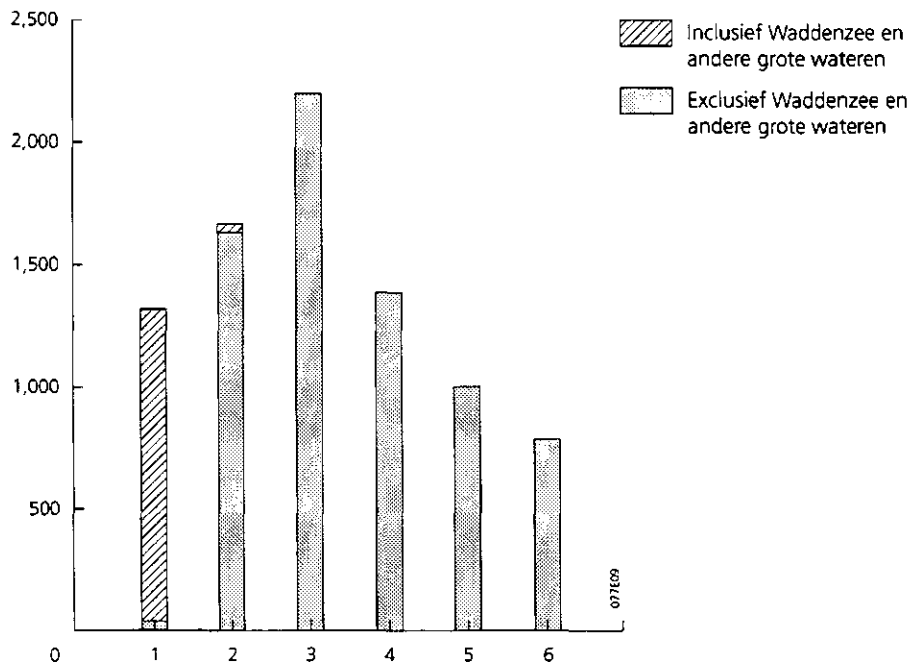


Fig. 9 Frequenties van klassen van de combinatie-classificatie

4.4 De afleidbaarheid van de 'maat van de ruimte'

De resultaten van dit hoofdstuk tonen aan dat er door simpele samenvoeging van de basiskaarten opgaande begroeiing en bebouwing een kaart kan worden verkregen die duidelijke overeenkomst vertoont met de kaart 'maat van de ruimte'. De aanwezige afwijkingen en het verschil in frequentieverdeling van de klassen duiden er echter op dat de beschikbare kaart 'maat van de ruimte' niet zonder meer afleidbaar is uit meting van de opgaande elementen. De regelmatige frequentieverdeling die ontstaat bij samenvoeging van de basiskaarten, lijkt een geconstateerde schaalnivellering echter beter weer te geven. De meting van opgaande landschappelijke elementen blijkt een goed bruikbare classificatie van de 'maat van de ruimte' op te kunnen leveren. Aangezien dit tevens veel eenvoudiger te automatiseren is dan het schatten van dominante ruimtegrootten, wordt deze meting als basis gekozen voor de ruimte-kartering in dit onderzoek.

De functionaliteitseis van mogelijkheid tot terugkoppeling van het nieuw te ontwikkelen bestand naar het oude bestand 'maat van de ruimte', moet nog eens in overweging worden genomen. De 'maat van de ruimte' is een afgeleide grootte die door eenieder anders geïnterpreteerd én beleefd wordt. Het is daarom wellicht zinnvoller om in de toekomst de terugkoppeling naar de oude bestanden uit te voeren door vergelijking met de basiskaarten van 'schaal van het landschap': opgaande begroeiing, bebouwing en infrastructuur.

5 Bepaling van de 'maat van de ruimte' uit digitale topografische bestanden

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de uiteindelijke ontwikkeling van een methodiek om vanuit de digitale topografische bestanden tot een kartering van de 'maat van de ruimte' te komen. Daartoe wordt achtereenvolgens ingegaan op:

- de rasterbenadering en proefwaarnemingen nabij Wageningen
De proefnemingen nabij Wageningen hadden tot doel om een geschikte rastergrootte te bepalen en om via veldwaarnemingen een eerste aanzet voor een classificatie van de 'maat van de ruimte' te ontwikkelen (par. 5.2).
- de selectie en conversie van testbestanden
In par. 5.3 worden de keuze van het DTB-testbestand en dus het proefgebied, en de conversie van DTB-bestanden naar ARC/INFO kort besproken.
- de procedure voor het afleiden van de 'maat van de ruimte' uit digitale bestanden
In par. 5.4 wordt ingegaan op de selectie en telling van opgaande elementen per rastercel, en op de (voorlopige) classificatie van de 'maat van de ruimte'.

De technische eisen zijn opgenomen in aanhangsel 8.

5.2 De rasterbenadering en proefwaarnemingen nabij Wageningen

Een eerste vraag is hoe de 'maat van de ruimte' wordt bepaald en welke geometrische basis, vectorstructuur of rasterstructuur, daarbij wordt gebruikt. De 'maat van de ruimte' kan op verschillende manieren worden bepaald. De eerder gebruikte werkwijze gaat uit van *oppervlaktemeting van ruimten*. Dit geeft, zoals geconstateerd bij de resultaten van 'schaal van het landschap', problemen met betrekking tot een eenduidige begrenzing van ruimten. Een andere werkwijze is het meten van een *hoeveelheid opgaande elementen* in relatie tot een bepaalde *oppervlakte*. Er zijn dan drie methoden te onderscheiden:

- 1 Homogene gebieden omlijnen (visueel vanaf topografische kaarten) waarbinnen de hoeveelheid opgaande elementen wordt geteld en de oppervlakte berekend.
- 2 Uitgaande van een vaste hoeveelheid opgaande elementen wordt de bijbehorende oppervlakte gemeten.
- 3 Uitgaande van een vaste oppervlakte wordt de bijbehorende hoeveelheid opgaande elementen geteld.

Methode 1 impliceert de toepassing van een vectorstructuur, waarbij de homogene gebieden via (gedeeltelijk) aanwezige 'natuurlijke' grenzen moeten worden bepaald. Dit is echter moeilijk te automatiseren, omdat ook in dit geval de grenzen niet eenduidig zijn vast te stellen.

Een voorbeeld van *methode 2* is de quadtree benadering, die zich goed leent voor automatisering. Een quadtree deelt een gebied net zo lang in vieren, totdat binnen

ieder gebiedje (vierkant) aan een bepaald criterium, bijv. een maximum hoeveelheid opgaande elementen, wordt voldaan. Een quadtree geeft als resultaat een rasterstructuur met variabele rastergrootte. Variabele rastergrootten bieden het voordeel van patroonvorming en datareductie. Deze methode is echter ingewikkelder dan methode 3, die uitgaat van een vaste oppervlakte.

Methode 3 kan het eenvoudigst worden geautomatiseerd door telling van de hoeveelheid opgaande elementen per rastercel, met een nader vast te stellen rastergrootte. Deze methode voldoet het beste aan de functionaliteitseis om aan te sluiten bij het onderzoek 'schaal van het landschap'. Deze hoeveelheid is daarna op eenvoudige wijze te classificeren naar een 'maat van de ruimte'. Door samenvoegen van aanliggende, gelijkwaardige rastercellen kan een datareductie worden bereikt op vergelijkbare wijze als in de quadtree benadering. Ook is het mogelijk om het rasterbestand naar een vectorbestand te converteren. De schijnbare of-of verhouding tussen en vector- en rasterstructuur moet in dit geval genuanceerd worden. Rastercellen vormen het geometrische raamwerk waarbinnen de opgaande elementen, weergegeven als lijnen en vlakken, worden geteld. Er is dus sprake van basisinformatie die een vectorstructuur heeft (DTB) en uitwerking naar de 'maat van de ruimte', die een rasterstructuur heeft. Op grond van bovenstaande is gekozen voor methode 3, waarbij de hoeveelheid opgaande elementen per rastercel worden geteld en geclassificeerd.

De volgende vraag is welke rastergrootte het meest optimaal is. Er moet gezocht worden naar een rastergrootte die ten eerste een goede kwantificering van de 'maat van de ruimte' mogelijk maakt en ten tweede een leesbare kaart oplevert. Bovendien moet de kaart 'maat van de ruimte' in het veld als reëel worden ervaren. Voor het vinden van een raster dat aan deze eisen voldoet, is veldwaarneming noodzakelijk. Er is een proefwaarneming uitgevoerd nabij Wageningen. Er zijn drie sterk uiteenlopende proefgebieden gekozen van 2 km x 2 km (aansluiting 4). Gebied A bestaat uit lege, open en half open gedeelten, met een meer gesloten gedeelte langs de weg Wageningen-Rhenen. Gebied B is het gebied tussen Wageningen en Bennekom met een zeer diverse ruimte-opbouw. Gebied C beslaat een bosgebied ten oosten van Wageningen. Het gebied wordt gedomineerd door begroeiings-massa. In deze proefgebiedjes zijn aansluitend op het net van de Topografische Kaart rastergrootten gekozen van 125 m x 125 m, 250 m x 250 m, 500 m x 500 m, 1000 m x 1000 m en 2000 m x 2000 m. Uit de proefwaarneming bleek dat cellen van 125 m x 125 m en 250 m x 250 m in het algemeen te klein zijn omdat de omgeving de beleving van de ruimte dusdanig beïnvloedt dat de cel er moeilijk los van kan worden gezien (Foto 1 en 2). Bij cellen van 500 m x 500 m speelt de beïnvloeding van de omgeving een minder dominante rol. Alleen indien bij de classificatie rekening wordt gehouden met de omliggende cellen, kan voor een gridgrootte kleiner dan 500 m worden gekozen. Bij een simpele toedeling per gridcel kan op regionale schaal vermoedelijk het beste een rastergrootte van 500 m x 500 m worden gekozen. Voor analyses op nationale schaal kan een grover raster worden gekozen. Een raster van 1000 m x 1000 m geeft mogelijkheden tot aansluiting bij bijv. het LKN-bestand. De rastergrootte 2000 m x 2000 m sluit aan bij de resultaten uit de 'schaal van het landschap'.

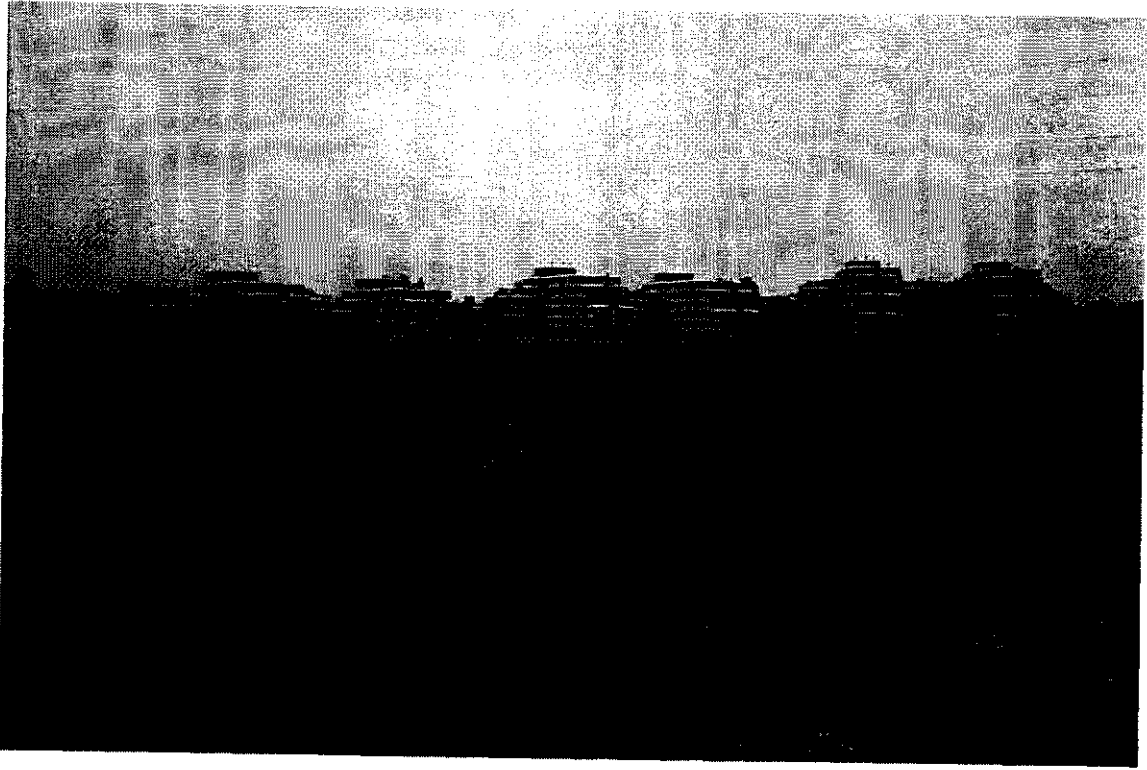


Foto 1 Foto-standpunt binnen 'lege' rastercel met ruimtebegrenzende elementen op een afstand van ca. 125 m (in de aangrenzende cel)

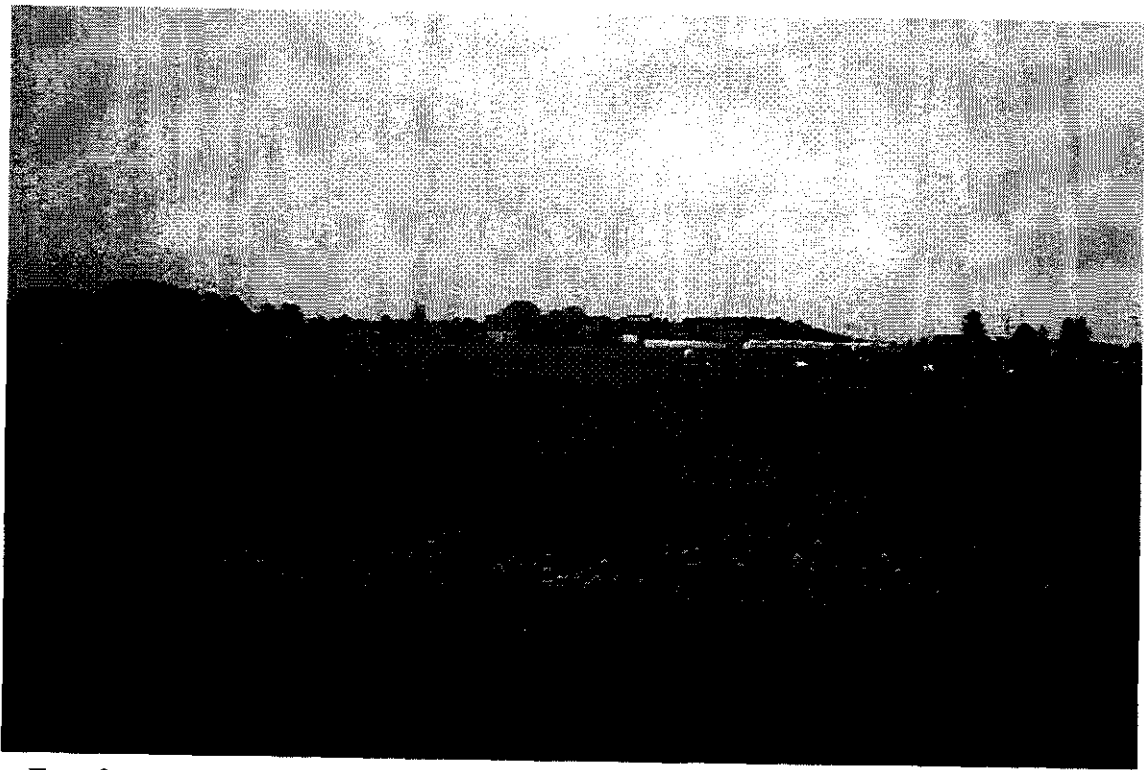


Foto 2 Foto-standpunt binnen 'lege' rastercel met ruimtebegrenzende elementen op een afstand van ca. 250 m (in de aangrenzende cel)

De volgende vraag bij de proefneming nabij Wageningen was welke klassen onderscheiden dienen te worden voor een goede typering van de 'maat van de ruimte'. Daartoe zijn de proefgebieden opgedeeld in cellen van 500 m x 500 m. Aan iedere cel is eerst een typering van de 'maat van de ruimte' toegekend, door vergelijking van de cellen op de kaart en door veldwaarneming. De volgende typering zijn onderscheiden:

- leeg/water geen of nauwelijks opgaande elementen aanwezig
- open opgaande elementen aanwezig, maar grote open ruimten domineren het landschapsbeeld
- half open open ruimten en opgaande elementen in min of meer gelijke mate vertegenwoordigd, meer open indruk
- half gesloten open ruimten en opgaande elementen in min of meer gelijke mate vertegenwoordigd, meer gesloten indruk
- gesloten opgaande elementen domineren, kleine open ruimten verspreid aanwezig
- massa (< 75%) massa domineert, oppervlakte beslaat minder dan 75% van de rastercel
- massa (> 75%) massa domineert sterk, oppervlakte beslaat 75% of meer van de rastercel.

Op grond van de vergelijking van de in het veld waargenomen 'mate van openheid' en handmatige metingen op de topografische kaart is een eerste classificatie opgesteld (aanhangsel 5).

5.3 Selectie en conversie van de testbestanden

5.3.1 De selectie van de testbestanden

Er is gekozen voor een DTB 1: 50 000 van het kaartblad 12 Oost, een gebied ten noordoosten van Assen. De ligging van het proefgebied is weergegeven in figuur 10. Deze keuze is in de eerste plaats bepaald door de beschikbaarheid van de DTB 1 : 50 000 in 1993 (vergelijk figuur 5). In de tweede plaats was het van belang een proefgebied te kiezen waar een grote variatie aan klassen van de 'maat van de ruimte' aanwezig is. Daartoe zijn de verschillende beschikbare DTB 93 vergeleken met de kaart 'maat van de ruimte' in de studie 'schaal van het landschap'. Het proefgebied 12 Oost bleek hieraan het beste te voldoen. Hier komen naast grootschalige gebieden, ondermeer delen van de Veenkoloniën, ook de kleinschalige gebieden op de Hondsrug voor. Het DTB 1 : 50 000 (12 Oost) is onderverdeeld in 4 delen: 12E-12H. Voor het ontwikkelen van de methode is gebruik gemaakt van het kaartblad 12E.

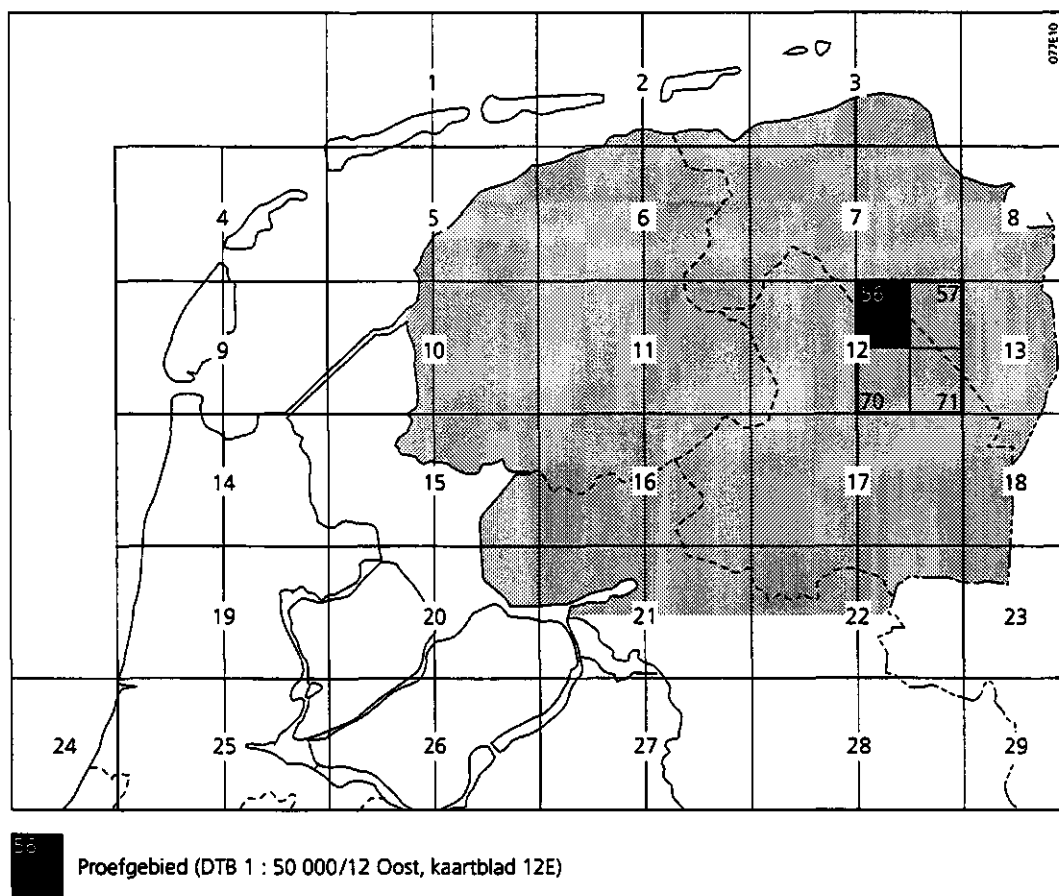


Fig. 10 Ligging proefgebied DTB 1 : 50 000, 12 Oost, kaartblad 12E

5.3.2 De conversie van DTB-IGDS naar ARC/INFO

Het DTB schaal 1 : 50 000 kan door de Topografische Dienst in verschillende formaten worden aangeleverd: in DXF, SUF en IGDS. Er is gekozen voor IGDS, omdat binnen de Landinrichtingsdienst enige ervaring bestond met het gebruik van DTB in IGDS en met het converteren van DTB-IGDS formaat naar ARC/INFO (Cattenstart, 1992). Aangezien de DTB 1 : 10 000 een vergelijkbare datastructuur heeft als de DTB 1:50.000 in IGDS, bestond de verwachting dat ook de DTB 1:50000 geconverteerd zou kunnen worden naar ARC/INFO.

IGDS is gebaseerd op het principe van data opslag in een *datafile*: de design-file. De design-file kan per terreinobject de geometrische coördinaten en een beperkt aantal attributen bevatten. De attribootstructuur wordt door IGDS vastgelegd en kan niet gewijzigd worden. In de design-file kan geen topologie worden opgeslagen. Aan de design-file kunnen databestanden met aanvullende informatie worden gekoppeld. De

koppeling loopt via de attribuutwaarden in de design-file. Het is mogelijk dat een object wordt geïdentificeerd door een *combinatie* van attribuutwaarden en niet door één identificerend attribuut (ID-waarde).

IGDS kent de geometrische elementen punt en lijn. Vlakinformatie wordt niet apart opgeslagen, maar wordt uit vlakidentificerende lijnen gegenereerd bij bevraging. In de DTB bestanden zijn vlakcoderingen als attribuut gekoppeld aan één cirkelvormig lijnstuk binnen ieder vlakelement.

ARC/INFO is gebaseerd op het principe van data-opslag in een *dataset*: de coverage. Een coverage is een set Arc-Info bestanden waarin de geometrie en de alfanumerieke data afzonderlijk zijn opgeslagen. In een coverage kan de topologie worden opgeslagen. ARC/INFO kent de elementen punt, lijn en vlak. Punten, lijnen en vlakken zijn uniek geïdentificeerd. Via de unieke identificatie waarden (ID-waarden) kunnen meer databestanden met thematische informatie aan de coverage verbonden worden. Het aantal toe te kennen attributen en hun definitie wordt niet door de coverage beperkt.

Bij de conversie van IGDS naar ARC/INFO kunnen vier fasen worden onderscheiden:

- 1 het overhalen van de IGDS geometrie naar een gecreëerde ARC/INFO lijnen coverage;
- 2 het inlezen van IGDS attribuutwaarde(n) in INFO, de database van ARC/INFO en koppeling met de geometrie;
- 3 de ARC/INFO coverage filteren op IGDS hulplijnen zonder topografische betekenis en opbouwen van vlaktopologie;
- 4 het creëren van een aparte bebouwingscoverage.

Voor deze conversie is een commandoprocedure geschreven, gebaseerd op een bestaande procedure van Cattenstart (1992) voor de conversie van DTB 1 : 10 000 naar ARC/INFO. De conversie gaat nu (nog) niet probleemloos. De TDN is echter voornemens om zelf de bestanden ook in ARC/INFO-formaat te leveren.

Daarnaast treden er problemen op bij het zonder meer aan elkaar koppelen van de geconverteerde bebouwingsbestanden, omdat in het ondervlak al gauw het maximum aantal polygonen dat in ARC/INFO wordt toegestaan, wordt overschreden. Dit kan worden ondervangen door dit vlakkenbestand te vervangen door een puntenbestand met de oppervlakte als attribuutwaarde, waardoor ook de bewerkingen sneller zullen verlopen.

Voor meer technische informatie over de conversie van DTB-IGDS naar ARC/INFO wordt verwezen naar Cattenstart (1992) en Van Alphen (1993).

5.4 Het afleiden van de 'maat van de ruimte' uit digitale topografische bestanden

5.4.1 Procedure

Met de verworven kennis moet nu een methode worden ontwikkeld om vanuit de DTB 1:50.000 tot een goed herhaalbare, efficiënte en vooral zinvolle kartering van de 'maat van de ruimte' te komen. Dit is te vertalen naar twee deelproblemen:

- 1 ontwikkeling van een methode om vanuit DTB te komen tot *selectie* en *telling* van lengten en oppervlakten van ruimtebegrenzende elementen binnen afzonderlijke rastercellen;
- 2 ontwikkeling van een classificatiesysteem op verschillende schaalniveaus.

De ontwikkelde procedure is in figuur 11 samengevat. In de volgende paragrafen wordt dit nader toegelicht.

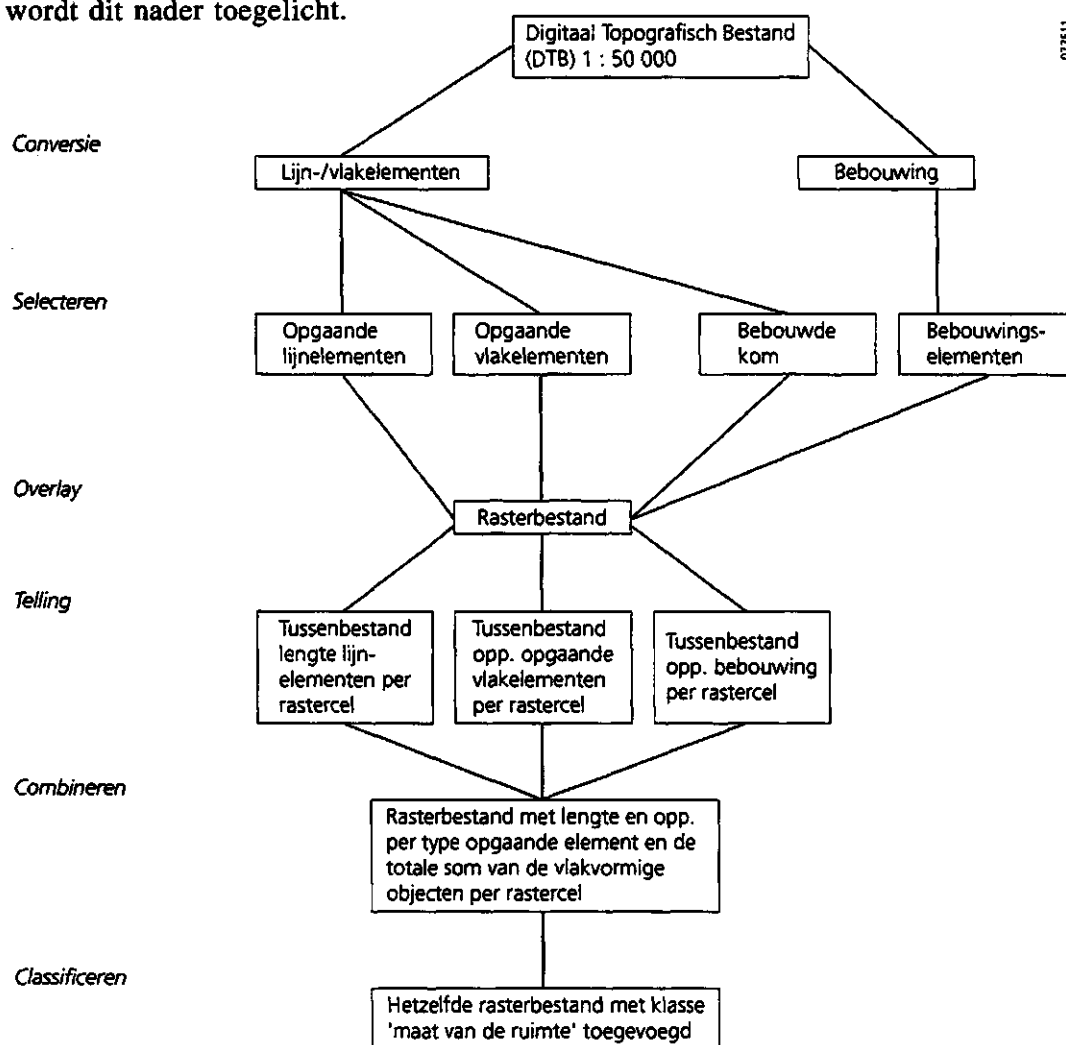


Fig. 11 Procedure voor het classificeren van de 'maat van de ruimte'

5.4.2 Selectie en telling van opgaande elementen

Het DTB bestaat na conversie naar ARC/INFO uit twee aparte bestanden: een bestand met lijn- en vlakelementen en een bebouwingsbestand (aanhangsels 6 en 7). Niet alle opgenomen objecten zijn bepalend voor de 'maat van de ruimte'. De eerste stap bestaat daarom uit het selecteren van de ruimtebegrenzende objecten. De volgende elementen zijn uit het DTB 1:50.000 geselecteerd:

- opgaande begroeiing (lijn- en vlakelementen)
- bebouwing (vlakelementen)
- dijken/weglichamen (lijnelementen hoger dan 1,5 m)

Tabel 4 geeft een uitgebreider beeld van de elementen die zijn geselecteerd.

Tabel 4 Geselecteerde elementen uit het DTB 1 : 50 000 (kaart 12E)

<i>lijnelementen:</i>	brede houtwal heggen en bomenrijen bomen langs/op wegen houtwal dijken > 1,5 m steilranden > 1,5 m
<i>vlakelementen:</i>	loofbos naaldbos gemengd naald-/loofbos griend populier boomgaard boomkwekerij
<i>bebouwingselementen:</i>	huizenblok kassen

De hoogte-aanduiding van objecten is, voor zover van toepassing, als attribuut opgenomen (<1,5 m/1,5-2,5 m/> 2,5 m). De minimum hoogte voor ruimtebegrenzende objecten is gelegd bij 1,5 m.

Op basis van veldwaarneming is besloten om puntobjecten in eerste instantie niet in de bepaling van de 'maat van de ruimte' mee te nemen. Puntelementen, zoals losstaande bomen, hoogspanningsmasten of schoorstenen, blijken nauwelijks ruimtebegrenzend te werken in verhouding tot opgaande lijn- en vlakelementen.

Het reliëf is niet opgenomen in de DTB en kan op dit moment dus ook nog niet op geautomatiseerde wijze worden meegenomen in de ruimtebepaling.

Voor de afzonderlijke telling van opgaande lijn- en vlakelementen, worden uit de DTB drie afgeleide bestanden geselecteerd:

- een bestand van lijnvormige begroeiing en dijklichamen
- een bestand van vlakvormige begroeiing (bos)
- een bestand van bebouwingsobjecten, te splitsen in losse bebouwingselementen en bebouwde kom (beide vlakvormig).

De drie afgeleide bestanden worden vervolgens met een 'leeg' rasterbestand via een overlay-techniek gecombineerd tot drie tussenbestanden: LIJNGRID, VLAKGRID en BEBGRID. De daadwerkelijke telling gebeurt in deze bestanden. Van ieder object is een lengte danwel oppervlakte bekend (interne variabelen van ARC/INFO) én het identificatie-nummer (ID) van de rastercel waarin het object ligt. De lengte of oppervlakte van de opgaande objecten worden per raster in alledrie bestanden opgeteld. De resultaten worden vervolgens gecombineerd in één rasterbestand met de volgende attributen:

- totale lengte lijnvormige begroeiing en dijklichamen per rastercel
- totale oppervlakte vlakvormige begroeiing per rastercel
- totale oppervlakte bebouwing, eventueel uitgesplitst naar losse bebouwings-elementen en bebouwde kom per rastercel
- totale oppervlakte vlakvormige begroeiing en bebouwing per rastercel.

5.4.3 Classificatie voor het automatisch afleiden van de 'maat van de ruimte'

De classificatie die uiteindelijk is gekozen voor het digitaal afleiden van de 'maat van de ruimte' wijkt vrij sterk af van de classificatie die is gehanteerd bij het eerdere onderzoek 'schaal van het landschap' en ook van de classificatie die bij de in dit onderzoek uitgevoerde veldproef is opgesteld. Toepassing van het classificatieschema, ontwikkeld voor proefgebieden nabij Wageningen, op het DTB ten noordoosten van Assen, levert een onbevredigend beeld op (aanhangsel 5/bijlage 5). Uit de uitkomsten bleek dat lineaire beplantingen een onevenredig sterkere invloed op de openheid hadden dan vlakvormige beplantingen en bebouwing. Dit komt omdat er bij de proef in Wageningen is voortgebouwd op de indelingen in 'schaal van het landschap', waarbij lintbebouwing en smalle bospercelen als lineaire elementen zijn beschouwd. In het DTB zijn echter geen lineaire bebouwingselementen onderscheiden: alle bebouwingsblokken zijn als vlakken opgeslagen. Bij de beplanting zijn naast vlakvormige bospercelen, wel lineaire beplantingen onderscheiden (bomenrijen, heggen en smalle houtranden). Smalle langwerpige bospercelen die als vlakvormig zijn opgeslagen hebben echter een vergelijkbaar effect op de mate van de openheid als lineaire beplantingen. Bij visuele interpretatie zouden smalle bospercelen dan ook als lijnelementen worden beschouwd. Bij automatische afleiding is dit onderscheid alleen mogelijk indien de vorm van de vlakelementen wordt meegewogen bij de classificatie van de maat van de ruimte. Dit zou echter zeer rekenintensief worden. Daarom is er voorlopig voor gekozen om het effect van de oppervlakte van een vlakelement gelijk te stellen aan die van een lijnelement met een breedte van 10 m. Dat wil zeggen dat gemiddeld genomen een bos- of bebouwingsvlakelement dezelfde uitwerking heeft op de mate van openheid als een lijnvormige beplanting met een lengte = oppervlakte/10. Compacte vlakelementen zullen in het algemeen wat minder invloed hebben dan lineaire elementen, terwijl lange smalle vlakelementen (bossingels, lintbebouwing) meestal wat meer invloed hebben omdat ze breder (en dus ondoorzichtiger) zijn dan lineaire beplantingen. Er wordt voorlopig vanuit gegaan dat deze verschillen vallen binnen de marges van de classificatie. Daar komt nog bij dat het hier gaat om gegeneraliseerde kaarten, die op een schaal 1 : 50 000

leesbare afdrukken moeten opleveren. Daarom moet ervan worden uitgegaan dat de oppervlakten van losse bebouwingselementen en smalle bospercelen vaak zijn vergroot ten behoeve van de leesbaarheid.

Bij de classificatie is er daarnaast vanuit gegaan dat opgaande elementen in overwegend open gebieden meer invloed hebben op de 'maat van de ruimte' dan hetzelfde oppervlak/aantal elementen in een gesloten landschap. De classificatie is daarom niet lineair: globaal verdubbelt het bereik van elke hogere klasse ten opzichte van de klasse daaronder. Ook de juistheid van deze aanname moet in een uitgebreider studie nader worden onderzocht.

Tabel 5 *Classificatieschema van de 'maat van de ruimte'*

Horizontaal: opgaande vlakelementen in percentage van de celoppervlakte
 Verticaal: opgaande lijnelementen in percentage van de celoppervlakte

- 1 leeg
- 2 open
- 3 grotendeels open
- 4 half open
- 5 half gesloten
- 6 grotendeels gesloten
- 7 gesloten

Opp. Lijnv.	<0.4	0.4-1.2	1.2-2	2-4	4-6	6-10	10-16	16-36	36-75	>75
<0.04	1	2	2	3	3	4	4	5	6	7
0.04-0.12	2	2	3	3	3	4	4	5	6	7
0.12-0.2	2	3	3	3	3	4	4	5	6	7
0.2-0.4	3	3	3	3	4	4	4	5	6	7
0.4-0.6	3	3	3	4	4	4	5	5	6	7
0.6-1	4	4	4	4	4	5	5	5	6	7
1-1.6	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7
>1.6	5	5	5	5	5	5	5	6	6	7

In tabel 5 is de classificatie samengevat waarop in dit onderzoek is uitgekomen. Er zijn 7 klassen onderscheiden van leeg naar gesloten. In de figuur is de indeling van vlakvormige elementen uitgezet tegen de overeenkomstige indeling van de lineaire elementen, beide uitgedrukt in het percentage van de cel-oppervlakte. Bij een celgrootte van 1000 m x 1000 m betekent klasse 1 (leeg) dat er aan oppervlakte-elementen minder dan $0,004 \times 1000\ 000 = 4000\ m^2$ (0,4 ha) voorkomt en/of aan

lineaire beplantingen een totale lengte van $0,0004 \times 1000\ 000 = 400$ m. Bij een celgrootte van $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ betekent klasse 1: $0,004 \times 250\ 000 = 1000\text{ m}^2$ (0,1 ha) aan vlakelementen en/of een totale lengte van 100 m aan lijnvormige beplantingen.

5.4.4 Resultaten

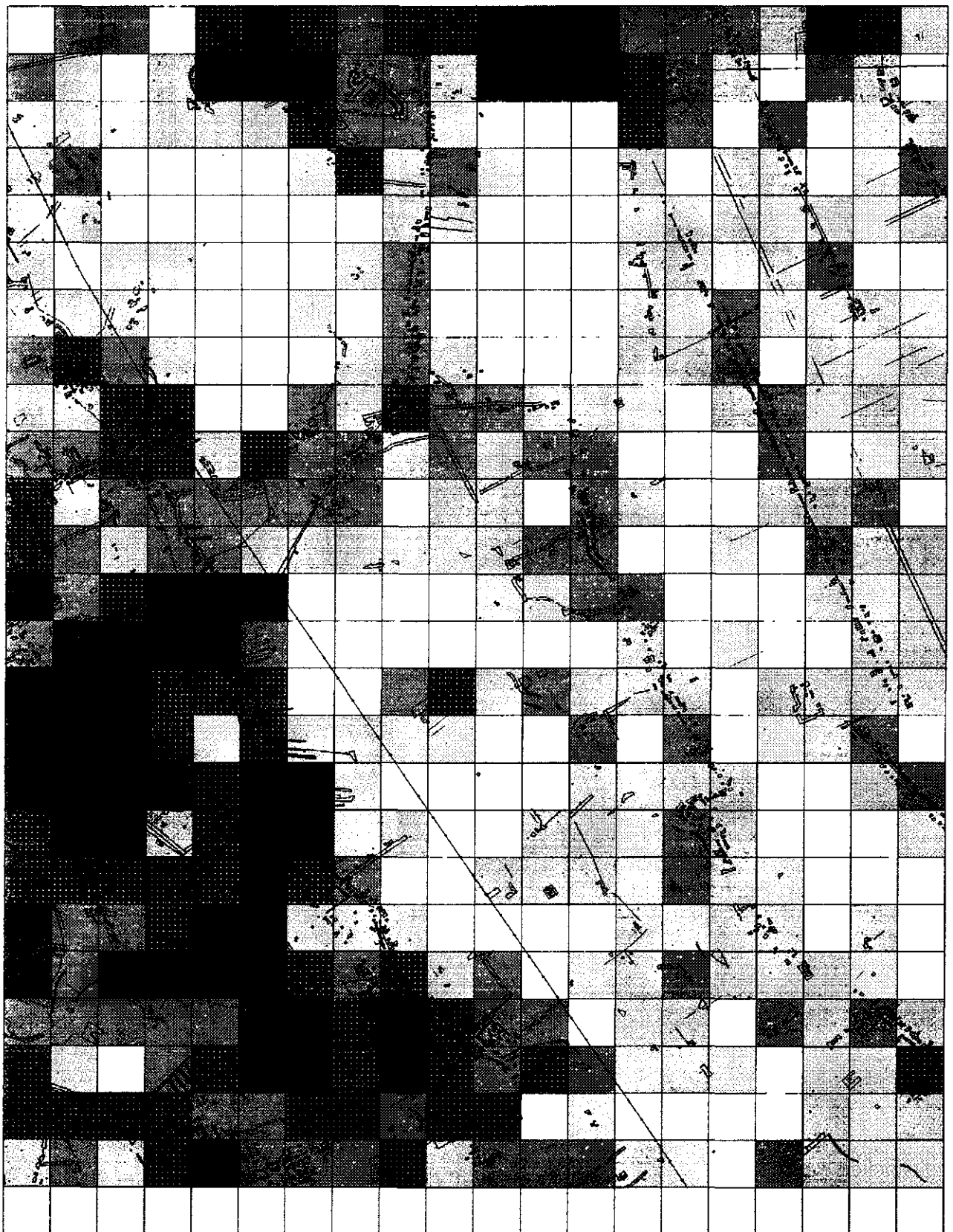
Met behulp van dit classificatieschema (tabel 5) zijn van kaartblad 12E kaarten geproduceerd met de rasters $500\text{ m} \times 500\text{ m}$, $1000\text{ m} \times 1000\text{ m}$ en $2000\text{ m} \times 2000\text{ m}$ (figuur 12, 13, en 14). De gehanteerde classificatie lijkt goed overeen te stemmen met hetgeen op grond van de topografische kaart werd verwacht. In het bijzonder geldt dat voor de kaart met een raster van $500\text{ m} \times 500\text{ m}$. Bij de rasters van $1000\text{ m} \times 1000\text{ m}$ en vooral $2000\text{ m} \times 2000\text{ m}$ treedt een sterke vergroving op. Een degelijke toetsing is nog nodig maar kan echter pas plaatsvinden nadat meer kaartbestanden (verspreid over Nederland) zijn bewerkt. Mocht uit een uitgebreidere toetsing blijken dat de uitkomsten toch sterke afwijkingen vertonen, dan kan alsnog worden overwogen om de vorm van de vlakken bij de classificatie te betrekken. Ook zou de gekozen maatbreedte van 10 meter wellicht verlegd moeten worden. In reliëfrijke gebieden in Nederland moeten gegevens over de hoogten, afgeleid uit hoogtepunten/-lijnenkaarten aan het classificatieschema worden toegevoegd.

Uit de figuren 13 en 14 blijkt dat de afmetingen van een enkel kaartblad verticaal gezien niet een heel aantal 1000 m en 2000 m bedraagt. Om een heel aantal 1000 m te krijgen dient het onderliggende blad 12G aan 12E digitaal gekoppeld te worden. Dit digitale plakwerk levert tot nu toe in de praktijk problemen op.

Met de verkregen classificatie zijn verschillende bewerkingen uit te voeren, waaronder de berekening van een frequentieverdeling van de klassen. Tabel 6 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 6 *Frequenties van de klassen van de 'maat van de ruimte' van DTB kaartblad 12E bij rastergrootten van 500 m^2 , 1000 m^2 en 2000 m^2*

rastergrootte	500 m^2		1000 m^2		2000 m^2	
	aantal	%	aantal	%	aantal	%
1 leeg	126	25	12	10	1	3
2 open	50	10	18	15	3	10
3 grotendeels open	124	25	42	35	13	43
4 half open	95	19	19	16	4	13
5 half gesloten	55	11	17	14	8	27
6 grotendeels gesloten	45	9	12	10	1	3
7 gesloten	5	1	-	-	-	-










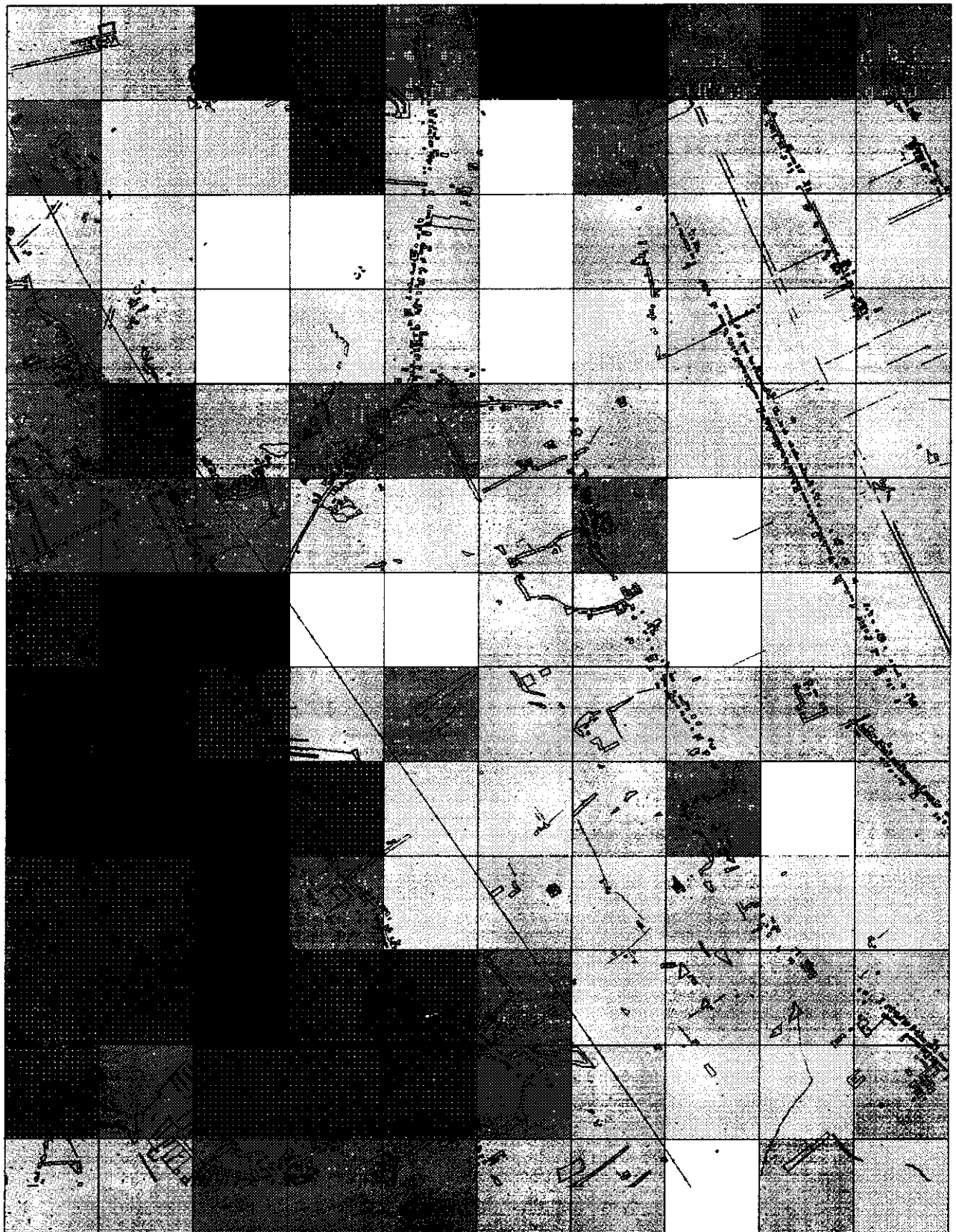
- | | | | |
|---|------------------|---|----------------------|
|  | leeg |  | half gesloten |
|  | open |  | grotendeels gesloten |
|  | grotendeels open |  | gesloten |
|  | half open | | |

Fig. 12 Klassen 'Maat van de ruimte' van kaartblad 12E met raster 500 x 500 m










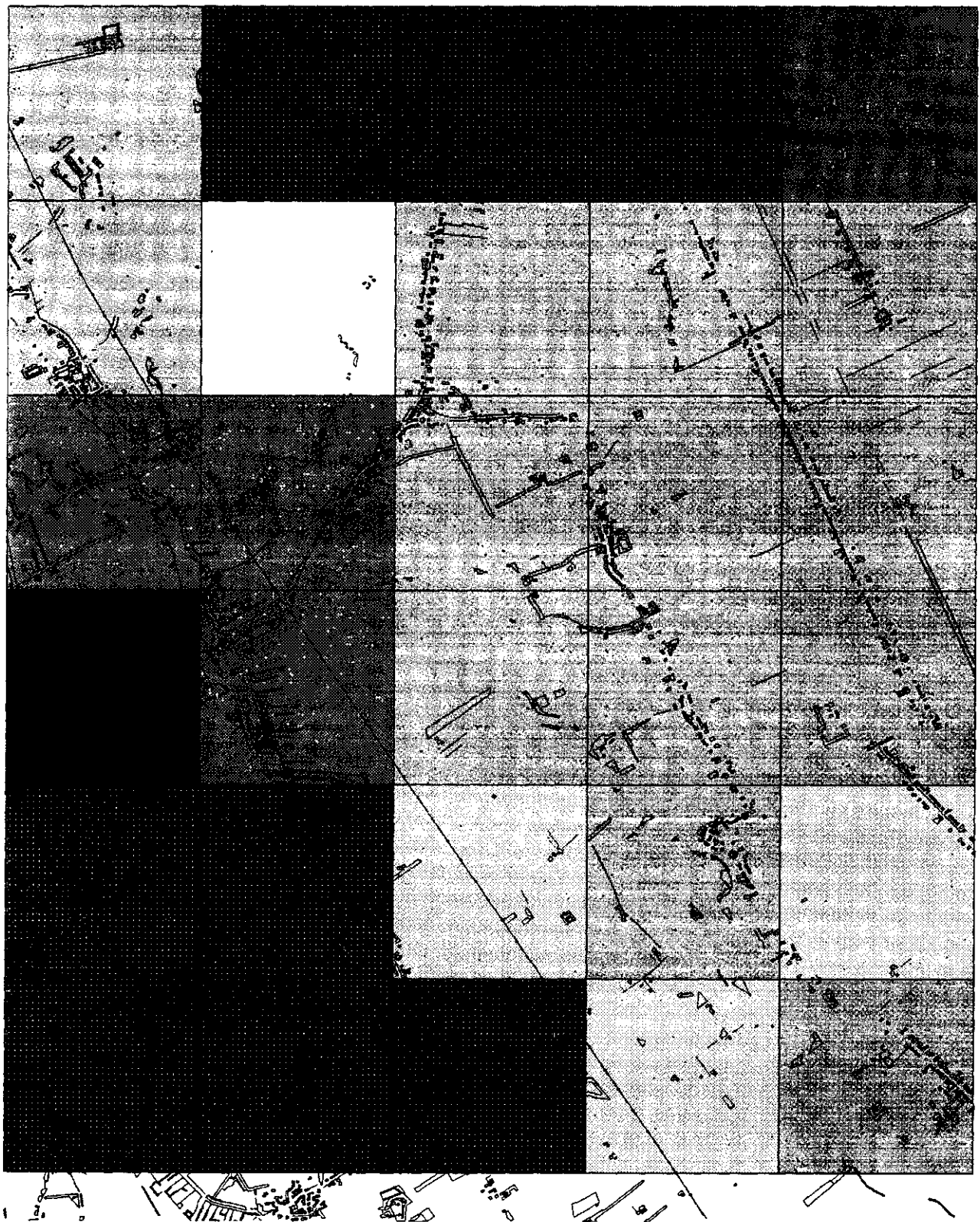
- | | | | |
|---|------------------|---|----------------------|
|  | leeg |  | half gesloten |
|  | open |  | grotendeels gesloten |
|  | grotendeels open |  | gesloten |
|  | half open | | |

Fig. 13 *Klassen 'Maat van de ruimte' van kaartblad 12E met raster 1000 x 1000 m*










- | | | | |
|---|------------------|---|----------------------|
|  | leeg |  | half gesloten |
|  | open |  | grotendeels gesloten |
|  | grotendeels open |  | gesloten |
|  | half open | | |

Fig. 14 Klassen 'Maat van de ruimte' van kaartblad 12E met raster 2000 x 2000 m

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Samenvatting en conclusies

Het vooronderzoek is uitgevoerd om een methode te ontwikkelen voor kartering van de 'maat van de ruimte'. Op basis van herhaalde kartering dient een monitorings-systeem voor de 'maat van de ruimte' te worden opgezet. Samenvattend heeft het vooronderzoek de volgende resultaten opgeleverd:

- Landschapsmonitoring moet geplaatst worden in de context van de beleidscyclus, i.q. van het landschapsbeleid. Het draagt bij tot het signaleren van ontwikkelingen in het landschap, het voorspellen bij de evaluatie vooraf (vooruitberekening van effecten van beleid) en het controleren van het beleid achteraf.
- Uit een vergelijking van verschillende technieken en bestanden, komen de digitale topografische bestanden (DTB) schaal 1 : 50 000 naar voren als de basisinformatie die het meest bruikbaar is voor kartering en monitoring van de 'maat van de ruimte'.
- Het meten van (dominante) ruimtegrootten, zoals in 'schaal van het Landschap', is moeilijk te automatiseren. Dit komt door de niet eenduidig te definiëren begrenzing van ruimten. Daarom is een correlatie-analyse uitgevoerd op het basismateriaal van de studie 'schaal van het landschap'. Er bleek een hoge correlatie te bestaan tussen het voorkomen van ruimte-begrenzende elementen in de rastercellen en de classificatie van de 'maat van de ruimte'. Hieruit is geconcludeerd dat de 'maat van de ruimte' kan worden bepaald via meting van de ruimtebegrenzende elementen in een rastercel. Dit biedt goede mogelijkheden voor automatisering van de bepaling van de 'maat van de ruimte'.
- Een veldonderzoek nabij Wageningen heeft geleid tot 1) de vaststelling dat 500 m x 500 m als minimale rastergrootte moet worden beschouwd voor classificatie van de 'maat van de ruimte', en 2) een eerste schema voor classificatie van de 'maat van de ruimte'.
- De Topografische Dienst Nederland (TDN) heeft voor een beperkt aantal kaartbladen een DTB beschikbaar. Voor het testen van de methodiek om op geautomatiseerde wijze de 'maat van de ruimte' te bepalen, is gebruik gemaakt van het bestand 12 Oost, kaartblad 12E. Dit bestand/proefgebied is gekozen omdat het zowel grootschalige gebieden (Veenkoloniën) als kleinschalige gebieden (Hondsrug) omvat.
- Voor gebruik in ARC/INFO moet het DTB eerst geconverteerd worden. De conversie gaat nog niet probleemloos: sommige vlakken moeten nog handmatig worden bijgewerkt. De conversie betekent extra kosten en veel rekentijd.
- Toepassing van het classificatieschema 'maat van de ruimte', ontwikkeld voor proefgebiedjes nabij Wageningen, bleek bij toepassing op het testbestand DTB 12E onbevredigende resultaten op te leveren. Daarom is het classificatieschema gewijzigd, waarbij de vlakvormige en lijnvormige elementen evenwichtiger zijn behandeld en de klassegrenzen van de 'maat van de ruimte' zijn aangepast. Geautomatiseerde toepassing van dit schema op het DTB 12E leverde voor de

rastergrootte 500 m x 500 m een bevredigend beeld op. Bij rastergrootten van 1000 m x 1000 m en 2000 m x 2000 m treedt een sterke vergroving op. Toepassing van ditzelfde schema op andere gebieden/DTB 1 : 50 000 moet inzicht geven in de vraag in hoeverre het schema algemeen toepasbaar is.

- Uit deze eerste test met een DTB schaal 1 : 50 000, blijkt dat kartering van de 'maat van de ruimte' met de ontwikkelde methodiek aan de gestelde functionaliteitseisen voldoet. De telling van opgaande elementen binnen rastercellen, gekoppeld aan een beslisfunctie voor de toekenning van ruimteklassen, geeft betrouwbaarder en nauwkeuriger resultaten dan langs handmatige, visuele weg kan worden bereikt. De methode leent zich daardoor ook beter voor herhaling, ervan uitgaande dat het DTB regelmatig wordt herzien.
- De snelheid van de classificatie hangt af van de reken capaciteit van de gebruikte apparatuur en kan daardoor verschillen van meer uren tot minder dan een uur per kaartblad.
- Door eenvoudige aanpassing van de gehanteerde beslisfunctie kunnen andere thematische kaarten worden vervaardigd, die bijvoorbeeld vergelijkbaar zijn met de basiskaarten van 'schaal van het landschap': opgaande begroeiing en bebouwing.
- Er zijn nog verschillende problemen van technische aard bij de toepassing van de DTB 1 : 50 000 voor bepaling van de 'maat van de ruimte'. Naast problemen bij de conversie bestaan er problemen bij de geautomatiseerde classificatie van meer kaartbladen tegelijk. Digitaal plakwerk van meer kaartbladen is nodig omdat een kaartblad niet een veelvoud is van de rastergrootte van 1000 m x 1000 m en 2000 m x 2000 m.

6.2 Aanbevelingen voor de vervolgfasen

Volgens de resultaten uit dit vooronderzoek bestaan er goede perspectieven voor verdere ontwikkeling en toepassing van een efficiënte, goed herhaalbare en zinvolle methode van monitoring van de 'maat van de ruimte'. Een dergelijk monitorings-systeem dient volgens dit vooronderzoek uit te gaan van de digitale topografische bestanden 1 : 50 000 van de Top. Dienst Nederland. Een voorwaarde is dat de DTB voor geheel Nederland tijdig ter beschikking komt, regelmatig wordt vernieuwd, en dat de DTB in de tijd gezien inhoudelijk stabiel blijft. Er wordt daarbij vanuit gegaan dat de DTB 1 : 50 000 de ruimte-begrenzende elementen voldoende betrouwbaar heeft opgenomen. Een eerste aanbeveling kan zijn om nader onderzoek uit te voeren naar deze betrouwbaarheid.

Een tweede aanbeveling is om de landschapsmonitoring niet te beperken tot de 'maat van de ruimte'. De verwachting bestaat dat de DTB-informatie geschikt is om hieruit op geautomatiseerde wijze andere landschapskarakteristieken dan de 'maat van de ruimte' af te leiden. Hierbij wordt bijvoorbeeld gedacht aan de mate van verstedelijking en de versnippering van het landschap. Het gaat hier dus om verdere verbreding van een systeem van landschapsmonitoring.

Voor de vervolgfases II (opstellen programma voor 'monitoring maat van de ruimte') en III (uitvoering programma 'maat van de ruimte') worden hier de volgende aanbevelingen gedaan. Deze aanbevelingen worden onderscheiden in aanbevelingen van inhoudelijke, technische en organisatorisch/financiële aard.

Inhoudelijk gezien wordt aanbevolen om:

- naast de 'maat van de ruimte' de aandacht meer te richten op de basisgegevens, in het bijzonder de opgaande begroeiing en bebouwing.

Bij monitoring van de 'maat van de ruimte' komen veranderingen in het landschap tot uiting in plaats en hoeveelheid van verschuivingen in klassen. Omdat de classificatie van de 'maat van de ruimte' vrij grof is, zullen lang niet alle veranderingen tot uiting komen in klasse-verschuivingen, maar eerder binnen de klassen plaatsvinden (gevoeligheid van de classificatie). Met de ontwikkelde methodiek is het echter ook mogelijk om per rastercel de absolute veranderingen in lengten en oppervlakte van opgaande begroeiing en bebouwing te bepalen, zodat ook geringe veranderingen kunnen worden gesignaleerd.

- de ontwikkelde classificatie voor DTB 12E toe te passen voor andere landschappen in Nederland.

Het is niet duidelijk in hoeverre de ontwikkelde classificatie voor de 'maat van de ruimte' gebiedsspecifiek is en voor andere gebieden een bevredigend kaartbeeld oplevert. Toepassing in andere gebieden moet leiden tot een generiek classificatieschema voor de 'maat van de ruimte'.

- het reliëf beter in de classificatie te betrekken.

De TDN produceert naast de DTB ook digitale hoogtebestanden. Het is waarschijnlijk goed mogelijk om middels een gecombineerd gebruik van deze twee bestanden het reliëf in de kartering van de 'maat van de ruimte' te betrekken. De aanschaf van hoogtebestanden vereist echter extra investeringen, dit zal moeten worden afgewogen tegen de meerwaarde die de ruimteclassificatie krijgt.

- de directe omgeving van rastercellen in de ruimteclassificatie te betrekken.

Daartoe bestaan verschillende mogelijkheden, nl. toepassing van de radiaalanalyse en de clump-operatie (zie hoofdstuk 3). De verwachting bestaat dat hierdoor de werkelijkheid beter wordt benaderd.

Op basis van connectiviteit en overeenkomst in attribuutwaarden kunnen aanliggende gelijkwaardige rastercellen worden geaggregeerd tot één gebied. De grotere eenheden kunnen worden gevormd op basis van bepaalde ruimtelijke kenmerken, maar ook op basis van andere attributen zoals de lengte aan lijnbeplantingen of de oppervlakte (loof)bos. Een bijkomend voordeel betreft de datareductie als gevolg van de grotere eenheden. Ook kan ervoor worden gekozen om bij de classificatie per cel de waarden van de 8 omringende cellen mee te laten tellen. Een nadeel hiervan is de omvangrijke rekentijd.

Technisch gezien wordt aanbevolen om:

- de problemen met de conversie van DTB-IGDS naar ARC/INFO op te lossen. Daartoe dient met de TDN te worden overlegd en dient zonodig de conversieprocedure te worden aangepast.
- de problemen met de geautomatiseerde classificatie van rastercellen tussen verschillende kaartbladen en andere voorkomende problemen met de ARC/INFO-programmatuur op te lossen.

- de ontwikkelde methodiek voor classificatie van de 'maat van de ruimte' gebruikersvriendelijker te maken. Daartoe wordt aanbevolen een menu-gestuurde shell te schrijven rond de commando-structuur van ARC/INFO.

Organisatorisch/financieel gezien wordt aanbevolen om:

- in overleg te treden met de TDN over tijdstip en volgorde waarin de kaartbladen van het DTB 1 : 50 000 ter beschikking komen. Gezien vanuit het landschapsbeleid is het gewenst om hierbij voorrang te verlenen aan gebieden met voor de identiteit bepalende schaalkenmerken. Dit zijn de zeer kleinschalige en zeer open gebieden, zoals die in de Nota Landschap zijn onderscheiden. Wat de open gebieden betreft, gaat het in het bijzonder om het Groene Hart van Holland.
- voldoende aandacht te besteden aan de benodigde computerfaciliteiten. De DTB bevatten zeer veel informatie-eenheden. Het DTB 12E bijvoorbeeld heeft een bestand van 4 Megabyte, na conversie in ARC/INFO 6 Megabyte. Toepassing van de methodiek voor classificatie van de 'maat van de ruimte' op meer kaartbladen vraagt om veel digitale opslagcapaciteit en zeer krachtige computers om de te verwachten grote rekentijd binnen de perken te houden.
- bij de besprekingen tussen het Min. van LNV en de TDN de wensen vanuit landschapsmonitoring onder de aandacht te brengen. Deze wensen hebben onder meer betrekking op de gewenste informatie-inhoud van de DTB en de plannings-/herzieningscyclus van de DTB.
- een plan op te stellen voor implementatie van de ontwikkelde methodiek in de vervolgfases. In een dergelijk plan dient te worden neergelegd welke werkzaamheden op de korte en langere termijn dienen te worden uitgevoerd en door wie en welke kosten daarmee zijn gemoeid. Op dit moment is het moeilijk een kostenraming op te stellen voor het opzetten van een monitoringssysteem. Veel hangt af van overleg met betrokken instanties, beschikbare computer-capaciteit en met welke frequentie een en ander gerealiseerd moet worden.

Literatuur

Bakker, N.J., 1993. De stafkaart digitaal. *Kartografisch Tijdschrift* XIX, 1: 52-62.

Bleek, B.J. van & P.G. Lentjes, 1992. *Verkrijgen van digitale ruimtelijke informatie uit luchtfoto's*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 228.

Bolsius, E.C.A., J.P. Chardon, C.L.G. Groen, W.B. Harms, F. Klijn, J.L. Mulder, Th. Niessen, C.H.J. van Oijen, Th.M.F. Peterbroers, J.G.M. Schouffoer, E.P. Sterling, B.J. Vreeken, R.W. de Waal & M. van 't Zelfde 1992. *Landschapsecologische Kartering van Nederland. Op weg naar een landsdekkend databestand. LKN fase 3 Nederland: interim-rapport*. Den Haag, Rijksplanologische Dienst, Wageningen, DLO-Staring Centrum en Leiden, Centrum voor Milieukunde.

Buiten, H.J. & J.G.P.W. Clevers (red.), 1990. *Remote Sensing, theorie en toepassingen van landobservatie*. Wageningen, Pudoc.

Buitenhuis, A., C.E.M. van de Kerkhof, Y. van Randen & A.A. de Veer, 1986. *Schaal van het Landschap. Opbouw en gebruik van een geografisch informatie-systeem van schaalkenmerken van het landschap van Nederland, met landelijke kaarten 1:400.000*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering, Rapport 1837.

Dirkx, G.P.H. & A.A. de Veer, 1988. *Vervolgonderzoek Schaal van het Landschap. Veranderingen in opgaande begroeiing en ruimtemaat in de Achterhoek, Twente en de Friese Wouden in de periode 1974-1987*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering, Rapport 2041.

Dirkx, G.P.H., A.A. de Veer, H.A.M. Thunnissen & F.B. van der Laan, 1989. *SPOT voor landschap; methode ontwikkeling voor het gebruik van SPOT-beelden voor de bijstelling van het gegevensbestand "schaal van het landschap"*. Beleidscommissie Remote Sensing, BCRS Rapport 89-18.

Farjon, J.M.J., S.I. Kamstra, P.G. Lentjes & W.J.C. Hoeffnagel, 1986. *De bruikbaarheid van remote sensing voor inventarisatie en monitoring van landschapspatronen*. Deelrapport 1: Vooronderzoek met behulp van LANDSAT-5TM beelden. Wageningen, Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Rapport 461.

Farjon, J.M.J. (ed.), 1987. *The suitability of remote sensing for surveying and monitoring landscape patterns*. Volume A: Pilot study - LANDSAT imagery. Volume B: PEPS project no. 73 - SPOT imagery. Wageningen, Research Institute for Forestry and Landscape Planning "De Dorschkamp", Report 498.

Janssen, M.P.J.M., H.C. van Latesteijn & E.M.J. Meijers, 1983. *Biologische meetnetten: meten aan de natuur. Een studie naar een aantal methodologische aspecten van beleidsgerichte biologische meetnetten. Deel 1: Hoofdrapport*. Leiden, Rijksuniversiteit, Milieubiologie en Instituut voor Theoretische Biologie.

Koning, R. de, m.m.v. J. Oosterbaan, 1993. *Houtsingelonderzoek Biologische Meetnet Provincie Groningen 1986-1992*. Groningen, Provincie Groningen, Dienst RO.

Kuipers, F.F., 1990. *Inleiding Statistiek*. Wageningen, Landbouw Universiteit, Vakgroep Wiskunde.

Laan, F.B. van der, W. Verhoef, J. Stolp & A.A. de Veer, 1987. *Het gebruik van LANDSAT-TM opnamen voor detectie van ruimtebegrenzende elementen ten behoeve van landschapsbeeldkartering*. Beleidscommissie Remote Sensing, BCRS Rapport 87-02.

Magill, A.W., 1989. *Monitoring environmental change with color slides*. Gen. Techn. Rep. PSW-117. Pacific SW Forest and Range Station, Berkeley, Ca.

Ministerie van LNV, 1990. *Natuurbeleidsplan. Regeringsbeslissing*. Den Haag, Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21149.

Ministerie van LNV, 1992. *Nota landschap. Regeringsbeslissing Visie Landschap*. Den Haag.

Ministerie van VRO, 1966. *Tweede Nota over de Ruimtelijke Ordening*. Den Haag.

Ministerie van VROM, 1990. *Vierde Nota over de Ruimtelijke Ordening - Extra*. Den Haag, Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21137.

Molenaar, M., 1990. Digitale beeldinterpretatie. In: H.J. Buiten & J.G.P.W. Clevers (red.). *Remote Sensing, theorie en toepassingen van landobservatie*. Wageningen, Pudoc. p. 205-217.

Pater, B.C. de, 1980. Het begrip ruimte. *KNAG Geografisch Tijdschrift* 14, 4: 337-340.

Regt, A.L. de, 1989. *Kleinschalig landschap in grootschalig Europa*. In: Ruimtelijke Verkenningen 1989. Ministerie van VROM, Rijksplanologische Dienst, Den Haag. p. 12-44.

Scharenburg, K. van, J. Meijering & R. de Koning, 1992. *Rapportage Biologisch Meetnet Provincie Groningen 1986-1990*. Groningen, Provincie Groningen, Dienst RO.

Thunnissen, H.A.M., 1993. Satellietbeelden voor het vastleggen van (veranderingen in) het grondgebruik. *Bewerking van rasterbestanden. NGT Geodesia* 93, 12: 601-607.

U.S. Geological Survey Bulletin 1600, 1983. *Land use/land cover and environmental photointerpretation keys*. USA, Virginia, United States Government Printing Office.

Veer, A.A. de, 1977. De ruimtelijke classificatie van het Nederlandse landschap. *KNAG Geografisch Tijdschrift* 11, 2: 98-109.

Veer, A.A. de, 1984. Landschapsbeeldkartering: een overzicht. *Landschap* 1, 1: 23-32.

Vissers, J., N. Hazendonk, W. Hoeffnagel & T. Klarenberg, 1993. *Haalbaarheidsstudie "Toestand van het Landschap"*. Wageningen, IKC-NBLF.

Walpot, O., H. Dufourmont & H. Gulinck, 1992. Landschapsanalyse met SPOT. *Landschap* 9, 4: 237-254.

Niet-gepubliceerde bronnen

Alphen, B.J. van, 1993. *Maat van de Ruimte*. Ontwikkeling van een methode voor kartering van de 'maat van de ruimte' met Digitale Topografische Basisbestanden (DTB), te plaatsen binnen het kader van beleidsondersteunende landschapsmonitoring in Nederland. Wageningen, Landbouwniversiteit, Vakgroep Landmeetkunde & GIS.

Cattenstart, G.C., 1992. *Van IGDS naar Arc-Info*. Utrecht, Landinrichtingsdienst, Werkgroep knelpunten, Afdeling Automatisering.

Ligthart, T.N. & J.L.A. Pluis, 1986. *Het Groninger landschap op afstand gevolgd: toepassing en theorie van remote sensing bij monitoring van landschappelijke veranderingen*. Groningen, P.P.D. Groningen & Amsterdam, Universiteit van Amsterdam, Fysisch-geografisch en Bodemkundig Laboratorium.

Vissers, J., 1993. *Toestand van het Landschap. Projectvoorstel: Monitoring "Maat van de ruimte", Fase I (vooronderzoek)*. Wageningen, IKC-NBLF.

Aanhangsel 1 Classificatiematrices van 'schaal van het landschap' (uit: Buitenhuis et al., 1986)

Codes voor opgaande begroeiing

Lengte lijn- elementen ')	Oppervlakte vlakkelementen ')																			
	0-40 ha (0-10%)				41-100 ha (11-25%)				101-200 ha (26-50%)				201-300 ha (51-75%)				301-400 ha (76-100%)			
	aantal puntelementen																			
	0-1	2-8	9-16	>16	0-1	2-8	9-16	>16	0-1	2-8	9-16	>16	0-1	2-8	9-16	>16	0-1	2-8	9-16	>16
0-4 km (0-16 cm)	1	2	3	4	21	22	23	24	41	42	43	44	61	62	63	64	81	82	83	84
4,25-8 km (17-32 cm)	5	6	7	8	25	26	27	28	45	46	47	48	65	66	67	68	85	86	87	88
8,25-16 km (33-64 cm)	9	10	11	12	29	30	31	32	49	50	51	52	69	70	71	72	89	90	91	92
16,25-32 km (65-128 cm)	13	14	15	16	33	34	35	36	53	54	55	56	73	74	75	76	93	94	95	96
>32 km (>128 cm)	17	18	19	20	37	38	39	40	57	58	59	60	77	78	79	80	97	98	99	100

Codes voor bebouwing

Lengte lijn- elementen ')	Oppervlakte vlakkelementen ')																			
	0-40 ha (0-10%)				41-100 ha (11-25%)				101-200 ha (26-50%)				201-300 ha (51-75%)				301-400 ha (76-100%)			
	aantal puntelementen																			
	0-1	2-8	9-16	>16	0-1	2-8	9-16	>16	0-1	2-8	9-16	>16	0-1	2-8	9-16	>16	0-1	2-8	9-16	>16
0-1 km (0-4 cm)	1	2	3	4	21	22	23	24	41	42	43	44	61	62	63	64	81	82	83	84
1,25-4 km (5-16 cm)	5	6	7	8	25	26	27	28	45	46	47	48	65	66	67	68	85	86	87	88
4,25-8 km (17-32 cm)	9	10	11	12	29	30	31	32	49	50	51	52	69	70	71	72	89	90	91	92
8,25-16 km (33-64 cm)	13	14	15	16	33	34	35	36	53	54	55	56	73	74	75	76	93	94	95	96
>16 km (>64 cm)	17	18	19	20	37	38	39	40	57	58	59	60	77	78	79	80	97	98	99	100

Codes voor infrastructuur (alleen voorkomend als lijnelementen)

Lengte ')	Aard van de infrastructuur enkelvoudig				combinaties				hoogspannings- leiding
	prim/sec. weg	geëlektr. spoorlijn	dijk (>2,5 m)		prim/sec.weg + geëlektr. spoorlijn	prim/sec.weg + dijk (>2,5 m)	geëlektr. spoorlijn + dijk (>2,5 m)	prim/sec.weg + geëlektr. spoorlijn + dijk (>2,5 m)	
0,25-2 km (1-8 cm)	1	2	3		13	14	15	16	1
2,25-4 km (9-16 cm)	4	5	6		17	18	19	20	2
4,25-6 km (17-24 cm)	7	8	9		21	22	23	24	3
>6 km (>24 cm)	10	11	12		25	26	27	28	4

') getallen boven: waarde in het terrein binnen de cel
getallen onder (tussen haakjes): waarde op de kaart binnen de cel

0-1 puntelementen
0 = <0,125 km lijnelementen
<2 ha vlakkelementen

Codes voor maat van de ruimte

Dominante ruimte- klasse	Lengte- breedte verhouding	Op één na dominante ruimteklasse										
		massa	ruimte	ruimte	ruimte	ruimte	ruimte	ruimte	ruimte	ruimte	associatie	
		<10 ha	10-25 ha	25-100 ha	100-225 ha	225-1000 ha	>1000 ha	ruimte- grootte				
lengte-breedteverhouding												
n.v.t.	>3	<3	>3	<3	>3	<3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		
massa	n.v.t.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	101
ruimte <10 ha	>3	11	12	13	14	15	16	17	18	19	102	
	<3	20	21	22	23	24	25	26	27	28	103	
ruimte 10-25 ha	>3	29	30	31	32	33	34	35	36	37	104	
	<3	38	39	40	41	42	43	44	45	46	105	
ruimte 25-100 ha	>3	47	48	49	50	51	52	53	54	55	106	
	<3	56	57	58	59	60	61	62	63	64	107	
ruimte 100-225 ha	n.v.t.	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	108
ruimte 225-1000 ha	n.v.t.	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	109
ruimte >1000 ha	n.v.t.	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	110
associatie ruimte- grootte	n.v.t.	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121

Codes voor reliëf

Oppervlakte binnen de cel (in %)	Ligging						
	plateau	helling	dal	plateau en helling	helling en dal	plateau, land- helling en dal	land- en kust- duinen
5-25	1	5	9	13	17	21	25
26-50	2	6	10	14	18	22	26
51-75	3	7	11	15	19	23	27
>75	4	8	12	16	20	24	28

0 = niet-reliëfrijke gebieden

Aanhangsel 2 Legenda van het geactualiseerde LGN-bestand

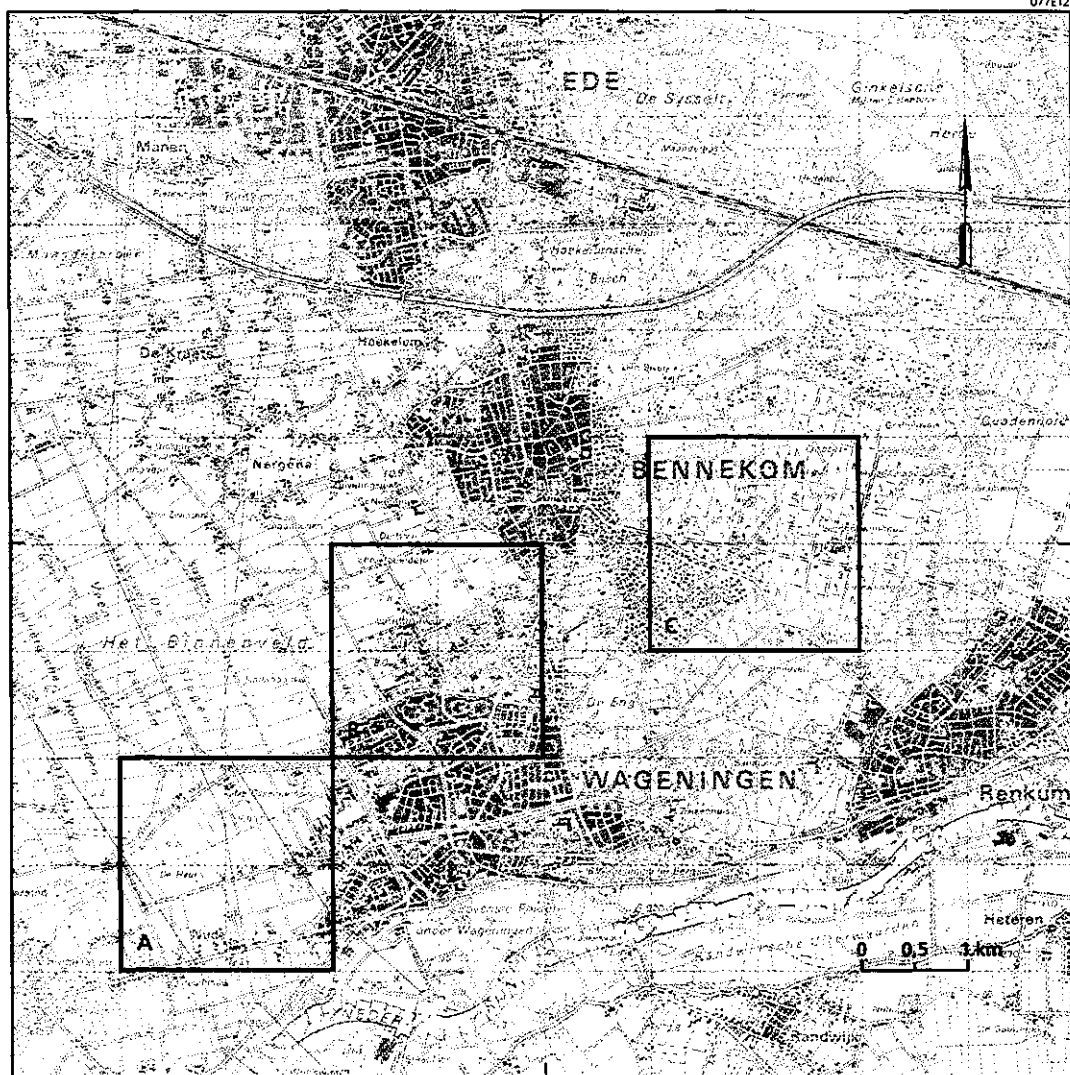
De onderstreepte klassen maken deel uit van het 'basisgrondgebruiksbestand'

Hoofdklassen	Subklassen
1 <u>Landbouw</u>	1.1 gras 1.2 maïs 1.3 aardappelen 1.4 bieten 1.5 granen 1.6 overige landbouwgewassen 1.7 kale (landbouw)grond 1.8 <u>glastuinbouw</u> 1.9 <u>boomgaard</u> 1.10 bollen
2 Bos	2.1 <u>loofbos</u> 2.2 <u>naaldbos</u>
3 (Open) natuurgebied	3.1 <u>open begroeid natuurgebied</u> 3.2 <u>kale grond in natuurgebied</u>
4 Water	4.1 <u>open water</u> 4.2 <u>vaarwegen</u>
5 Bebouwing	5.1 <u>stedelijk bebouwd gebied</u> 5.2 <u>bebouwd gebied met veel groen</u> 5.3 <u>kale grond in bebouwd gebied</u> 5.4 <u>bebouwing in buitengebied</u> 5.5 <u>hoofdwegen en spoorwegen</u>

Aanhangsel 3 Samenvoeging opgaande begroeiing met bebouwing tot een combinatie-classificatie

Opgaande begroeiing	Bebouwing	Combinatie
1	1,2	1
1	4,3	2
1	6	3
1	5	5
1	7	6
1	8	7
1	9	8
2,4	1,2	2
2,4	4	3
2,4	3,5	4
2,4	6	5
2,4	7	6
2,4	8	7
2,4	9	8
3,5	1,2,4	3
3,5	3,5	4
3,5	6	5
3,5	7	6
3,5	8	7
3,5	9	8
6	1,2,4	4
6	3,5	5
6	6,7	6
6	8	7
6	9	8
7,8	1,2,4	5
7,8	3,5,6,7,	6
7,8	8	7
7,8	9	8
9	1,2,3,4,5,6,7	6
9	8,9	8
10	1,2,4,6	7
10	3,5,7,8,9	8
11	1,2,3,4,5,6,7,8,9	8

Aanhangsel 4 Proefgebiedjes A, B en C nabij Wageningen



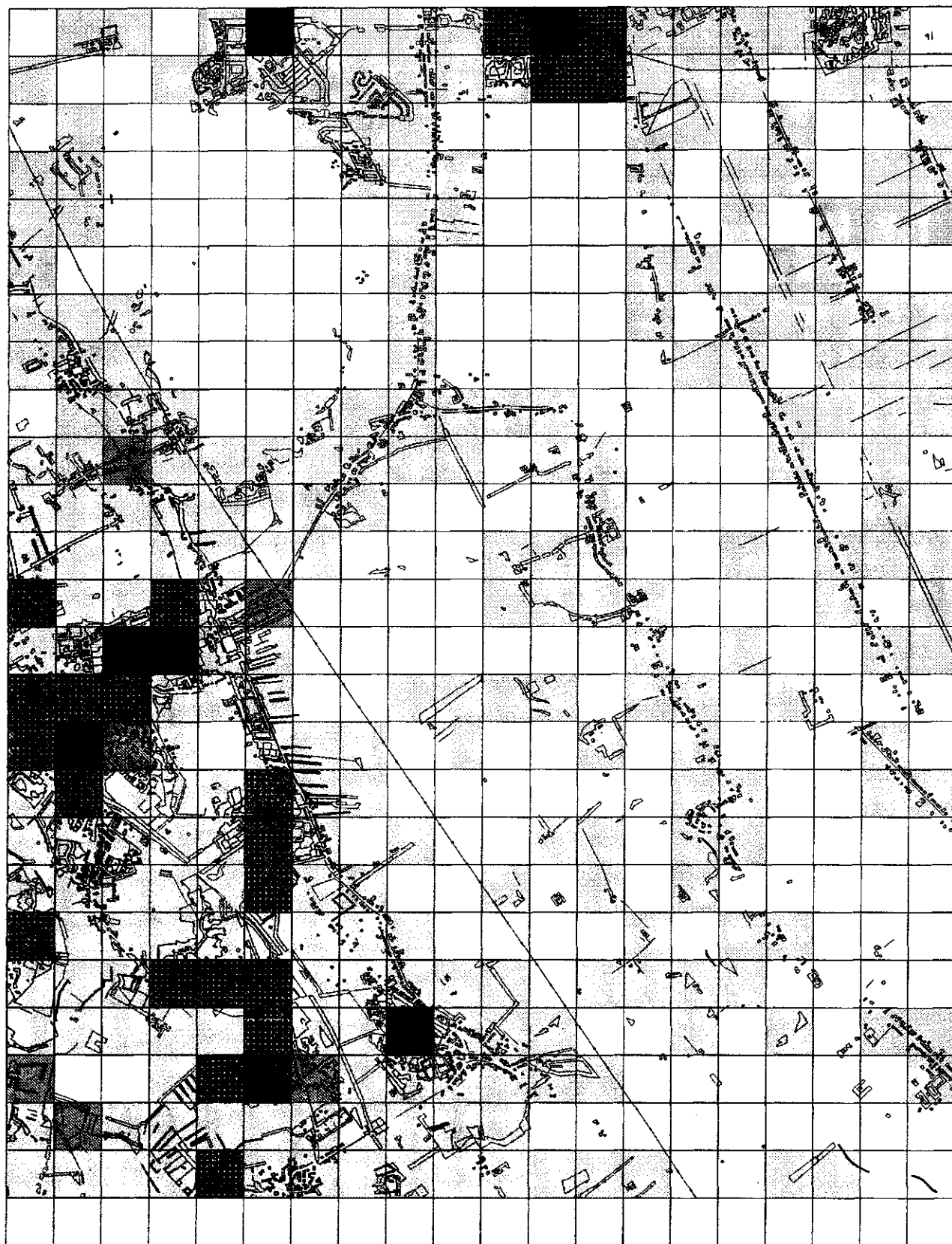
Top. krt. schaal 1 : 50 000 blad 39 Oost








Aanhangsel 4 Proefgebiedjes A, B en C nabij Wageningen

Aanhangsel 5 Classificatieschema 'maat van de ruimte' voor proefgebiedjes nabij Wageningen

vlak/ lijn	<1	1-3	3-5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-19	>19
<150	leeg/ water	open ↓	open ↓	open ↓	half open ↓	half open ↓	half open ↓	geslo- ten ↓	massa (>75%) ↓
150- 300	open ↓								
300- 450				half open ↓			half geslo- ten		
450- 600						half geslo- ten ↓	geslo- ten ↓	massa (<75%) ↓	
600- 750			half open ↓						
750- 900		half open ↓							
900- 1050	half open ↓				half geslo- ten ↓		massa (<75%) ↓		
1050- 1200						geslo- ten ↓			
1200- 1350				half geslo- ten ↓					
1350- 1500			half geslo- ten ↓		geslo- ten ↓				
>1500				geslo- ten					

Bijlage 5: Resultaat toepassing classificatieschema 'maat van de ruimte', opgesteld voor proefgebied in Wageningen op kaartblad 12E



- | | | | |
|---|---------------|---|--------------|
|  | Leeg |  | Gesloten |
|  | Open |  | Massa < 75 % |
|  | Half Open |  | Massa > 75 % |
|  | Half Gesloten | | |

Aanhangsel 6 DTB-12E lijnen- en vlakkenbestand



Aanhangsel 7 DTB-12E bebouwingsbestand



Aanhangsel 8 Technische eisen van de conversie- en classificatieprocedure

Zowel de conversie naar ARC/INFO als het tellen van de hoeveelheid elementen per rastercel vraagt veel rekentijd. Afhankelijk van de rekencapaciteit van de gebruikte apparatuur kan de benodigde rekentijd variëren van een half etmaal tot minder dan één uur. Na telling van de elementen kan de classificatie, zoals deze nu is voorgesteld, redelijk snel worden uitgevoerd omdat uitsluitend gebruik wordt gemaakt van eerder berekende oppervlakten per rastercel. Bij het meewegen van de vorm van de elementen zal ook de classificatie veel rekentijd vragen.

Beide procedures vragen bovendien veel digitale opslagcapaciteit. De bestanden zelf zijn groot (IGDS bestand van 1 kaartblad is ca. 4 Megabyte, het ARC/INFO bestand meer dan 6 Megabyte), maar ook worden er tijdens de procedures meerdere tussenbestanden aangemaakt, die de nodige opslagcapaciteit vragen.

De procedures op het DTB 12E in dit vooronderzoek is verricht met een door meerderen tegelijk gebruikte VAX 4600-computer en met een beschikbare diskruimte van ca. 200 Megabytes. Deze geheugen-ruimte bleek aan de krappe kant te zijn. De rekestijden varieerden van een hele nacht voor de conversie tot enkele uren voor de telling van de elementen. De classificatie zelf duurde ongeveer een half uur. De benodigde rekentijd en opslagcapaciteit kan sterk verminderen indien de TDN zelf ARC/INFO-bestanden levert.