

32 / 446 (337) 202x.

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

Landschapsecologische kartering van Nederland: Landschap

Toelichting bij het databestand LANDSCHAP van het LKN-project

R.W. de Waal

Rapport 337

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995



+ 1 krt

LKN-rapport 7

- 6 MAART 1996

ISBN 9203083

REFERAAT

R.W. de Waal, 1995. *Landschapsecologische kartering van Nederland: Landschap. Toelichting bij het databestand LANDSCHAP van het LKN-project*. Den Haag, Rijksplanologische Dienst; Wageningen, DLO-Staring Centrum. LKN-rapport nr.7. SC-DLO rapport 337. 58 blz.; 14 fig.; 5 tab.; 54 ref.; 1 aanh.; 1 bijl.

Het landschapsbestand van de Landschapsecologische Kartering van Nederland (LKN) is opgesteld om samenhangende, ecologisch relevante eenheden te onderscheiden die bruikbaar zijn voor milieu- en landschapsplanning op verschillende schalen. Het bestand gaat uit van drie schaalniveaus: ecoregio, ecodistrict en ecosectie. De landschapseenheden op ieder niveau zijn te onderscheiden op basis van abiotische LKN-informatie. Op grond van een bestaande indeling en LKN-gegevens zijn 4 ecoregio's en 24 ecodistricten onderscheiden met behulp van discriminantanalyse. Op het ecosectieniveau zijn door een TWINSpan-clustering van kilometercellen op grond van abiotische LKN-informatie 96 eenheden onderscheiden.

Trefwoorden: gegevensbestand, landschapsecologie, milieu

ISSN 0927-4499

©1995 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

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 veeleenvoudigd 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	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Landschapsecologische Kartering Nederland	11
1.2 Doel van het landschapsbestand	11
1.3 Opbouw van het rapport	13
2 Landschapsclassificatie	15
2.1 Wat is landschap?	15
2.2 Waarom een landschapsclassificatie?	16
2.3 Landschapsclassificaties	18
2.4 Uitgangspunten van de LKN-landschapsindeling	20
3 Het LKN-landschapsbestand	23
3.1 Inleiding	23
3.2 Ecoregio's	24
3.2.1 Werkwijze	24
3.2.2 De LKN-ecoregio's	26
3.2.3 Generalisatie van de LKN-ecoregio's	27
3.3 Ecodistricten	28
3.3.1 Werkwijze	28
3.3.2 De LKN-ecodistricten	29
3.3.3 Generalisatie van de LKN-ecodistricten	31
3.4 De ecosecties	32
3.4.1 Werkwijze	32
3.4.2 De LKN-ecosecties	33
3.4.3 Generalisatie van de ecosecties	35
4 Toepassingen	37
4.1 Ruimtelijke generalisatie	37
4.2 Basis voor stratificatie en extrapolatie	38
4.3 Informatiewaarde en bepaling van kwetsbaarheid en kansrijkdom	39
4.4 Verandering van het landschap	41
4.5 Chorologische relaties	41
5 Discussie	43
5.1 Doelstellingen, uitgangspunten en werkwijze	43
5.2 Betrouwbaarheid en bruikbaarheid van de resultaten	46
5.3 Aanbevelingen	46
Literatuur	49

Tabellen

1	De LKN-deelbestanden (naar Looise, 1995)	12
2	Hiërarchische reeks van ecosystemen met bijbehorende ruimtelijke schaalniveaus (Klijn 1988)	19
3	Bij het onderscheid gebruikte kenmerken voor de verschillende landschapsniveaus (zie voor de betekenis van LKN-bestandsnamen tabel 1).	24
4	Indelingskenmerken van de ecoregio's	27
5	Dominante onderscheidende factoren van de ecosecties	36

Figuren

1	Hiërarchie van de landschapsvormende processen (naar Bakker et al., 1981)	16
2	Ecoregio's en ecodistricten volgens Klijn, weergegeven in km-cellen (afgeleid van het digitale bestand van Klijn en Van 't Zelfde, 1992)	22
3	Schematische weergave van de drie indelingsniveaus van de tabel 'Landschap'	23
4	Werkwijze voor het ecoregioniveau	25
5	Mate van discriminantie, uitgedrukt in een zgn. LRV-score, van enkelvoudige en gecombineerde factoren gerelateerd aan de score van de maximaal discriminerende combinatie voor het onderscheiden van ecoregio's; A = bodem (moedermateriaal), B = geomorfologie, C = grondwatertrap, D = grondwaterrelatie, AB = combinatie van bodem en geomorfologie etc. Met de pijl is de uiteindelijk gebruikte optimale factorcombinatie aangegeven.	26
6	Schematische weergave van de werkwijze bij het vaststellen van de ecodistricten	28
7	Mate van discriminantie, uitgedrukt in een zgn. LRV-score, van enkelvoudige en gecombineerde factoren gerelateerd aan de score van de maximaal discriminerende combinatie voor het onderscheid van de ecodistricten; A = bodem (moedermateriaal), B = geomorfologie, C = grondwatertrap, D = grondwaterrelatie, AB = combinatie van bodem en geomorfologie etc. Met de pijl is de uiteindelijk gebruikte optimale factorcombinatie aangegeven.	29
8	De LKN-ecoregio's en ecodistricten	30
9	Schematische weergave van de werkwijze bij het vaststellen van de ecosecties	32
10	Ecosecties van het Middennederlandse stuwwalcomplex	34
11	De ecosecties van het Laagveendistrict	34
12	Frequenties van beekdalecoseries (potentieel) en voorkomen van natuurlijke en halfnatuurlijke beekdalvegetaties (actueel) van de beekdalen van het Drents gedeelte van het keileemplateau. De betreffende beekdalen zijn op figuur 13 aangegeven.	40
13	Overzicht van de actuele waarde en potenties van de beekdalen op het Drents deel van het Drents keileemplateau wat betreft kenmerkende beekdalvegetaties.	42
14	Diversiteit aan amfibieën in beekdalen van het Drents keileemplateau.	42

Aanhangsel

Decodeertabel landschap	55
-------------------------	----

Bijlage

Gegeneraliseerde ecosecties van Nederland

Woord vooraf

Het rapport 'Landschapsecologische kartering van Nederland: landschap' is een toelichting bij het bestand LANDSCHAP dat onderdeel is van het LKN-databestand. Het bestand LANDSCHAP is grotendeels gebaseerd op abiotische gegevens uit het bodem-grondwatertrappenbestand, het geomorfologische en het grondwaterrelatiebestand van de Landschapsecologische Kartering Nederland (LKN). Als zodanig is het landschapsbestand een afgeleid bestand dat echter zelfstandig of in combinatie met andere LKN-gegevens (vooral biotische gegevens) gebruikt kan worden. De bewerkingen van de landschapsindeling zijn zoveel mogelijk geautomatiseerd en met behulp van statistische technieken tot stand gekomen. In tegenstelling tot veel andere landschapsindelingen is hierdoor een indeling ontstaan die gebaseerd is op beter objectieveerbare criteria, en in hogere mate navolgbaar en reproduceerbaar kan worden genoemd.

De LKN is uitgevoerd in opdracht van de Rijksplanologische Dienst (RPD) en het Directoraat-Generaal Milieubeheer (DGM) van het ministerie van VROM, en de Directie Natuurbeheer van het ministerie van LNV.

Bij het landschapsbestand is gebruik gemaakt van statistische adviezen en daarbij behorend programmeerwerk van drs. J. Oude Voshaar en dr. C. ter Braak, beiden van de Groep Landbouwwiskunde (GLW-DLO). Ing. E.P. Sterling en B.J. Looise deden de bewerking, invoer en kaartuitvoer. Inhoudelijke adviezen en begeleiding werden geleverd door drs. W.B. Harms, dr. J. Klijn en drs. F. Klijn.

Samenvatting

In het voorliggende rapport is het LKN-bestand 'LANDSCHAP' beschreven. Aan de ontwikkeling van het landschapsbestand liggen de volgende motieven ten grondslag:

- de ruimtelijke generalisatie (regionalisatie) voor een effectief gebiedsgericht beleid ten aanzien van diverse milieuthema's moet mogelijk gemaakt worden;
- de informatiewaarde van het landschap moet beschreven kunnen worden in termen van homogeniteit en heterogeniteit;
- celoverschrijdende (chorologische) relaties moeten kunnen beschreven worden.

Voor het bestand werden de volgende randvoorwaarden gesteld:

- de landschapsindeling moet geschikt zijn voor nationale of regionale schaal;
- de indeling moet aansluiten bij de LKN-structuur;
- kwantificering moet mogelijk zijn;
- er moet zoveel mogelijk aansluiting gezocht worden bij reeds bestaande indelingen.

Er is naar gestreefd om met behulp van een statistische bewerking, uitgaande van een bestaande indeling, tot een op relatief onveranderlijke abiotische kenmerken gebaseerde, hiërarchische indeling te komen. De resulterende indeling omvat drie niveaus: ecoregio's, ecodistricten en ecosecties. De twee hoogste niveaus zijn gebaseerd op een reeds uitgewerkte ecoregio- en ecodistrictsindeling (Klijn, 1988). Met behulp van discriminantanalyse zijn de oorspronkelijke ecoregio's en -districten bewerkt en aangepast aan het LKN-bestand. Het laagste niveau, dat van de ecosecties, is op grond van bodem-GT, geomorfologische informatie en grondwatergegevens uit het LKN-bestand tot stand gekomen met behulp van clustering (TWINSPAN). Op deze wijze is een indeling ontstaan, waarbij de ecosecties de heterogeniteit van de ecodistricten beschrijven en de ecodistricten op hun beurt de inwendige variatie van het ecoregioniveau aangeven. De indeling is opgebouwd uit 4 terrestrische ecoregio's, 24 ecodistricten en 96 ecosecties.

De landschapsindeling kan toegepast worden bij verschillende typen onderzoek voor zowel milieu- als natuur- en landschapsbeheer. Genoemd kunnen worden o.a.:

- ruimtelijke generalisatie;
- stratificatie en extrapolatie van onderzoeksresultaten;
- bepaling van de informatiewaarde van het landschap;
- analyses van kwetsbaarheid en kansrijkdom;
- analyse van landschapsveranderingen;
- bestudering van chorologische relaties.

Bij de meeste toepassingen wordt de landschapsindeling gebruikt voor ruimtelijke generalisatie. Landschapseenheden kunnen daarnaast gebruikt worden om een stratificatie van bijv. meetnetten en extrapolatie van modeluitkomsten te bewerkstelligen.

Uit een aantal toepassingen blijkt dat de doelstellingen in voldoende mate gehaald worden. Veel van de meest gangbare toepassingen kunnen met de landschapsindeling uitgevoerd worden. In hoeverre chorologische relaties uitgewerkt kunnen worden blijft echter nog onduidelijk. Met de werkwijze blijkt het resultaat langs meer navolgbare en objectieve weg tot stand te komen in vergelijking met de handmatige benadering.

maar bij de clustertechniek voor indeling op het niveau van ecosecties blijken echter nog steeds veel subjectieve beslismomenten voor te komen die het streven naar een nog grotere objectiviteit en navolgbaarheid in de weg staan. De bewerking van de ecoregio's en districten met behulp van discriminantanalyse blijkt in de meeste gevallen goed uitvoerbaar te zijn. Verschillen tussen de uitgangsindeling (Klijn, 1988) en de uiteindelijke LKN-indeling blijken vooral beïnvloed te zijn door de aard en mate van generalisatie van de respectievelijke basisgegevens.

Voor de clustermethode vergt meer onderzoek, waarbij aanvullende gegevens de bruikbaarheid van het landschapsbestand sterk zouden kunnen verhogen.

1 Inleiding

1.1 Landschapsecologische Kartering Nederland

Het LKN-project heeft als doel te voorzien in de behoefte van de rijksoverheid aan landschapsecologische gegevens voor de ruimtelijke planning op regionaal en nationaal niveau. Om dit te bereiken is een flexibel, landsdekkend databestand opgebouwd van zowel biotische als abiotische gegevens. Hieruit kunnen voor verschillende doeleinden kaarten worden afgeleid.

De historie van het project gaat terug tot 1983. LKN werd toen als proef gestart, in opdracht van de RPD, als alternatief voor de toen ter beschikking staande Landelijke Milieukartering. Om verschillende redenen bleek deze Landelijke Milieukartering niet te beantwoorden aan de verwachtingen (Canters et al., 1989; Bolsius et al., 1994).

Als uitgangspunten voor de LKN koos men voor:

- Een strikte scheiding tussen oorspronkelijke karterings- en inventarisatiegegevens en daarvan afgeleide interpretaties;
- een zo volledig mogelijke benutting van recente gegevens uit een veelheid van bronnen, waarbij zorg is gedragen voor een zo uniform mogelijke methodiek voor het gehele land;
- een volledig digitale opslag van data, hetgeen doelgerichte selecties en combinaties van gegevens toelaat, alsmede gedeeltelijke of volledige actualisering;
- een methode waarmee ingrepen via navolgbare sleutels zijn te vertalen naar hun effecten.

Het huidige LKN-bestand is in een tijdsbestek van ruim 10 jaar nu nagenoeg volledig opgebouwd. Het is een bestand met landschapsecologische informatie, afkomstig uit verschillende bronnen, maar zo eenduidig mogelijk geïnterpreteerd naar eenheden, die bruikbaar zijn voor toepassing op landelijk en regionaal niveau. De informatie is opgeslagen in cellen van 1 bij 1 km, hetgeen overeenkomt met een schaal van 1 : 200 000. Elke km-cel is opgebouwd uit gegevens over bodem, geomorfologie, grondwater, oppervlaktewater, landschap, flora en fauna. Tabel 1 geeft een volledig overzicht van de in het LKN-bestand opgenomen tabellen. Per cel zijn ook kleinere, ecologisch belangrijke eenheden van enkele hectaren in het bestand opgenomen, zij het niet met hun exacte geografische plaats binnen het km-hok.

1.2 Doel van het landschapsbestand

De behoefte aan een LKN-landschapstabel heeft te maken met het feit dat voor verschillende grootschalige ingrepen of ingrepen met grootschalige gevolgen een beschrijving en beoordeling van ecologische effecten op het celniveau alleen ontoereikend is. Ruimtelijke ordening op basis van landschapsecologische inzichten vraagt meer dan een opsomming van monodisciplinaire informatie in een kilometercel.

Tabel 1 De LKN-deelbestanden (naar Looise, 1995)

Naam	Omschrijving	Inhoud
CEL_D	celparameters	atlasblok, kaartblad, bebouwing, open water, infrastructuur, provincie
BODEM-GT	bodem/grondwater-trappen	bodemeenheden, grondwatertrappen, verstoring, bron, oppervlakte
GEOMORF	geomorfologie	geomorfologische eenheden, bron, oppervlakte
GRONDWATER	grondwaterrelaties	type grondwater, verticale grondwaterbeweging
(OPPWATER)	oppervlaktewaterrelaties	nog in ontwikkeling
IPI-ECO	landgebruik, vegetatie	IPI-typen, ecotoopkenmerken, streeplijstnummer, opnamejaar, provincie, oppervlakte, lengte lijnvormige elementen
FAUNA-A	fauna op atlasblokniveau	diergroep, soort, aantal, waarnemingsjaar
FAUNA-C	fauna op km-celniveau	diergroep, soort, aantal, waarnemingsjaar
EKG	ecologische soortengroepen	flora: bijv. kwelsoorten, aquatische soorten
LANDSCHAP	landschapstypen	ecoregio's, ecodistricten, ecosecties
ECOSERIES	gedetailleerd landschapsniveau	ecoseries

Drie motieven kunnen worden aangevoerd:

1. Ruimtelijke generalisatie (regionalisatie). Een landschapsindeling kan een zinvolle aggregatie vormen bij verschillende milieuthema's als verzuring, verdroging, vermeting en diffuse verontreiniging. Voor een effectief gebiedsgericht milieubeleid met bijvoorbeeld een gedifferentieerde normstelling kan extrapolatie naar grotere ruimtelijke eenheden gewenst zijn dan die van die ecosysteemcomponenten waarop deze milieu-invloeden aangrijpen.
2. De informatiewaarde van het landschap (ruimtelijke heterogeniteit). Het landschap kan worden opgevat als karakteristieke ordening van ecosystemen. Dit betekent dat het landschap een informatiewaarde heeft die ontleend kan worden aan de wijze waarop het uit zijn landschapscomponenten is opgebouwd. Deze karakteristieke heterogeniteit van het landschap bevat zowel een potentiële (bijv. heterogeniteit in abiotische kenmerken) als een actuele betekenis (verhouding in successie- en degradatiestadia, die in ruimtelijke afwisseling aanwezig zijn). De gevolgen van veranderingen in het ruimtegebruik kunnen aan de specifieke heterogeniteit gekoppeld worden.
3. Het belang van grensoverschrijdende ecologische relaties tussen en binnen de landschapseenheden. Deze relaties grijpen aan op een niveau dat het celniveau overstijgt (bijvoorbeeld rivieroverstromingen, grondwaterbewegingen, pendelbewegingen van diersoorten). Een landschapsindeling vormt een beschrijvings- en beoordelingsbasis voor deze, voor de landschapsecologie zo karakteristieke verbanden op schaalniveaus hoger dan de kilometercel.

Doel van het landschapsbestand is door de vorming van ecologisch relevante eenheden op verschillende schaalniveaus op betrekkelijk eenvoudige wijze inzicht te verkrijgen in landschappelijke, milieuhygiënische en ecologische potenties en in beperkingen van verschillende gebieden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een complex van factoren en kenmerken en de bijbehorende chorologische relaties.

Bij het verwezenlijken van het LKN-bestand zijn de volgende randvoorwaarden gesteld:

- de landschapsindeling dient bruikbaar te zijn voor planning op nationale en regionale schaal;
- de indeling moet aansluiten bij de structuur en inhoud van het LKN-basisbestand;
- de indeling moet gebaseerd zijn op niet snel veranderende indelingskenmerken;
- de indeling moet kwantificering van de inhoud mogelijk maken;
- de indeling dient zoveel mogelijk aan te sluiten bij reeds gangbare landschaps-indelingen;

Het streven naar aansluiting bij het LKN-bestand en kwantificeerbaarheid leidt tot de formulering van een afgeleide, meer methodologische doelstelling om zoveel mogelijk langs geautomatiseerde, geformaliseerde en navolgbare weg tot een landschapsindeling dient te worden gekomen.

1.3 Opbouw van het rapport

Alvorens op de gebruikte methode en inhoud van het LKN-landschapsbestand in te gaan, worden in hoofdstuk 2 begrippen als landschap en landschapclassificatie kort toegelicht. Tevens wordt er uitgebreid aandacht besteed aan het waarom van een landschapsclassificatie in het algemeen en de hier gepresenteerde landschapsindeling in het bijzonder.

Een deel van het voorliggende rapport is gewijd aan de gevolgde methode. Deze is beschreven in hoofdstuk 3. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de verschillende schaalniveaus. De werkwijze wordt aan de hand van enkele voorbeelden verduidelijkt. Er is daarbij niet gestreefd naar volledigheid in statistische achtergrondinformatie. Weergave van gebruikte generalisaties en conversies is achterwege gelaten. De gebruikte generalisatietechnieken worden ook in dit hoofdstuk behandeld. Tevens worden de resultaten van de landschapsbewerkingen kort per schaalniveau beschreven. Er wordt aandacht besteed aan ecoregio's, ecodistricten en ecosecties. Hierbij ligt het accent op die abiotische factoren die onderscheidend (differentiërend) zijn. In dit hoofdstuk komen ook de uitgangspunten bij de generalisatietechnieken aan de orde. Een opsomming van de onderscheiden landschapseenheden is te vinden in het aanhangsel.

De toepassingen worden aan de hand van enkele, deels fictieve, voorbeelden aan de orde gesteld in hoofdstuk 4.

In het laatste hoofdstuk wordt besproken in hoeverre de indeling beantwoordt aan het doel en worden bronnen van onnauwkeurigheid op kwalitatieve wijze beschreven. De conclusies worden gevolgd door enkele aanbevelingen.

2 Landschapsclassificatie

2.1 Wat is landschap?

Landschap wordt doorgaans opgevat als een mozaïek van ecosystemen. Volgens deze zienswijze is landschap 'een open systeem aan het aardoppervlak, gevormd door alle daar spelende processen inclusief de fysische en de biologische processen en processen in de noösfeer' (Zonneveld, 1990). Kenmerkend voor landschap is dat in het horizontale vlak een mozaïek (patroon) van kleinere ecosystemen te herkennen is. Troll (1966) onderscheidt twee belangrijke benaderingen in de landschapsecologie:

- de 'horizontale' benadering, waarbij men zich richt op het herkennen van patronen en relaties in het landschap (chorologische benadering; Schoevers, 1982);
- de 'verticale' benadering, waarbij de structuur en werking van een ecosysteem op een bepaalde plaats onderzocht wordt (topologische benadering). Hierbij richt men zich op de relaties tussen verticaal gerelateerde strata als atmosfeer, landvormen, gesteente, bodem, water, vegetatie en fauna (Zonneveld, 1990).

In de horizontale benadering zijn de eenheden samengesteld naar (functionele) overeenkomst in chorologische relaties. Ze kenmerken zich intern door een zekere heterogeniteit die tot uiting komt in mozaïekstructuur of zonering. De verticale benadering gaat uit van de herkenbaarheid van de eenheid in zijn omgeving voornamelijk op grond van de uiterlijke verschijningsvorm en ecologische verbanden. Hier wordt wel gesproken van uitwendige homogeniteit (Van de Maarel en Dauvellier, 1978). Beide benaderingen sluiten elkaar niet uit, integendeel, juist de combinatie van de chorologische en topologische dimensie is een karakteristiek aspect van landschapsecologie (Zonneveld 1990). De combinatie van beide dimensies is dan ook in de meeste landschapsstudies terug te vinden.

Homogeniteit, (interne) heterogeniteit en herkenbaarheid van de eenheden worden bepaald door ter plaatse werkzame sferen (Van de Maarel en Dauvellier, 1978). Deze werkingssferen (o.a. atmosfeer, hydrosfeer, lithosfeer, biosfeer en noösfeer) vormen een rangordestelsel dat in figuur 1 weergegeven is als een hiërarchisch stelsel van de landschapsvormende processen, die in de verschillende sferen werkzaam zijn (Bakker et al., 1979). Kortom, de hiërarchie in deze processen wordt weerspiegeld in de landschapspatronen. Een zeer belangrijke eigenschap is dat in het algemeen elk landschapsvormend proces gerelateerd is aan een bepaald schaalniveau.

In veel landschapsindelingen wordt het rangordeconcept als denkmodel gekozen (Klijn et al., 1995). In deze hiërarchische landschapsindelingen verklaren de eenheden op lagere niveaus de heterogeniteit op hogere niveaus. Een belangrijke eigenschap van landschap is dus dat het gekenmerkt wordt door zowel horizontale (chorologische) als verticale (topologische) ecosysteemrelaties en patronen (heterogeniteit en homogeniteit) van zowel biotische als abiotische aard. Met de informatie die in de LKN-tabellen is opgeslagen, zoals bodem, geomorfologie, IPI-ecotopen, wordt de topologische dimensie van het landschap beschreven. In de toegevoegde landschapstabel komt de nadruk meer te liggen op de patrooneigenschappen en de chorologische dimensie.

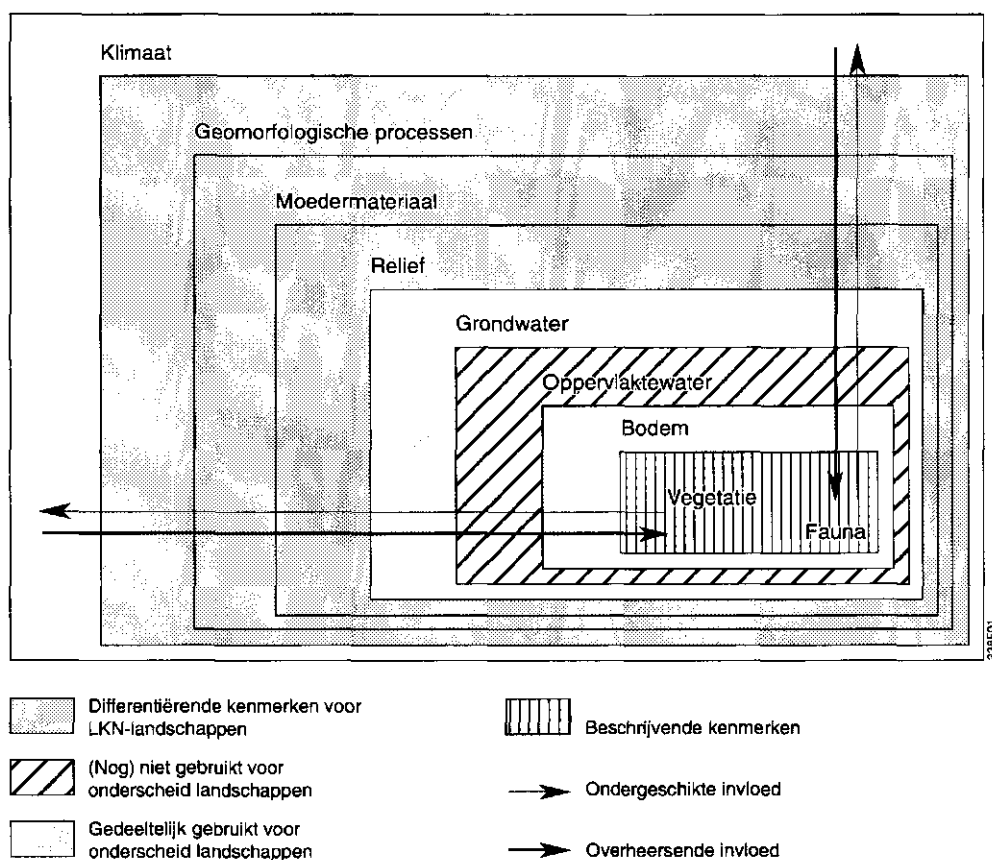


Fig. 1 Hiërarchie van de landschapsvormende processen (naar Bakker et al., 1981)

2.2 Waarom een landschapsclassificatie?

Een landschapsclassificatie heeft in beginsel voordelen boven het gebruik van informatie over de afzonderlijke landschapscomponenten, zoals de LKN-basisinformatie op km-cel-niveau. Landschapsinformatie onderscheidt zich van de componentinformatie door:

- de relatief grote, herkenbare, voor het beleid hanteerbare landschapseenheden (aggregatie);
- de gereduceerde hoeveelheid te bewerken basisgegevens (datareductie);
- de extra informatie over patronen, heterogeniteit, chorologische relaties.

Grote herkenbare en hanteerbare eenheden

Het onderscheid in grote, herkenbare, ecologisch relevante gebieden is van belang voor beleidsmakers die zich met ruimtelijke ordening op nationale en regionale schaal bezighouden. Bij het beantwoorden van specifieke vragen met behulp van gedetailleerde informatie over afzonderlijke landschapscomponenten zal al gauw het overzicht over de grote hoeveelheid verbanden verloren gaan en kan een sterk versnipperd kaartbeeld ontstaan. In het algemeen zijn zulke gegevens moeilijk interpreteerbaar voor de beleidsmakers. Om het kaartbeeld leesbaar te maken zal door samenvoeging van kleine eenheden (aggregatie) een vergroting van de kaartvlakken tot stand gebracht moeten worden (regionalisatie). Om niet bij elke nieuwe vraagstelling dit moeizame proces

steeds weer te hoeven herhalen is een zoveel mogelijk geformaliseerde classificatie en regionalisatie vooraf van belang.

Datareductie

Om de complexiteit van de landschapssystemen te beschrijven zijn gegevens op componentniveau te gebruiken. Hierdoor bestaat de kans dat men bij gebruik van grote bestanden als dat van de LKN door de grote hoeveelheid aan gegevens door de bomen het bos niet meer ziet. Om tot een werkbare hoeveelheid gegevens te geraken is een landschapsclassificatie een belangrijk hulpmiddel. Landschapseenheden kunnen worden gedefinieerd en beschreven met verschijnselen die aan elkaar gecorreleerd zijn. Zo'n met elkaar samenhangende groep kenmerken wordt wel aangeduid als 'correlatief complex' (Kwakernaak, 1982). In die zin is een karakteristieke ordening of mozaïek van ecotopen (het equivalent voor landschap) op te vatten als een chorologisch correlatief complex. In veel gevallen hoeft men slechts een of enkele kenmerken van de landschapseenheid te kennen om een reeks van gerelateerde, niet-geïnterpreteerde kenmerken af te kunnen leiden. De complexe werkelijkheid is dan met behulp van enkele kenmerken voor de meeste doeleinden op efficiënte wijze te beschrijven.

Patronen en ruimtelijke relaties

Bij landschapsclassificatie ontstaan eenheden waarbinnen een kenmerkende heterogeniteit is te onderkennen. Deze heterogeniteit wordt onder meer gevormd door landgebruik, vegetatiestructuur, landschapselementen (inclusief historisch-geografische elementen), reliëf, bodem en oppervlaktewateren, en is een wezenlijk kenmerk van het landschap. Deze kenmerkende patronen of mozaïeken binnen de landschapseenheden geven belangrijke informatie over zowel hun visueel-ruimtelijke waarde als wat betreft hun functioneren als ecosysteem. Op deze wijze kunnen verschillende kaartvlakken van dezelfde eenheden beschreven worden in termen van compleetheid, gaafheid en kenmerkendheid. Door monitoring van deze kenmerkende patronen wordt een beeld verkregen van de ontwikkeling van de landschappen in de tijd, in zowel positieve (herstel, vergroting diversiteit) als negatieve zin (degeneratie, nivellering).

De specifieke samenhang van deze patronen en structuren vormen daarnaast het netwerk waarlangs tal van horizontale relaties tussen ecosystemen plaats kunnen vinden. Ze zijn o.a. van groot belang in het milieubeheer omdat deze relaties kunnen bepalen hoe groot gebieden zijn waarbinnen de gevolgen van bepaalde ingrepen en gebeurtenissen, als vervuiling, eutrofiëring en verdroging, merkbaar zijn (Klijn et al., 1995). Ook in het natuurbeheer zijn dit soort relaties, vooral met de fauna van belang.

De informatie over chorologische relaties kan tevens gebruikt worden voor onderzoek naar relaties tussen populaties van bepaalde diersoorten en onderzoek naar verspreiding van plantesoorten en vegetaties.

Er kunnen ruimtelijke relaties binnen de cel en tussen cellen bestaan. Dit is afhankelijk van de schaal. Zo zijn cellen die samen een beekdal vormen aan elkaar gerelateerd via stromend beekwater waarbij ingrepen in de bovenstroomse cellen invloed kunnen hebben op het benedenstroomse traject van het beekdal.

2.3 Landschapsclassificaties

Er zijn in Nederland verschillende landschapsindelingen ontwikkeld. De meeste daarvan zijn handmatig tot stand gekomen, waarbij men meestal van grote eenheden naar een meer gedetailleerd niveau werkt. Bij sommige indelingen worden door clustering van vrij gedetailleerde landschapscomponenten grotere eenheden gevormd. Hierbij gaat men meestal met methoden die op statistiek zijn gebaseerd, te werk. Een goed voorbeeld hiervan is de indelingsmethode van Den Besten (1990), die met behulp van een clustertechniek (TWINSPAN) voor een gebied bij Gorssel op grond van gegevens over vegetatie, bodem, geomorfologie, landgebruik, cultuurhistorie en landschapsbeeld de landschapsindeling tot stand bracht. Vooral in Groot-Brittannië zijn met behulp van soortgelijke methoden landschapsanalyses uitgevoerd (Bunce en Smith, 1978; Haines-Young, 1991).

In de meeste indelingen wordt de topologische benadering met de chorologische gecombineerd (zie blz. 19). Slechts enkele zijn landsdekkend zoals de geotopenkaart van Visscher (1972) en de landschapskaart van Piket et al. (1987). De geotopenkaart bestaat uit aquatische landschapseenheden (hier aquatische geotopen genoemd) en terrestrische en semiterrestrische geotopen. De indeling is gebaseerd op reliëf, substraat en cultuurhistorische patronen. De indeling omvat slechts één schaalniveau (circa 1 : 1 000 000). De geotopenkaart is opgenomen in het Globaal Ecologisch Model (GEM) van Van der Maarel en Dauvellier (1978).

De indeling van Piket et al. (1986) is o.a. gebaseerd op oppervlaktewaterkarakteristieken en waterbeheer, reliëf, levende natuur, landgebruik, nederzettingen en landschapsbeeld. Ze is daarmee gebaseerd op enkele slecht te definiëren en snel aan verandering onderhevige scheidende kenmerken. Ze is voor beleidstoepassingen slechts in geringe mate gebruikt.

Veel overzichtelijker is de indeling in fysisch-geografische districten (Zonneveld 1985), die gebruik maakt van duidelijker en relatief weinig veranderlijke indelingskenmerken. Deze op geologische en geomorfologische gesteldheid gebaseerde landschapsindeling is slechts bruikbaar op één schaalniveau (1 : 200 000).

Bij de landschapsindeling van Klijn (1989) is gedeeltelijk gekeken naar bovenstaande, oudere indelingen. De indeling is echter vooral gebaseerd op buitenlandse, sterk hiërarchische landschapsindelingen. De nomenclatuur van de landschapseenheden op de verschillende schaalniveaus zijn grotendeels ontleend aan Noordamerikaanse nomenclatuur (Lands Directorate Environment Canada, 1981; Wiken et al., 1981) en aan in Middeneuropese studies gebruikte termen (Haase, 1989). In tabel 2 zijn de nomenclatuur en de bijbehorende schaalniveaus aangegeven. Niet alle daar genoemde schaalniveaus zijn van toepassing op de Nederlandse situatie. Ecozones en Eco-provincies zijn ruimtelijk te omvangrijk voor gebruik in Nederland.

Klijn heeft ecoregio's en ecodistricten uitgewerkt (Klijn, 1988; Klijn en Udo de Haes, 1990). Onafhankelijk daarvan zijn in het LKN-bestand het ecoserie- (Klijn et al., 1992) en ecotopenniveau (Van der Linden, 1995) opgenomen. De ecoseries zijn afgeleid van de bodem/grondwatertrap- en de grondwaterinformatie van het LKN-bestand. Voor het

LKN-landschapbestand zijn de niveaus van ecoregio, ecodistrict en ecosectie van belang (tabel 2).

Tabel 2 Hiërarchische reeks van ecosystemen met bijbehorende ruimtelijke schaalniveaus (Klijn 1988)

Landeenhed	Kaartschaal
Ecozones	1 : 50 000 000 en kleiner
Ecoprovincies	1 : 10 000 000 tot 50 000 000
Ecoregio's	1 : 2 000 000 tot 10 000 000
Ecodistrict	1 : 500 000 tot 2 000 000
Ecosectie	1 : 100 000 tot 500 000
Ecoserie	1 : 25 000 tot 100 000
Ecotoop	1 : 5000 tot 25 000
Eco-element	1 : 5000 en groter

De indeling van Klijn (ecoregio's en -districten) is gebaseerd op grootschalig kaartmateriaal (1 : 200 000 tot 1 : 2 000 000). Bij de uiteindelijke indeling zijn die kaarten gebruikt die zoveel mogelijk aan de volgende eisen voldeden:

- ecologisch relevant;
- geringe complexiteit van kaart en legenda;
- toegankelijk voor onderzoekers en leken;
- aansluitend bij mogelijke beleidsmaatregelen;
- toepasbaar voor geschiktheids-, gevoeligheids- en betekenisanalyses;
- toepasbaar voor regionaal milieubeleid;
- relatief weinig aan veranderingen onderhevig.

Enkele geologische, bodemkundige kaarten en de gradiënten- (Baaijens, 1985), landschaps- (Piket et al., 1987) en geotopenkaart (Visscher, 1972) voldeden gedeeltelijk aan deze eisen. Met behulp van diverse andere abiotische en biotische themakaarten en tal van geïntegreerde kaarten, aangevuld met informatie afkomstig van satellietbeelden is de ecologische relevantie van begrenzingen gecontroleerd.

De omschrijving van de regio's en districten is in termen van geologie, geomorfologie en hydrologie uitgevoerd. Op deze wijze zijn 4 terrestrische en 2 aquatische ecoregiotypen onderscheiden. Deze typen zijn weer onderverdeeld in resp. 26 terrestrische en 11 aquatische ecodistricten. In figuur 2 zijn de terrestrische ecoregio's en districten volgens Klijn (1988) afgebeeld. Hiertoe is het oorspronkelijk vectorbestand omgezet in een km-cellenbestand. De aquatische regio's en districten zijn niet afgebeeld.

2.4 Uitgangspunten van de LKN-landschapsindeling

Bij de LKN-landschapsindeling is uitgegaan van:

- een hiërarchische benadering;
- abiotische indelingskenmerken;
- navolgbare statistische, geautomatiseerde technieken;
- zoveel mogelijk aansluiting bij een reeds bestaande en gebruikte indeling (daarbij rekening houdend met de bij de LKN behorende schaalniveaus).

Waarom een hiërarchische benadering?

Tussen de verschillende landschapsvormende factoren bestaan relaties, waarbij in het algemeen de ene factor de ander factor overheerst. Zo zal de algemene klimatologische gesteldheid bepalen welke processen de vormen aan het aardoppervlak (geomorfologie) doen ontstaan, en zal de geomorfologische gesteldheid weer bepalend zijn voor de bodenvorming, die op zijn beurt de vegetatie zal beïnvloeden. Naast een volgorde in dominantie of rangorde, zijn de factoren in zekere mate werkzaam op hun eigen specifieke schaalniveau. Macroklimatologische verschillen komen op een veel grover schaalniveau tot uiting dan bodemkundige verschillen. Kortom, er is een hiërarchie in schaal en invloed te onderkennen in de landschapsvormende factoren. Deze (proces)-hiërarchie wordt weerspiegeld in de landschapspatronen. Dit maakt het ons mogelijk om de hiërarchie te gebruiken als hulpmiddel, als model, om de landschappen op verschillende schaalniveaus te onderscheiden. Deze benadering kan ons helpen om de complexe realiteit van elkaar beïnvloedende landschapsfactoren te versimpelen en te ordenen (Omernik, 1994; Klijn, 1995). Met behulp van deze versimpeling is het mogelijk een gelaagde, voor verschillende schaalniveaus bruikbare hiërarchische landschapsindeling te maken. Op deze wijze ontstaat een indeling waarbij de eenheden op de lagere schaalniveaus de interne variatie van de eenheden op het hogere niveau beschrijven (Klijn et al., 1995).

Waarom abiotische indelingskenmerken?

De meeste abiotische kenmerken zijn relatief stabiel in tijd en ruimtelijk homogeen over grotere gebieden. De relatief geringe veranderlijkheid van de abiotiek garandeert een langere geldigheid van de landschapsindeling. Hierdoor is het mogelijk om landschapseenheden met regelmatige tussenpozen over een lange tijdsspanne te bestuderen (monitoring). Bij meer biotisch geformuleerde landschapseenheden kunnen op de korte of middellange termijn veranderingen optreden zoals de ontwikkeling van een ander successiestadium van de vegetatie, veranderingen in landgebruik of het verdwijnen van diersoorten. Door deze veranderingen zal op korte of middellange termijn de landschapseenheid in ruimtelijke zin veranderen. Met biotische kenmerken zijn ontwikkelingen in de tijd te volgen door de veranderende kaartbeelden met elkaar te vergelijken. Bij de op abiotiek gebaseerde indelingen blijft de begrenzing van de landschappelijke eenheden vrijwel constant en verandert de biotische inhoud (biotische beschrijvende kenmerken) van de landschapseenheid. De kenmerken zoals de diversiteit aan vegetatietypen, dier- en plantesoorten, landgebruik en vegetatiestructuur en de daardoor gevormde patronen zijn de graadmeters voor de toestand waarin het landschap verkeert. De veranderlijkheid van het landschap kan zodoende worden beschreven binnen de begrenzingen van de onveranderlijke legenda-eenheden van de abiotische landschapsclassificatie.

Waarom het gebruik van statistische technieken?

De keuze voor gebruik van statistische technieken en automatische bewerkingsmethoden is vooral bepaald door de behoefte aan een 'objectieve' en navolgbare indeling. Bij een landschapsclassificatie, gebaseerd op 'expert judgement', is het meestal minder duidelijk waar en wanneer de sterk op eigen ervaring gebaseerde interpretatie van de onderzoeker bij een beslissing een rol speelt. Afgezien van de vraag of objectiviteit en navolgbaarheid wel volledig te realiseren zijn, bieden de statistische methoden wel de mogelijkheid om de indeling inzichtelijker te maken.

Van belang is ook dat statistiek voor een zekere kwantificering zorgt van de mate waarin kenmerken onderscheidend zijn of de mate waarin onzuiverheden voorkomen.

Een derde argument voor het gebruik van statistische technieken is dat in het LKN-bestand veel relatief gedetailleerde informatie aanwezig is. Met behulp van automatische bewerking kan gezien de hoeveelheid informatie sneller en overzichtelijker gewerkt worden. Een niet onbelangrijke vaststelling is dat de basisinformatie zich ook leent voor automatische, statistische bewerking. Het LKN-basisbestand is hiervoor door zijn structuur zeer geschikt en eist slechts in beperkte mate voorbereiding bij de landschapsindeling.

Waarom aansluiting bij een bestaande indeling?

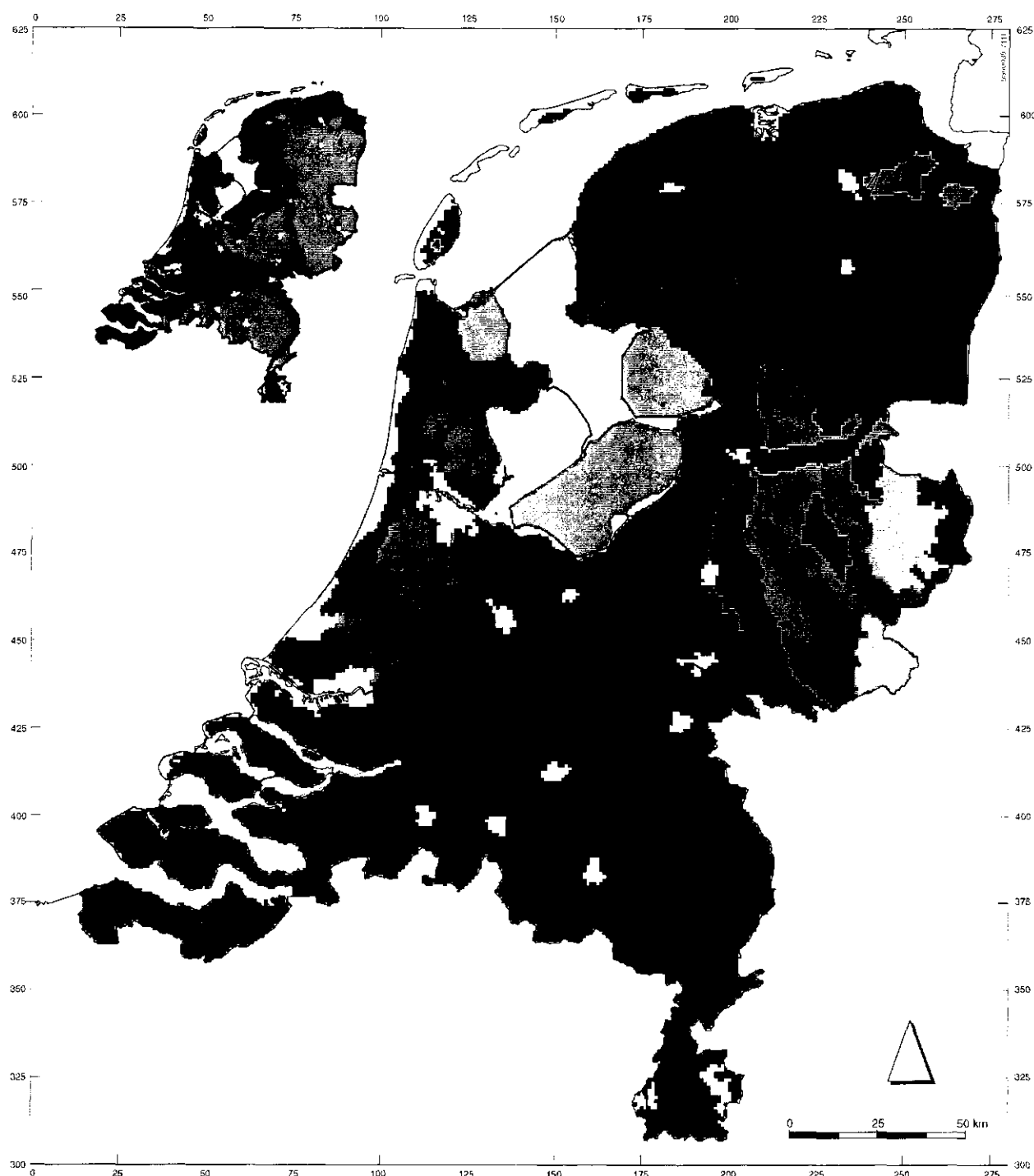
De reden om aansluiting te zoeken bij een reeds bestaande en gangbare indeling is een pragmatische.

Wat betreft de terminologie voor de verschillende schaalniveaus geldt dat er in Nederland geen duidelijke afspraken of conventies gelden. Door aan te sluiten bij een bestaande en gangbare indeling wordt de spraakverwarring in ieder geval niet vergroot.

Dat de keuze hierbij uiteindelijk gevallen is op de ecoregio- en -districtindeling van Klijn is om de volgende redenen:

- de indeling is gebaseerd op kenmerken die grotendeels met het LKN-bestand in verband kunnen worden gebracht;
- de indeling is hiërarchisch, waardoor recht wordt gedaan aan de impliciete afhankelijkheid van systeemcomponenten;
- de indeling is beleidsrelevant en in gebruik bij enkele departementen en is daarmee gangbaar in Nederland;
- de gebruikte termen zijn duidelijk en begrijpelijk en sluiten zowel aan bij internationaal gebruikte termen als bij de LKN-tabellen 'IPI-ecotopen' en 'ecoseries'.

Voor het laagste LKN-niveau, de ecosecties, is geen bestaande indeling beschikbaar. Gezien de aard van de aanwezige component-informatie en de beschikbaarheid daarvan in één database is gekozen voor clustering op grond van de abiotische gegevens in het LKN-bestand (hoofdstuk 3.4). In tegenstelling tot de voor de ecoregio's en ecodistricten gebruikte benadering is op ecosectieniveau gebruik gemaakt van een benadering waarbij van gedetailleerde informatie naar grovere eenheden gewerkt wordt. Het ecosectieniveau is echter als geheel wel ingepast in het hiërarchische raamwerk van de landschapsindeling.



Figuur 2: Ecoregio's en ecodistricten volgens Klijn weergegeven in km-cellen (afgeleid van het digitale bestand van Klijn en Van 't Zelfde 1992)

LEGENDA

Terrestrische ecoregio's

- Heuvelland
- Oude zandgronden en hoogveen
- Kustduinen
- Laagveen- en kleigebieden

Terrestrische ecodistricten

- Krijtlandschap
- Lösslandschap
- Midden-Ned. stuwwalcomplex
- Geïsoleerde stuwwallen

- Geïsoleerd keileemplateau
- Pleistocene opduikingen
- Overige keileemgebieden
- Horsten
- Oude rivierterrassen
- West Nederlands dekzandgebied
- Oost Nederlands dekzandgebied
- Glaciaal bekken
- Puinwaaierlandschap

- Hoogveenlandschap
- Beekdalcomplex
- Centraal slenkgebied
- Kalkrijke duinen
- Kalkarme duinen
- Strandwallengebied
- Rivierengebied
- Jonge indijkingen
- Zeeklei-inversie landschap

- Laagveengebied
- Droogmakerijen
- Polders
- Deltagebieden

3 Het LKN-landschapsbestand

3.1 Inleiding

Het LKN-landschapsbestand heeft betrekking op de volgende drie schaalniveaus:

- ecoregio's;
- ecodistricten;
- ecosecties.

De ecoregio's en ecodistricten zijn een bewerking op basis van de ecoregio- en ecodistrictenindeling van Klijn (1988). De ecosecties zijn, zonder te refereren aan een bestaande indeling, samengesteld uit de LKN-gegevens. In dit hoofdstuk wordt de indeling per landschapniveau behandeld. Figuur 3 geeft schematisch de drie indelingsniveaus van de LKN-landschapstabel weer. Tabel 3 geeft een overzicht van de onderscheidende LKN-kenmerken, die gebruikt zijn voor de indeling op de verschillende landschapsniveaus.

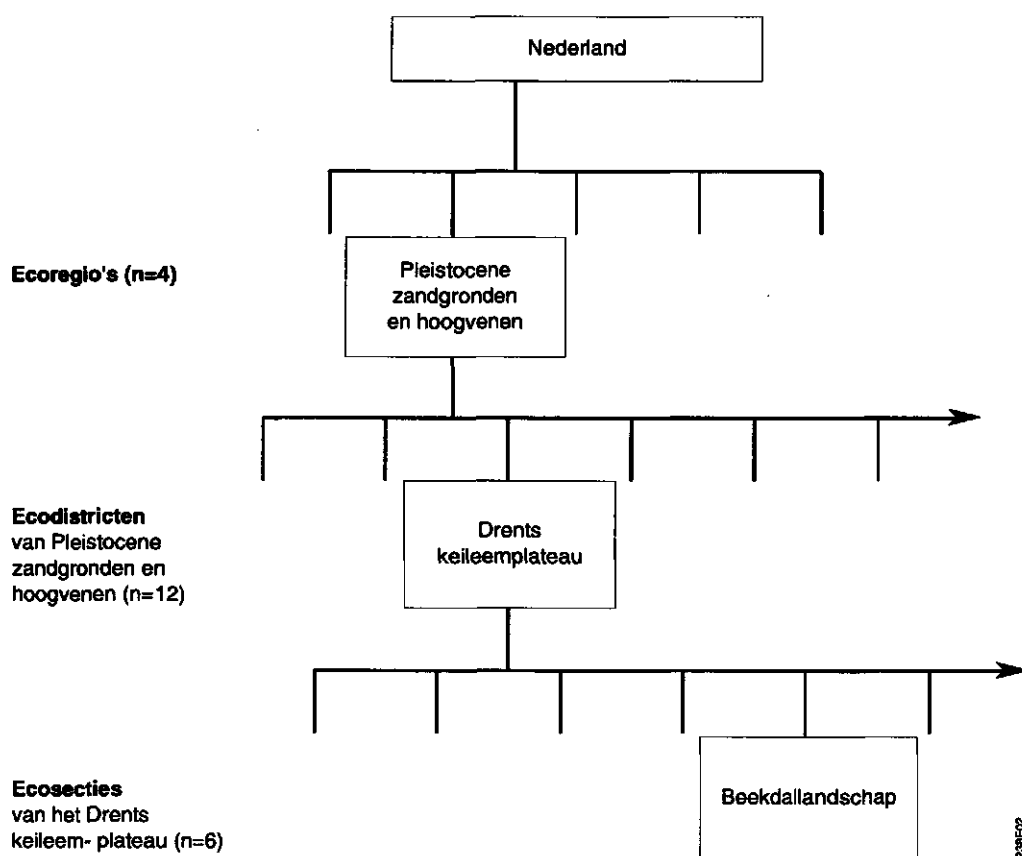


Fig. 3 Schematische weergave van de drie indelingsniveaus van de tabel 'Landschap'

Tabel 3 Bij het onderscheid gebruikte kenmerken voor de verschillende landschapsniveaus (zie voor de betekenis van LKN-bestandsnamen Tabel 1).

Differentiërende kenmerken	LKN-bestand	Ecoregio's	Ecodistricten	Ecosecties
bodem-hoofdgroep	BODEM-GT			
genese, ouderdom	GEOMORF			
bodem-subgroep	BODEM-GT			
genese, vormgroep	GEOMORF			
grondwatertrappen	BODEM-GT		aanvullend	
grondwaterrelaties	GRONDWATER		aanvullend	
geomorfologische eenheden	GEOMORF		aanvullend	
bodemkundige eenheden	BODEM-GT			

3.2 Ecoregio's

Ecuregio's zijn landschapseenheden op een schaal van meer dan 1 : 2 000 000 (zie tabel 2). Op dit niveau hangen de landschapspatronen voornamelijk samen met grove verschillen in geologie en geomorfologie. Het ecuregioniveau is beperkt bruikbaar voor nationale planningsvraagstukken en lijkt beter geschikt voor planning op Europese schaal.

3.2.1 Werkwijze

Voor het hoogste niveau van de LKN-landschapstypologie wordt uitgegaan van de ecuregio's van Klijn (1989). De aquatische ecuregio's zijn daarbij buiten beschouwing gelaten. De drie terrestrische ecuregio's (fig. 2) zijn onderscheiden op basis van geologie, geomorfologie en hydrologie. De bronnen die aan de indeling van Klijn ten grondslag liggen, zijn voor een groot deel anders dan die van de vergelijkbare LKN-informatie. De schaal van de oorspronkelijke bronnen is in het algemeen grover, en van ouder datum dan die van LKN. Om de consistentie van de ecuregio's ten opzichte van de LKN-gegevens te testen en kaartvlakken eventueel op grond van de meer gedetailleerde LKN-informatie bij te stellen, zijn de oorspronkelijke kaartvlakken onderworpen aan een discriminantanalyse. Hierto is allereerst het oorspronkelijke vectorbestand van de ecuregio's omgezet in een km-cellenbestand (fig. 4). Aan elke cel is LKN-informatie over de factoren bodem, geomorfologie, grondwaterrelaties en grondwatertrappen, uitgedrukt in sterk gegeneraliseerde eenheden, toegevoegd. Hierbij is voor elke factor uitgegaan van in oppervlakte dominante eenheden binnen een cel. Om te analyseren welke factoreenheden de verschillen tussen de cellen van de verschillende regio's verklaren, is op het cellenbestand een discriminantanalyse uitgevoerd met behulp van het statistisch verwerkingspakket GENSTAT (Digby et al., 1989; Lane & Payne, 1994). De verschillen tussen de (oorspronkelijk) niet op LKN-gegevens gebaseerde regio's kunnen nu uitgedrukt worden in verschillen in combinaties

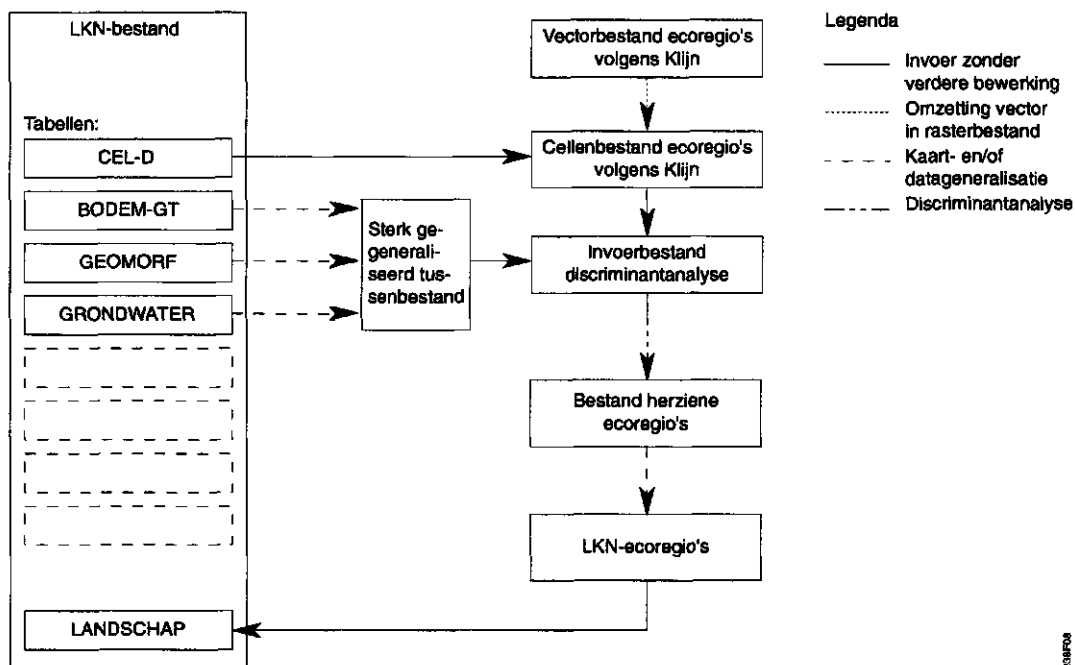


Fig. 4 Werkwijze voor het ecoregioniveau

van LKN-factoren. Het wordt nu mogelijk om voor elke individuele cel te bepalen tot welke regio op grond van LKN-informatie het uiteindelijk behoort. Dit zal voor de meeste cellen geen consequenties hebben. Cellen die volgens de oorspronkelijke gegevens tot een bepaalde regio behoorden, maar volgens LKN-informatie sterk afwijken van de overige regiocellen, kunnen echter (via hetzelfde GENSTAT-programma) aan een andere regio worden toebedeeld. Op deze wijze ontstaat een nieuw bestand waarmee na kaartgeneralisatie een herziene ecoregiokaart gemaakt kan worden.

Bij deze exercitie bleek de capaciteit van GENSTAT niet voldoende om alle LKN-cellen te analyseren op basis van de niet-gegeneraliseerde informatie. Om de analyse toch voor heel Nederland uit te kunnen voeren is de LKN-informatie sterk gegeneraliseerd (datareductie). Bij deze generalisatie is er (op grond van literatuur en 'expert judgement') rekening gehouden met de aard van de eenheden die op dit schaalniveau de landschapspatronen bepalen. De voor dit schaalniveau niet relevante details zijn dus weggegelaten.

De bodem is gegeneraliseerd tot hoofdgroepen met hier en daar een verfijning op basis van ondergrond en kleidekken, waarbij een indeling ontstaat naar moedermateriaal (veengronden op zand, veengronden met kleidek, zeekleigronden, pleistocene zandgronden etc.). De geomorfologische informatie is gegeneraliseerd op grond van het dominante vormingsproces en de ouderdom van de vormen (glaciale vormen, duinen, dekzandvormen etc.). Grondwatertrappen en grondwaterrelaties zijn gezien hun relatieve eenvoud niet gegeneraliseerd.

Binnen de discriminantanalyse kan voor elke factor of combinatie van factoren door middel van een zgn. LRV-score de mate waarin deze factor of combinatie van factoren

discrimineert, weergegeven worden. Er kan overigens niet in één keer bepaald worden welke factorcombinatie de verschillen tussen de regio's optimaal verklaart. Daarom is de discriminant-analyse eerst alleen met de afzonderlijke factoren uitgevoerd. Hieruit bleek de factor bodem (hier moedermateriaal of geologische gesteldheid) de best verklarende. Vervolgens is de factor 'bodem' in combinatie met elk van de drie andere factoren geanalyseerd. Hieruit bleek dat alleen de combinatie bodem-geomorfologie een duidelijk betere verklaring gaf voor de verschillen tussen de ecoregio's (zie fig. 5).

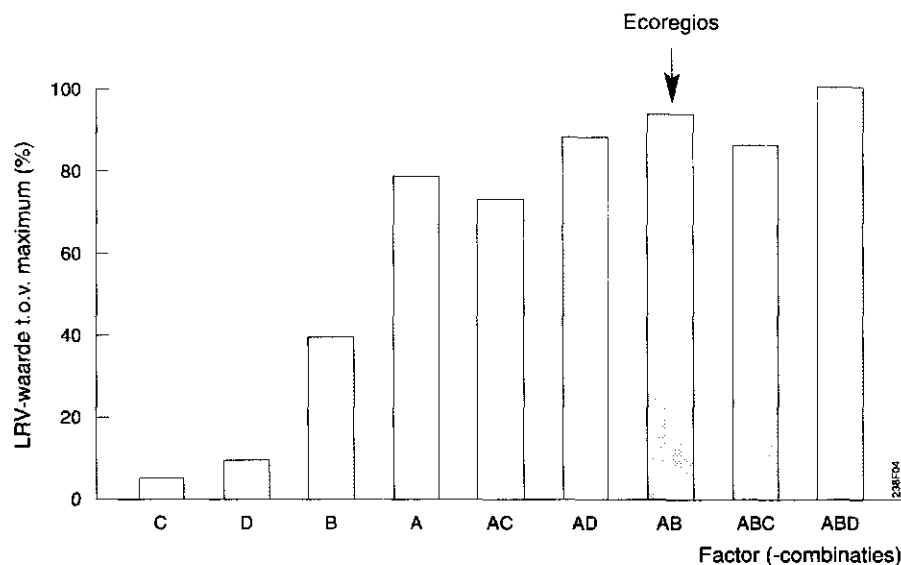


Fig. 5 Mate van discriminantie, uitgedrukt in een zgn. LRV-score, van enkelvoudige en gecombineerde factoren gerelateerd aan de score van de maximaal discriminerende combinatie voor het onderscheiden van ecoregio's; A = bodem (moedermateriaal), B = geomorfologie, C = grondwatertrap, D = grondwaterrelatie, AB = combinatie van bodem en geomorfologie etc. Met de pijl is de uiteindelijk gebruikte optimale factorcombinatie aangegeven.

Ten slotte is de combinatie bodem-geomorfologie aan de overige twee factoren gekoppeld. Koppeling van een derde factor bleek nauwelijks verbetering te geven. Met behulp van de door de discriminantanalyse gegenereerde indelingscriteria voor bodem en geomorfologie is elke cel opnieuw toegewezen aan één van de ecoregio's. Het ontstane kaartbeeld is met behulp van een generalisatieprocedure gezuiverd van te kleine kaartvlakken (zie par. 3.4).

3.2.2 De LKN-ecoregio's

Het nieuwe kaartbeeld (fig. 8) verschilt slechts in enkele details van de oorspronkelijke ecoregiokaart (fig. 2). Dit is niet verwonderlijk omdat de indelingskenmerken die zijn gehanteerd, niet wezenlijk verschillen van de LKN-kenmerken die bij de discriminant-analyse gebruikt zijn. Slechts hier en daar schuift een grens tussen de ecoregio's iets op. Slechts rond Vollenhove verschijnt een cluster cellen dat tot de regio 'Pleistocene

zandgronden en hoogvenen' gerekend wordt in afwijking van de oorspronkelijke kaart. In tabel 4 zijn de voornaamste verschillen tussen ecoregio's aangegeven.

Tabel 4 Indelingskenmerken van de ecoregio's

Regio	Bodemgroepen	Geomorfologische hoofdgroepen
Heuvellandregio	lössgronden, krijtgronden	tertiaire en oudere vormen
Pleistocene zandgronden en hoogvenen	pleistocene zandgronden, veengronden op zand, oligotrofe veengronden, veenkoloniale gronden oude kleigronden	dekzandvormen, glaciale vormen, smeltwatervormen, veenrestvormen
Kustduinen	zeezandgronden	mariene vormen, jonge eolische vormen
Holocene regio	zeeklei-, rivierklei-, eutrofe veengronden, veengronden met kleidek, zeezandgronden	mariene vormen, fluviatiele vormen

3.2.3 Generalisatie van de LKN-ecoregio's

De automatisch gegenereerde landschapseenheden leveren niet zonder meer voor de praktijk bruikbare kaartvlakken op. Cellen zijn immers alleen op inhoud gerangschikt en niet op ligging ten opzichte van elkaar. Hierdoor kan plaatselijk een versnipperd kaartbeeld ontstaan. Om tot werkbare kaarteenheden te komen moeten te kleine clusters van verwante cellen weggegeneraliseerd worden.

Dit kan met de hand gebeuren met als nadeel dat de generalisatie weinig navolgbaar is en inconsequenties kan herbergen. Bovendien vergt handmatige generalisatie veel tijd. Om die reden is getracht de generalisatie volgens goed beschreven regels zo veel mogelijk langs geautomatiseerde weg te laten verlopen.

Bij generalisatie van de LKN-landschapsgegevens is gekozen voor de volgende uitgangspunten:

- de minimale grootte van clusters of kaartvlakken moet overeenkomen met de voor de LKN-schaal (1 : 200 000) geldende 'basic planning unit'. De bij de LKN-schaal 1 : 200 000 behorende 'basic planning unit' bedraagt tussen de 600 en 650 ha (Vink, 1975 en 1980). Dit komt ongeveer overeen met clusters van 6 cellen;
- algemeen als belangrijk of waardevol geachte landschappen zoals duingebieden, rivieren en beekdalen mogen niet als gevolg van de methode uit het kaartbeeld verdwijnen;

De minimale clustergrootte kan vrij gemakkelijk in programmatuur vastgelegd worden. Dit is gedaan via de zgn. GRID-module van ARC-INFO. Daarmee kunnen zonder veel aanpassingen LKN-files verwerkt worden. Het tweede uitgangspunt is slechts in zeer beperkte mate van toepassing op enkele smalle, langwerpige kaartvlakken op het ecoregioniveau. Afgezien van enkele delen van de Kustduinregio en het zuidelijk gedeelte van de Holocene regio zijn de kaartvlakken in vrijwel alle gevallen zo groot dat bij generalisatie geen belangrijke kaartvlakken wegvallen (zie par. 3.3.3 en 3.4.3).

3.3 Ecodistricten

De ecodistricten zijn toepasbaar op schaalniveaus tussen 1 : 500 000 en 1 : 2 000 000. Op dit schaalniveau fungeren vooral grote hydrologische systemen en zijn fijnere verschillen in moedermateriaal en grote geomorfologische vormeenheden te onderscheiden.

3.3.1 Werkwijze

De LKN-ecodistricten zijn evenals de ecoregio's ontstaan door bewerking van de oorspronkelijke ecodistrictenkaart (Klijn, 1988). Met behulp van discriminantanalyse van de oorspronkelijke ecodistricten met gegeneraliseerde LKN-gegevens zijn de meest verklarende factorcombinaties voor de verschillen tussen de districten bepaald. De discriminantanalyse is per afzonderlijke regio uitgevoerd (zie fig. 6). Hierdoor kunnen per regio verschillende factorcombinaties verklarend zijn voor de verschillen tussen de districten.

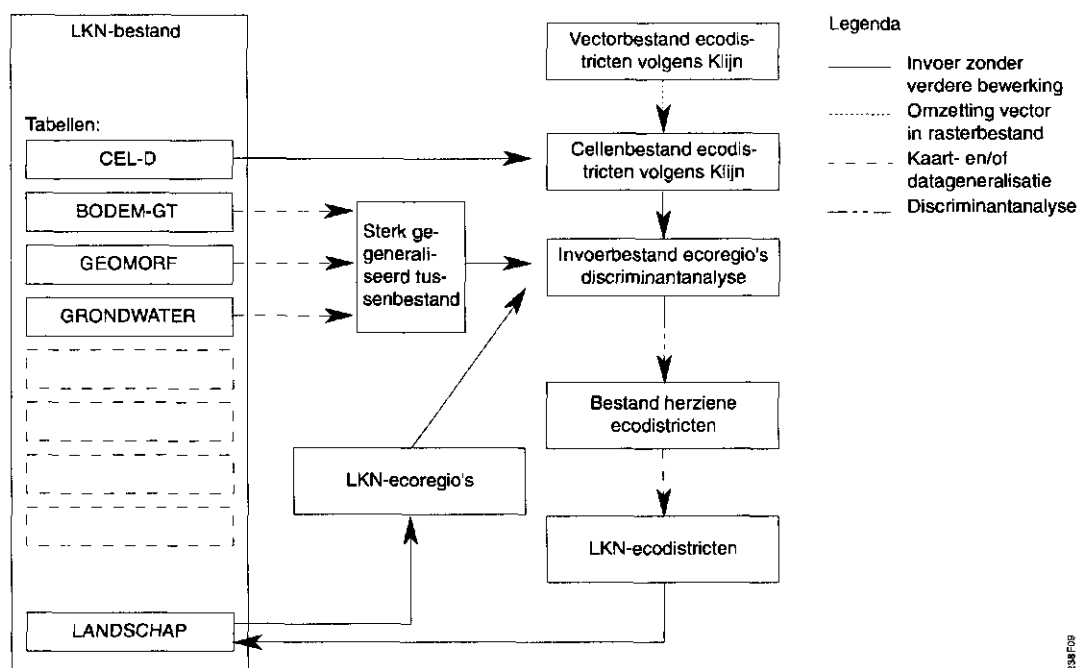


Fig. 6 Schematische weergave van de werkwijze bij het vaststellen van de ecodistricten

In figuur 7 zijn de verschillende factorcombinaties voor ecodistricten in de pleistocene regio en de holocene regio in beeld gebracht. De analyseresultaten van de heuveland-regio zijn niet weergegeven vanwege de geringe significantie van de resulterende verschillen. De kustduinregio is niet afgebeeld vanwege de eenduidige correlatie van het onderscheid met het verschil in kalkrijkdom van de bodem.

De cellen die in het LKN-ecoregiobestand ten opzichte van het oorspronkelijke bestand in een andere regio zijn komen te liggen, zijn hierbij buiten beschouwing gelaten.

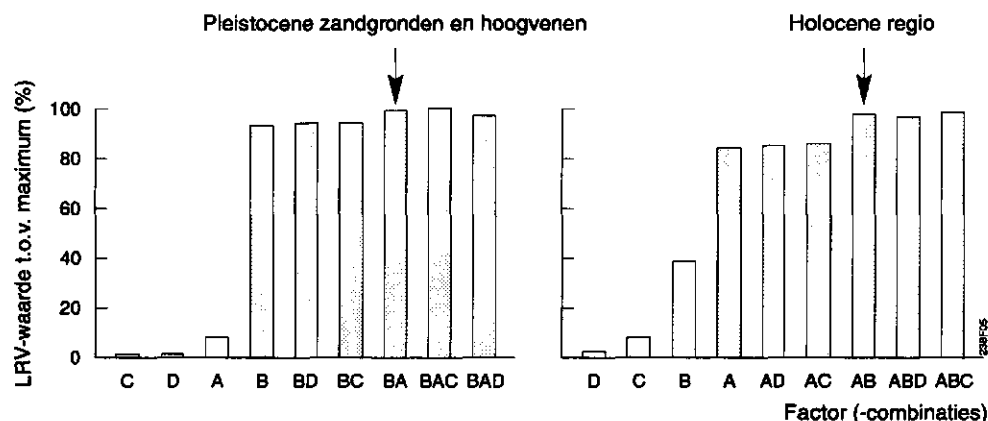


Fig. 7 Mate van discriminantie, uitgedrukt in een zgn. LRV-score, van enkelvoudige en gecombineerde factoren gerelateerd aan de score van de maximaal discriminerende combinatie voor het onderscheid van de ecodistricten; A = bodem (moedermateriaal), B = geomorfologie, C = grondwatertrap, D = grondwaterrelatie, AB = combinatie van bodem en geomorfologie etc. Met de pijl is de uiteindelijk gebruikte optimale factorcombinatie aangegeven.

3.3.2 De LKN-ecodistricten

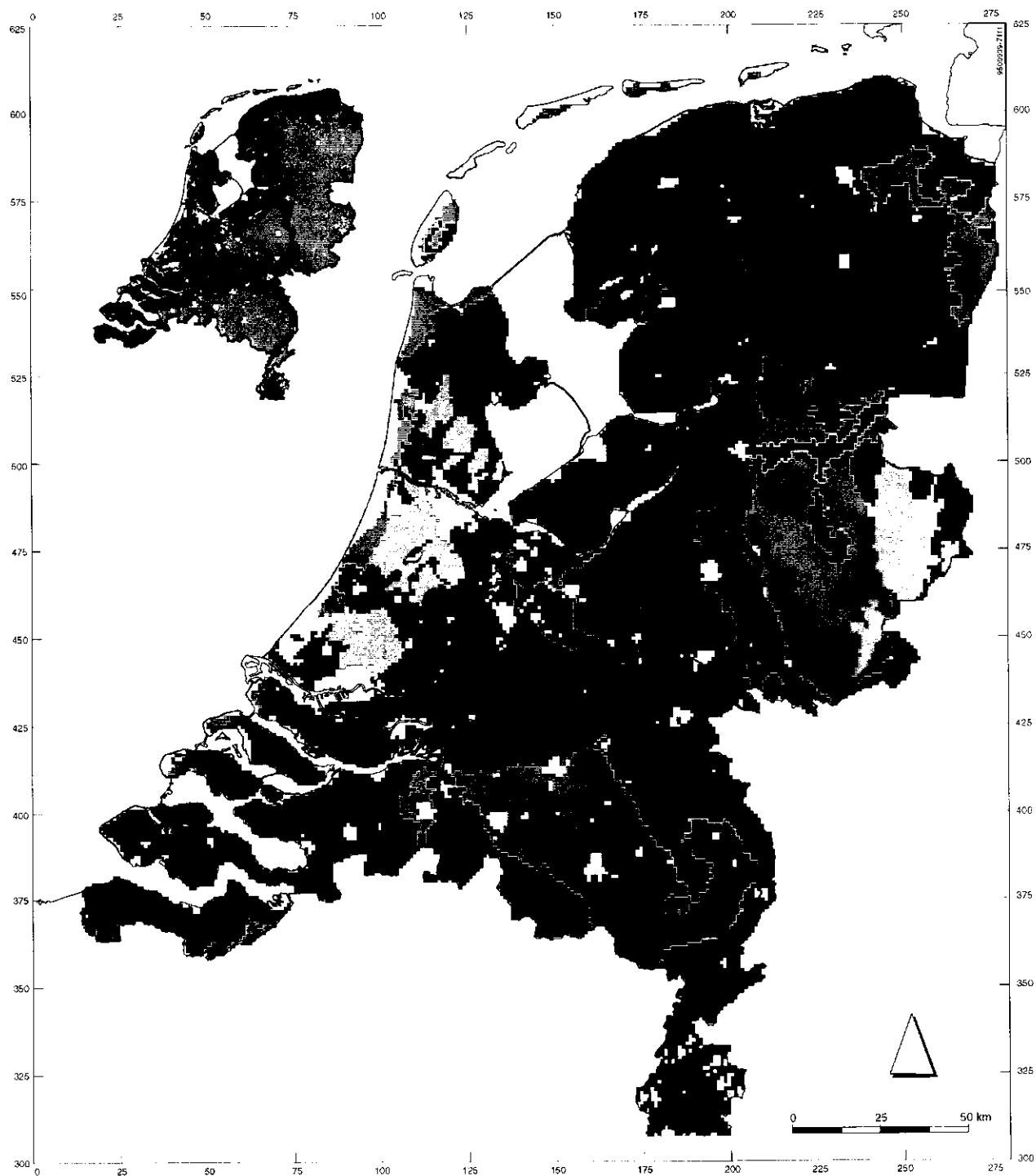
De onderscheiden ecodistricten zijn in figuur 8 afgebeeld. Van de oorspronkelijke 25 terrestrische ecodistricten zijn er na discriminantanalyse 24 gehandhaafd.

Districten van de heuvellandregio

Voor de heuvellandregio bleek een combinatie van bodem, grondwaterrelatie en grondwatertrappen het best verklarend voor de verschillen tussen het krijtdistrict en het lössdistrict. Het discriminerend vermogen van de LKN-dataset bleek echter in absolute zin gering, waardoor slechts enkele cellen verplaatst zijn ten opzichte van het oorspronkelijke bestand. Slechts waar krijtgronden in steilwanden dagzomen of op plekken waar een grondwatertrap is aangegeven in combinatie met informatie over grondwaterrelaties kunnen cellen anders toegedeeld zijn. De geologische verschillen tussen de twee districten, wel meegenomen in de oorspronkelijke indeling, rechtvaardigt echter wel degelijk het onderscheid tussen krijt- en lössdistrict. De begrenzing van de onderscheiden districten verschilt, door de geringe toegevoegde waarde van de LKN-gegevens nauwelijks met die van de oorspronkelijke indeling.

Districten van de pleistocene zandgronden en hoogvenen

Het onderscheid binnen pleistocene zandgronden en hoogveengebieden blijkt in sterke mate gebaseerd te zijn op de geomorfologie. Bodemkundige informatie voegt slechts weinig toe aan de indeling. Grondwaterrelaties en grondwatertrappen zijn in discriminerende zin op dit niveau te verwaarlozen. Er zijn echter grote verschillen met de oorspronkelijke indeling. Zo bleken na de discriminantanalyse de districten 'Centrale Slenkgebied', 'Oost Nederlandse dekzandgebied' en 'Glaciaal bekken' (Gelderse



Figuur 8: De LKN-ecoregio's en ecodistricten

LEGENDA

Ecoregio's

Heuvellandregio (1)

Pleistocene zandgronden en hoogveen (2)

Kustduinen (3)

Holocene regio (4)

Drents keileemplateau (203)

Pleistocene opduikingen (204)

Overige keileemgebieden (205)

Horsten (206)

Oude rivierterrassen (207)

Vereffeningsrestdistrict (208)

Lage dekzanddistrict (209)

Beekdalcomplex (210)

Puinwaaierdistrict (211)

Hoogveendistrict (212)

Kalkrijke duinen (301)

Kalkarme duinen (302)

Strandwallen en -vlakten (401)

Rivierendistrict (402)

Jonge indijkingen (403)

Zeeklei-inversie district (404)

Laagveendistrict (405)

Droogmakerijen (406)

Polders (407)

Getijdedistrict (408)

Ecodistricten

Krijtdistrict (101)

Lössdistrict (102)

Stuwwallencomplex (201)

Geïsoleerde stuwwallen (202)

vallei; zie fig. 2) niet meer als grote aaneengesloten eenheden in het kaartbeeld voor te komen, maar juist uiteen te vallen in kleine clusters. Elk van deze drie oorspronkelijke districten bleek dus vrij veel elementen te bevatten van de andere twee districten. Het onderscheid van deze eenheden op dit schaalniveau bleek dus niet goed onderbouwd te kunnen worden met behulp van de LKN-informatie. Op grond hiervan is besloten deze eenheden onder te brengen in één district (Lage dekzanddistrict). De kaartvlakken van de overige districten vertonen grote overeenkomst met het oorspronkelijke kaartbeeld.

Districten van de kustduinen

De districten binnen de kustduinregio worden vooral onderscheiden op grond van gegeneraliseerde bodeminformatie (kalkrijkdom). Geomorfologie en grondwaterinformatie voegen zoals te verwachten vrijwel niets toe. De districten wijken nauwelijks af van de oorspronkelijke indeling.

Districten van de holocene regio

In de holocene regio bleek de bodem (hier op te vatten als moedermateriaal) de sterkst discriminerende factor (zie fig. 7) te zijn, aangevuld met geomorfologische informatie. Vooral het al dan niet voorkomen van droogmakerijen bleek plaatselijk een belangrijk verschil. De resulterende begrenzing van de ecodistricten blijkt, in de meeste gevallen weinig af te wijken van de oorspronkelijke. Het onderscheid tussen het zeeklei-inversie district en de jonge inpolderingen in de Kop van Noord-Holland blijkt, gezien de afwijkingen van de oorspronkelijke begrenzing, niet duidelijk onderbouwd te worden door de LKN-informatie. In de overige gebieden bleek dit echter wel mogelijk, waardoor het gerechtvaardigd lijkt om deze twee districten van elkaar te blijven onderscheiden.

De buitendijkse getijdegronden zijn voor een groot deel niet in de oorspronkelijke districtenindeling onderscheiden (zij zijn daar onderdeel van aquatische regio's). Dit district met een relatief gering aantal cellen is rechtstreeks geselecteerd uit het LKN-bestand en later toegevoegd aan het kaartbeeld.

3.3.3 Generalisatie van de LKN-ecodistricten

Voor de ecodistricten is rekening gehouden met een minimale clustergrootte van 6 cellen (zie par. 3.2.3). In tegenstelling tot het ecoregio-niveau bestaan op de kaart van de ecodistricten vrij veel langwerpige, smalle kaartvlakken die ten onrechte bij generalisatie uit het kaartbeeld verdwijnen. Deze landschapseenheden kunnen door hun langgerekte vorm, mede door de cellenstructuur van de kaart, sneller een versnipperd beeld opleveren dan andere eenheden, ondanks het feit dat ze een aanzienlijk oppervlak kunnen beslaan. Hierbij gaat het om 'waardevolle' landschappen als kustduinen, beekdalen, smalle rivierdalen en uiterwaarden. Om deze eenheden toch in het kaartbeeld te handhaven zijn twee principes gevolgd:

- de generalisatie volgt een 'gelaagde procedure' waarbij eerst de langwerpige, smalle en waardevolle eenheden worden gegeneraliseerd en daarna de overige eenheden.
- clusters van 1 tot 6 cellen die tot dezelfde langgerekte eenheden behoren, en niet meer dan één cel verwijderd zijn van clusters van dezelfde eenheid mogen aan elkaar

gekoppeld worden door toewijzen van één van de tussenliggende cellen aan die eenheid. Voorwaarde daarbij is dat uit het LKN-databestand moet blijken dat in de tussenliggende cel de betreffende eenheid subdominant voorkomt.

De gelaagde procedure kan net als de minimale clustergrootte vrij gemakkelijk in de GRID-module van ARC-INFO vastgelegd worden. Het geautomatiseerd vullen van gaten tussen waardevolle clusters blijkt in theorie wel mogelijk te zijn, maar in de praktijk moeilijk te programmeren. Deze procedure is dan ook met de hand uitgevoerd.

3.4 De ecosecties

De ecosecties vormen het meest gedetailleerde niveau van het LKN-landschapsbestand. De ecosecties zijn bruikbaar op een schaal van 1 : 200 000 tot 1 : 500 000. Op dit niveau is veel biotische celinformatie relevant.

3.4.1 Werkwijze

Voor het ecosectieniveau kan geen gebruik gemaakt worden van bestaande indelingen. De ecosecties zijn om deze reden rechtstreeks uit de abiotische LKN-gegevens samengesteld. De voor LKN meest gedetailleerde landschappelijke eenheden (1 : 200 000) zijn geformeerd door km-cellen te groeperen (clusteren) op grond van hun abiotische overeenkomsten. De numerieke statistische technieken waarmee deze groepering tot stand wordt gebracht worden 'cluster'-technieken genoemd.

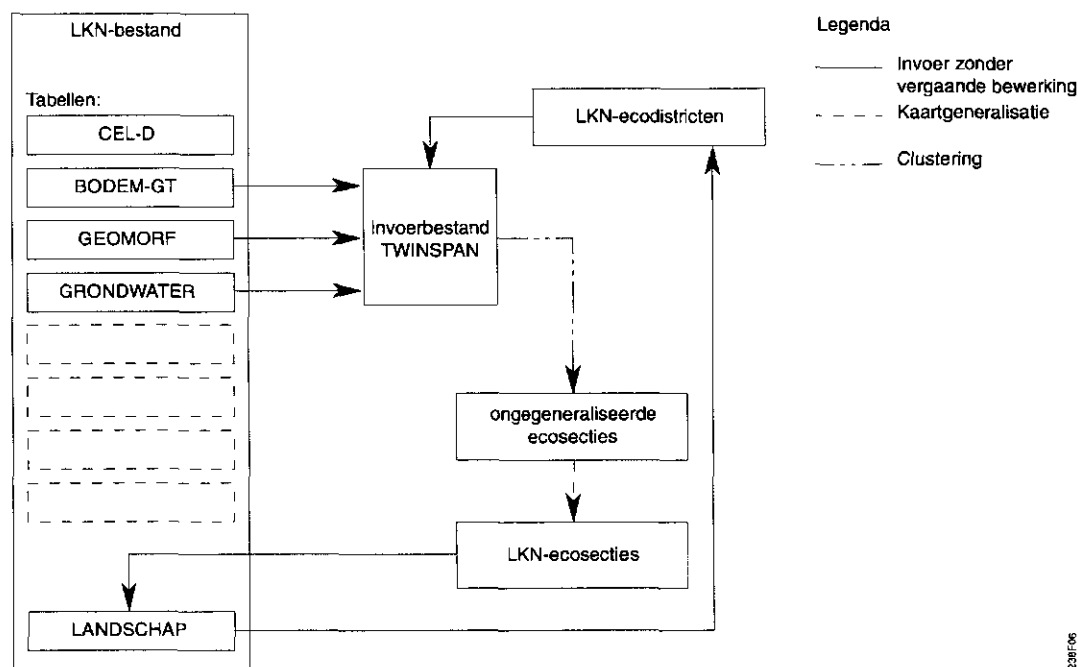


Fig. 9 Schematische weergave van de werkwijze bij het vaststellen van de ecosecties

Veel clustermethoden zijn zeer bewerkelijk omdat vooraf de verschillen en overeenkomsten tussen de gebruikte eenheden gekwantificeerd moeten worden. Om deze tijdsverslindende arbeid te vermijden is gezocht naar een clustermethode die veel minder voorbereiding behoeft. Bovendien is gezocht naar een methode waarmee veel ervaring opgedaan is in soortgelijke toepassingen. Ook moet de capaciteit voldoende groot zijn of voldoende groot gemaakt kunnen worden om de grote hoeveelheid, meestal kwalitatieve, LKN-gegevens te kunnen verwerken.

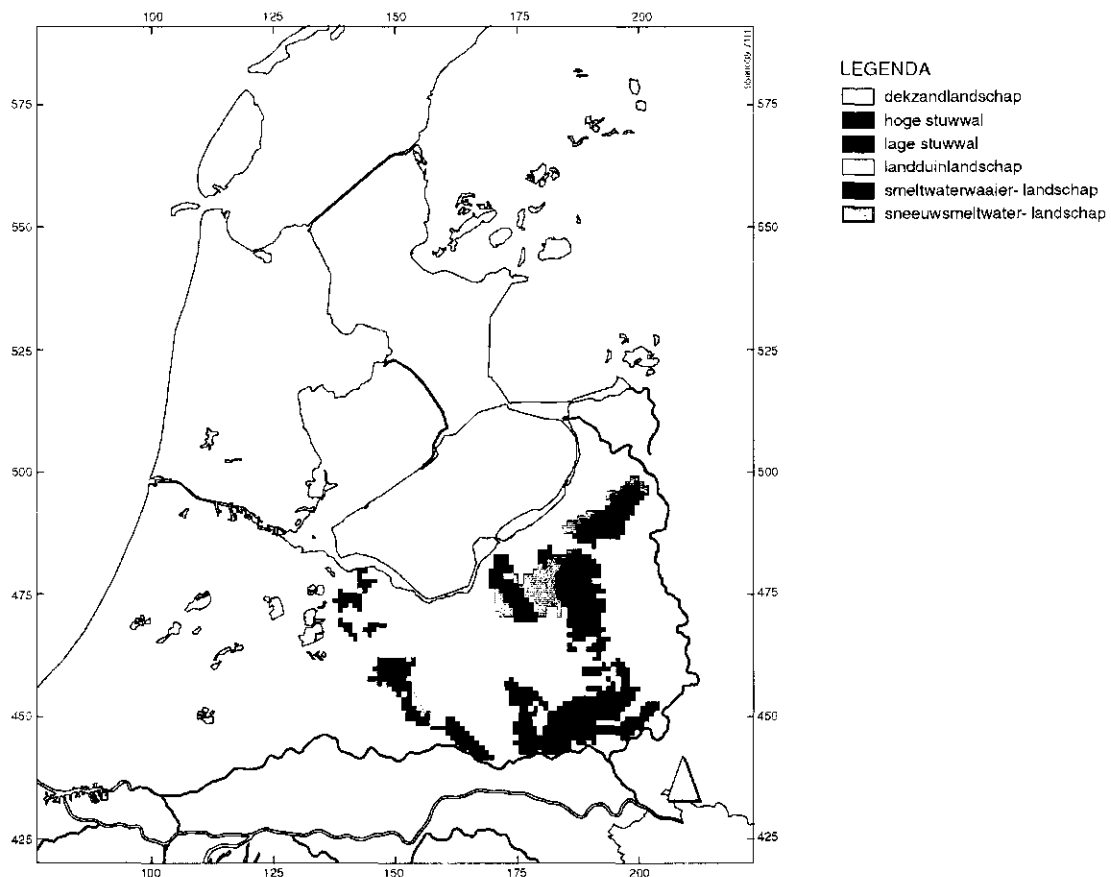
Het programma TWINSPAN (Hill, 1979) lijkt grotendeels tegemoet te komen aan deze eisen. Het programma vereist relatief weinig voorbereiding van de gegevens en kan relatief eenvoudig aangepast worden aan grote hoeveelheden gegevens. Bovendien is er vrij veel ervaring opgedaan met het gebruik van dit programma in landschaps- (ecologische) toepassingen (Bunce et al., 1983; Den Besten, 1990; Haines-Young 1991).

TWINSPAN (Two Way Indicator Species Analyses) maakt gebruik van op een ordinale schaal ingedeelde gegevens, resulterend in een hiërarchische indeling (Haines-Young, 1991).

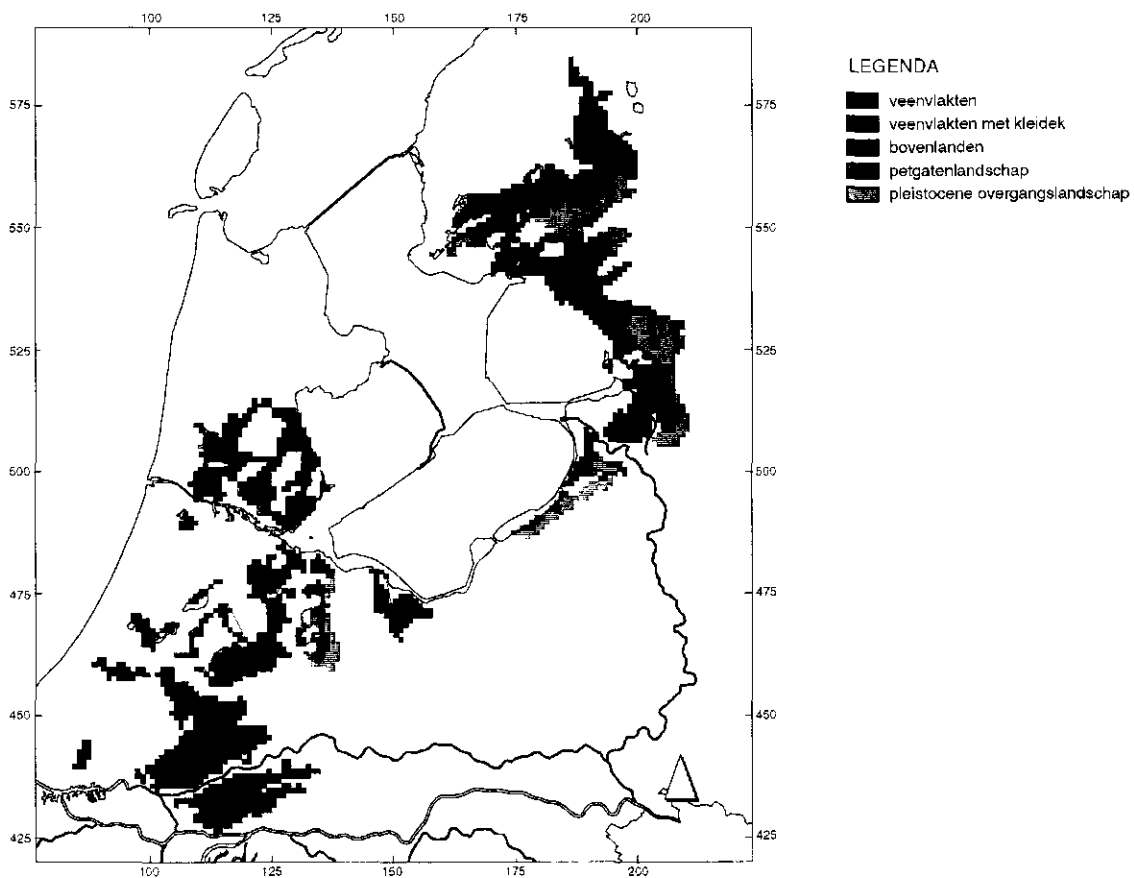
De clustering met TWINSPAN is, per district, gedaan met gegevens uit het bestand bodem, geomorfologie, grondwatertrappen en grondwaterrelaties. Voor elk district zijn niet-relevante kenmerken weggelaten om de bewerking te vergemakkelijken. De gegevens zijn slechts in beperkte mate gegeneraliseerd. Bij de clustering is gebruik gemaakt van de mogelijkheid om sommige factoren zwaarder te wegen dan andere. De factor geomorfologie en grondwaterrelaties zijn, omdat zij als sturende factor voor bodem en grondwatertrappen beschouwd zijn (Maas et al., 1995; Clerkx et al., 1994), geheel of gedeeltelijk op deze wijze opgewaardeerd. Het belangrijkste resultaat van de clustering is een matrix waarin de meest op elkaar lijkende cellen gegroepeerd zijn op de x-as en alle gebruikte kenmerken op de y-as. Al naar gelang hun grootte en ruimtelijke verspreiding zijn clusters uit de matrix samengevoegd. Na generalisatie van het kaartbeeld, waarbij clusters kleiner dan 6 zijn weggegeneraliseerd, zijn de definitieve ecosecties ontstaan (zie par. 3.4).

3.4.2 De LKN-ecosecties

Na clustering en generalisatie zijn ongeveer 96 ecosecties gehandhaafd. Een deel van deze ecosecties heeft vergelijkbare tegenhangers in andere districten. Zo lijken de landduinlandschappen van het vereffeningsrestdistrict (o.a. 'het Kempisch Plateau'), de stuwwaldistricten en de oude rivierterrassen sterk op elkaar. Voor beekdallandschappen ligt dit genuanceerder. Aangezien de meeste beekdalen langgerekte vormen hebben is er binnen de tot deze ecosectie behorende cellen steeds een relatief groot oppervlak te verwachten van sterk van het beekdal zelf afwijkende grenszones. Deze grenszones verschillen naar gelang het moedermateriaal waarin de beek stroomt. Het moedermateriaal van het omliggende terrein bepaalt zelfs gedeeltelijk het karakter van de beek (Clerkx et al., 1994). Zo beschouwd zijn beekdalen in bijvoorbeeld het keileemgebied slechts gedeeltelijk vergelijkbaar met beekdalen in het laaggelegen dekzandlandschap.



Figuur 10: De ecosectie van het Midden- Nederlandsche stuwwalcomplex



Figuur 11: De ecosectie van het laagveendistrict

Weer ander ecosecties zijn in vorm en materiaal vergelijkbaar, maar verschillen sterk in grootte (bijvoorbeeld stuwwallandschappen). Bijlage I geeft een landelijk overzicht van groepen van min of meer aan elkaar verwante ecosecties.

Sommige districten zijn homogeen in geomorfologie en grondwaterrelaties. Binnen deze districten, waar bodem en grondwatertrappen wel sterk kunnen verschillen, is slechts een gering aantal ecosecties onderscheiden. De bodemverschillen en verschillen in grondwatertrappen komen namelijk pas tot uiting op een lager schaalniveau, dat van de ecoseries (zie Bolsius et al., 1994).

Figuur 10 en 11 geven een overzicht van de ecosecties van respectievelijk het Midden-nederlandse stuwwalcomplex en een deel van het Laagveendistrict. De ecosecties zijn voornamelijk ingedeeld naar geomorfologische karakteristieken.

Bodemvormingsprocessen (het al dan niet voorkomen en de aard van podzolen), geomorfologische processen (stuifzanden) en grondwaterhuishouding (o.a. droge tegenover vochtige standplaatsen) zijn belangrijke beschrijvende kenmerken. In het laagveendistrict zijn naast geomorfologische kenmerken basale bodemkenmerken van belang, waardoor een onderscheid ontstaat van ecosecties waarin het al dan niet voorkomen van kwel-, verdrogings- en veenvormingsprocessen een belangrijke rol speelt (tabel 5).

3.4.3 Generalisatie van de ecosecties

Het bleek voor de ecosecties niet haalbaar om net als bij de ecoregio's en -districten de procedure zoveel mogelijk automatisch uit te voeren (par. 3.2.3 en par. 3.3.3). Op ecosectieniveau bestaan vanwege de kleine kaartvlakken zoveel grensgevallen dat handmatige verwerking de enige oplossing bleek. Overigens gelden bij de handmatige bewerking dezelfde uitgangspunten voor de clustergrootte (par. 3.2.3) en het behoud van langgerekte waardevolle eenheden (par. 3.3.3), als bij de hogere niveaus. Bij de handmatige generalisatie van de ecosecties is veelvuldig het LKN-basisbestand geraadpleegd.

Tabel 5 Dominante onderscheidende factoren van de ecosecties

District	1e factor	2e factor	3e factor	4e factor
Krijtdistrict	schiervlakte, plateaus en terrassen, afbraakwanden met rivierdalvlakten	kalksteengr., vuursteen en groenzandgr., overig		
Lössdistrict	plateaus, afbraak-, lösswanden, beekdalen, rivierdalvlakten	wel/geen zandige löss		
Midden-Nederlandse stuwwalcomplex	hoge, lage stuwwallen, duinen, smeltwater-glooiingen, dekzand-, sneeuwsmeltwatervormen			
Geïsoleerde stuwwallen	hoge, lage stuwwallen en moreneruggen, smeltwatervormen			
Drents keileem-plateau	grondmorenevormen, beekdalen, dalvormige laagten, dekzandwelvingen, duinen, overige vlakten	leem- en zandgr. op leem, overige pleistocene gr., veengr.	wel/geen kwel	nat/droog
Pleistocene opduikingen	vlakten, ruggen, welvingen	pleistocene zandgronden, overig.		
Overige keileemgebieden	beekdalen, grondmorenewelvingen, plateaus, dekzandvormen			
Horsten	breukranden, horst- en vereffenings-restplateaus, dekzandwelvingen			
Oude rivierterrassen	terrassen, plateaus, dalvlakten, duinen	oude rivierkleigr., pleistocene zandgr.	wel/geen inzijging	wel/niet overstr.
Vereffeningsrest-district	beekdalen, landduinen, dekzandwelvingen, -vlakten, vereffeningsresten	gronden op leem, overig		
Lage dekzanddistrict	beekdalen, -vlakten, dekzandvlakten, -welvingen, -welvingen met dalen, duinen	wel/ geen kwel		
Puinwaaierdistr.	vlakten, glooiingen	inzijging, kwel		
Hoogveendistrict	veenrestvormen, -vlakten, beekdalen	oligotrofe veengr., veenkoloniale gr., overige veengr.	nat/overig	
Kleine rivierendistrict	rivierdalbodems, beekdalen, dekzandvlakten, duinen, beekdalen	beekvlakte-, meanderassociaties, veengr., overig	wel/geen kwel	
Kalkrijke duinen	strandvlakten, kustduinen, duinen met strandglooiingen	zeereep-associatie, zeezandgronden	wel/niet droog	
Kalkarme duinen	strandvlakten, kustduinen, duinen met strandglooiingen, zandplaten met duinen	zeereep-associatie, buitendijkse gr., overig	wel/niet overstr.	
Strandwallendistrict	strandvlakten en afgegraven strandwallen, strandwallen			
Rivierendistrict	vlakten, terrasvlakten, dalvlakten, oeverwallen, uiterwaarden, stroomruggen	rivierkleigronden, pleistocene zandgronden	vochtig/droog	
Jonge indijkingen	vlakten, vlakten met ruggen en welvingen			
Zeeklei-inversiedistrict	vlakten, vlakten met ruggen en welvingen	gemoerde zeekleigronden, overig		
Laagveendistrict	vlakten, bovenlanden, petgaten	veengronden met kleidek, overige veengr., pleistocene zandgr.		
Droogmakerijen	brakke, zoetwaterkwel	moerige kalkarme zeekleigronden, overige zeekleigr.		
Polderdistrict	zandgr., waddencomplex, zeekleigr.	nat/overig		
Getijdendistrict	zoetwatergetijde, gr., overig	wel/niet overstroomd		

4 Toepassingen

Het LKN-landschapsbestand is recent samengesteld en daarom in deze vorm nog niet toegepast. Alle in deze paragraaf genoemde voorbeelden hebben dan ook betrekking op mogelijke toepassingen. Als voorbeelden worden studies genoemd die in principe met behulp van de LKN-landschapsinformatie uitgevoerd hadden kunnen worden. Daarnaast is een wat uitgebreider voorbeeld van een toepassing opgenomen die in het kader van een stageproject met behulp van het LKN-landschapsbestand is uitgevoerd. Ook worden enkele studies genoemd waarbij het voornemen bestaat de LKN-informatie te gebruiken.

Er zijn zes toepassingen voor het landschapsbestand te onderscheiden; namelijk voor:

- ruimtelijke generalisatie (par. 4.1);
- bewerking van gegevens en onderzoeksresultaten door middel van stratificatie en extrapolatie (par. 4.2);
- bepaling informatiewaarde van het landschap (par. 4.3);
- analyses van kwetsbaarheid en kansrijkdom van landschappen en ecosystemen (par. 4.3);
- bestudering van landschapsveranderingen, bijvoorbeeld met behulp van meetnetten (par. 4.4);
- bestudering van chorologische relaties (4.5).

Veel van deze toepassingen komen gecombineerd voor. Aggregatie, stratificatie en extrapolatie zijn in de praktijk veelal gekoppeld. Een ander voorbeeld is dat voor een analyse van de kwetsbaarheid van een landschapseenheid of van de kansrijkdom voor ontwikkeling van een waardevol ecosysteem, of een 'natuurdoeltype', kennis over de (informatie-waarde) van het landschap nodig is. De meeste toepassingen van de landschapsindelingen zijn te vinden op het terrein van het milieubeheer en het natuur- en landschapsbeheer.

4.1 Ruimtelijke generalisatie

Bij ruimtelijke generalisatie worden de resultaten van analyses voor afzonderlijke cellen gegeneraliseerd naar grotere eenheden. Hierbij staat herkenbaarheid van eenheden voor beleidsmakers voorop. De landschapsindeling biedt in die gevallen ecologisch relevante gegeneraliseerde eenheden. Ze voorziet hiermee op de eerste plaats in de behoefte van landelijke en regionale beleids- en plannenmakers aan relevante en werkbare geaggregeerde eenheden (regionalisatie).

Een voorbeeld van een toepassing van landschapsgegevens is de gevoeligheidsbepaling van milieubeheergebieden op basis van ecodistricten (Latour et al., 1990). Hiermee kunnen op een voor landelijk beleid geschikt schaalniveau, simultaan en in samenhang diverse milieuaspecten geanalyseerd worden. In deze studie is de gevoeligheid van ecodistricten voor verzuring, vermesting, verontreiniging en verdroging bepaald. Hierbij

is ook gebruik gemaakt van, ten opzichte van de LKN-schaal (1 : 200 000), meer gedetailleerde gegevens.

4.2 Basis voor stratificatie en extrapolatie

Bij bewerking van ruimtelijke onderzoeksresultaten of gegevens uit meetnetten maakt men vaak gebruik van stratificatie en extrapolatie. Bij stratificatie voor het opzetten van meetnetten tracht men de meetpunten zo te spreiden dat in elk relevant gebiedstype op een zo verantwoord mogelijke manier, met zo weinig mogelijk meetpunten gegevens verzameld kunnen worden. Met stratificatie heeft men minder meetpunten nodig dan met een zuivere 'at random'-benadering, hetgeen een aanzienlijke besparing in tijd, arbeid en geld oplevert. Ecologische landschapsindelingen zijn bij uitstek geschikt voor stratificatie van ecologische meetnetten. Resultaten van de gestratificeerde meetnetten kunnen door extrapolatie weer omgezet worden in vlakmatige, ruimtelijke informatie.

In veel gevallen zijn gegevens niet voor geheel Nederland aanwezig of beschikt men alleen over puntinformatie. Om met deze gebrekkige (in de zin van niet volledig of niet vlakdekkend) gegevens toch vlakdekkende uitspraken of uitspraken voor andere niet-geïnterpreteerde gebieden te doen kan extrapolatie aan de hand van een landschapsindeling worden uitgevoerd.

Voor de herziening van de grondwatertrappen van de 1 : 50 000 bodemkaart wordt gebruik gemaakt van een stratificatie met behulp van op voornamelijk ecohydrologische gegevens gebaseerde regio's (Finke et al., 1995). Per regio worden de daarbij behorende beslisregels toegepast op oude puntgegevens. Het resultaat is een betrouwbare vlakdekkende herziening van oude grondwaterstandsgegevens zonder elk vlak of waarnemingspunt weer opnieuw te bemonsteren.

Een voorbeeld van extrapolatie op basis van een landschapsindeling wordt gevormd door de studie 'Gebiedsvreemd water in Nederland' (Duel et al., 1989). In deze studie zijn analyses uitgevoerd van onder meer de ecologische problematiek rond de aanvoer van gebiedsvreemd water en de oplossingen die voor deze problematiek mogelijk zijn, in vijf geselecteerde gebieden. Daarbij is gekeken op welke manieren de aanvoer van gebiedsvreemd water verminderd kan worden en is er o.a. gekeken naar de inpasbaarheid van de gebruiksfuncties van het water in het landschap. De resultaten van deze analyse van de vijf gebieden zijn geëxtrapoleerd naar andere delen van Nederland op basis van een indeling in ecodistricten (Klijn, 1990). Gesteld wordt dat ruimtelijke zonering perspectieven biedt voor een duurzame oplossing van de problematiek rond gebiedsvreemd water.

Nog een voorbeeld van deze toepassing is het onlangs gestarte project 'Moeraslandschappen in Gelderland: plantengemeenschappen en hun ruimtelijke ordening'. Voor dit project wordt LKN-informatie, waaronder ook de landschapsinformatie, gebruikt om de verspreidingspatronen van plantengemeenschappen (Schaminée et al., concept) en moeraslandschappen vanuit puntinformatie te extrapoleren naar km-cellen. Hierbij wil men de correlatie tussen specifieke combinaties van plantengemeenschappen en

andere geografische informatie als bodem, geomorfologie, bodemgebruik en landschap vaststellen. Ook wordt nagegaan in hoeverre de afzonderlijk plantengemeenschappen indicatief zijn voor de landschapstypen waarin ze voorkomen (Schaminée et al., concept). Met behulp van de correlatie tussen plantengemeenschappen en landschapstypen kan geëxtrapoleerd worden naar niet-geïnterpreteerde gebieden.

4.3 Informatiewaarde en bepaling van kwetsbaarheid en kansrijkdom

Informatiewaarde

Bij de bepaling van de informatiewaarde van landschap worden termen gebruikt als natuurwaarde, landschapswaarde of milieukwaliteit. Een dergelijke bepaling met als eindresultaat een waardering staat beschreven in de publikatie 'De milieukwaliteit van ecodistricten' (Latour et al., 1990). Hier wordt de milieukwaliteit op het aggregatieniveau van ecodistricten bepaald met behulp van gekwantificeerde kwaliteitsparameters als onder meer plantengroepen, diergroepen, bodem, grondwaterstand, oppervlaktewater, nutriënten en toxische stoffen. Deze kwaliteitsparameters worden gerelateerd aan streefbeeld en met bijbehorende streefwaarden voor diverse gebruiksfuncties en de natuurfunctie.

Een ander voorbeeld van een dergelijke toepassing is een project waar aardwetenschappelijke landschapselementen of -vormen, de zgn. GEA-objecten (Gonggrijp, 1989) met behulp van een landschapsindeling in een landschappelijk kader geplaatst zijn, waardoor men een uitspraak kan doen in hoeverre het GEA-object de voor het landschap kenmerkende elementen omvat. Dit hebben Maas en Wolfert (in voorbereiding) gedaan voor de zuidwesthoek van Nederland. De kenmerkendheid van de geomorfologische elementen is vastgesteld op grond van de mate waarin deze eenheden in andere districten voorkomen. Op vergelijkbare wijze kan men de informatiewaarde van het landschap, ook op ecosectieniveau bepalen aan de hand van cultuurhistorische elementen, vegetatie en fijschaliger landschapselementen (bijv. uit het LKN-bestand IPI-ECOTOPEN).

Kwetsbaarheid en kansrijkdom

De combinatie van een natuurwaarde- of informatiewaardebepaling met een gevoeligheidsanalyse wordt ook toegepast. Resultaat van zo'n combinatie is een kwetsbaarheidskaart. In een studie van Runhaar en Groen (1993) wordt de mogelijkheid beschreven om de resultaten van hun kwetsbaarheidsanalyse voor natuur en landschap in Zuid-Holland te aggregeren met behulp van de ecodistrictenindeling van Klijn (1989).

Ook bij de bepaling van de kansrijkdom van een bepaald natuur- of landschapsdoeltype wordt gebruik gemaakt van de informatiewaarde van het landschap. Met het definitieve LKN-bestand is de kansrijkdom beoordeeld (Salden en Kuivenhoven, niet gepubliceerd) voor het actuele en potentiële voorkomen van beekdalvegetaties. Hierin zijn abiotische landschapsfactoren als het voorkomen van kwel, hoge grondwaterstanden en ecoseries betrokken bij de analyse. Deze abiotische factoren geven een goed inzicht in de potentie van het beekdalsysteem. Verder is er gekeken naar het voorkomen van voor het beekdal typische vegetatietypen als schraalgraslanden, moerassen, oevers, broekbossen en bronbossen. Vergelijking van de biotische (IPI's) met de abiotische status van de

beekdalen geeft een goed inzicht in de relatie tussen actuele en potentiële natuur- en landschapswaarden (fig. 12). Uit figuur 11 blijken er grote verschillen te zijn tussen potentie van beekdalen op grond van de bij de beek horende abiotische factoren (ecoseries) en het actuele voorkomen van natuurlijke en halfnatuurlijke beekdalvegetaties. Het verschil tussen het potentiële en actuele voorkomen van vegetaties geeft aan in hoeverre er beekdalvegetaties ontwikkeld kunnen worden. In de meeste gevallen is de potentie veel groter dan de actuele waarde (een in vergelijking met de potentiële waarde grotere actuele waarde wordt veroorzaakt door interpretatie- en schaalverschillen in het bronnenmateriaal of verschillen in opnamejaar). Figuur 12 geeft een overzicht van de op deze wijze geanalyseerde Drentse beekdalen. Dit soort informatie lijkt bruikbaar om te bepalen in welke beekdalen ontwikkeling van een min of meer natuurlijk beekstelsel het meest kansrijk is. Uit dit kaartje blijkt bijvoorbeeld in het dal van de Reest (J) zowel de actuele als de potentiële waarde hoog. In de dalen van het Groote Diep (A), de Drentsche Aa (C) en de Wester Stroom (F) en het Voorstediëp (E) blijkt de actuele waarde nog achter te blijven bij de potentie, maar is de kansrijkdom voor verdere ontwikkeling van typische beekdalecosystemen groot. In de dalen met geringe actuele waarde en geringe potentie is deze kansrijkdom volgens deze analyse laag (Oude Diep; K). Op deze wijze is ook getracht mogelijke verschillen in actuele en potentiële waarde tussen de Brabantse beekdalen en de Drentse of Limburgse beekdalen te bepalen, waarbij de diverse IPI's naar gelang zij karakteristieker geacht werden voor het beekstelsel ook zwaarder gewogen werden. Deze laatste exercitie bleek door gebrek aan voldoende gedetailleerde IPI-gegevens in LKN weinig verschillen op te leveren.

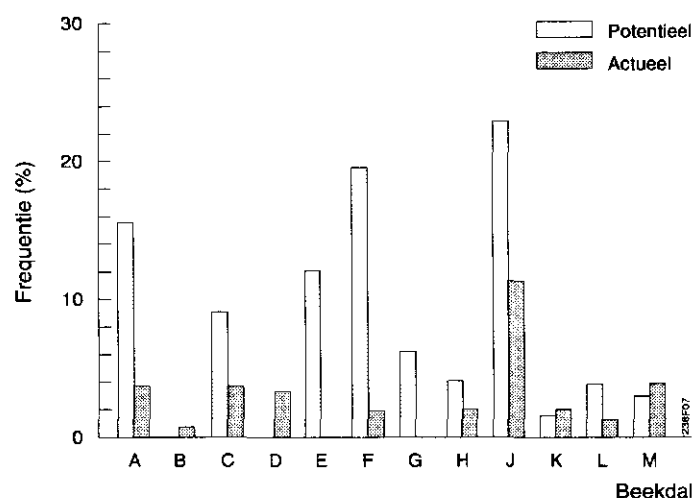


Fig. 12 Frequenties van beekdalecoseries (potentieel) en voorkomen van natuurlijke en halfnatuurlijke beekdalvegetaties (actueel) van de beekdalen van het Drents gedeelte van het keileemplateau. De betreffende beekdalen zijn op figuur 13 aangegeven.

Voor de beekdalen van het Drents keileemplateau kan naast de vegetatie ook het aantal voorkomende soorten amfibieën een indicatie geven van de actuele waarde. Een relatief hoge diversiteit aan amfibieën wordt hier geacht een kenmerkend element te zijn voor een ecologisch waardevol beekdal. Het resultaat is voor het gehele Drentse keileemplateau op figuur 14 aangegeven. Door soortgelijke analyses voor verschillende landschapselementen en kenmerken uit te voeren kan men een volledig beeld krijgen van de toestand waarin de verschillende beekdalen verkeren.

4.4 Verandering van het landschap

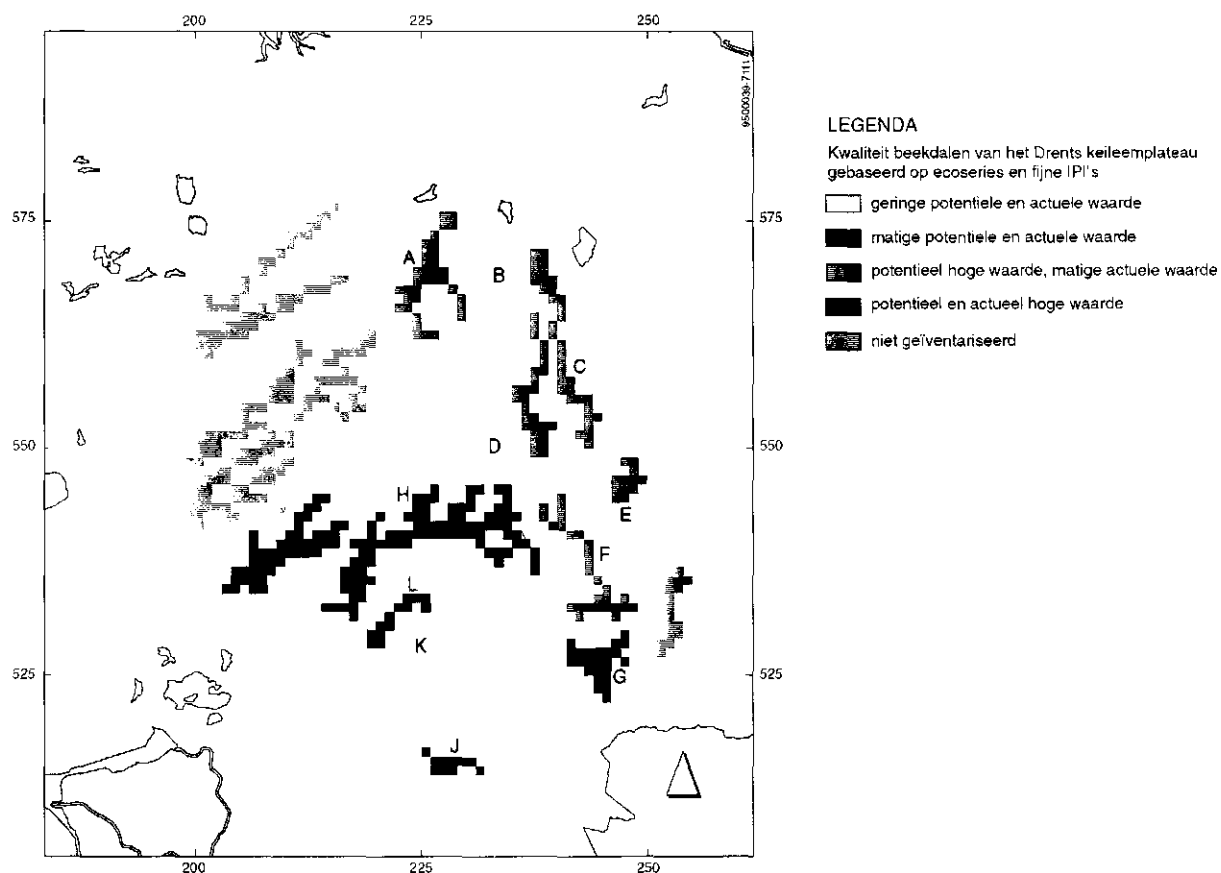
Bij beschrijving van veranderingen van natuur en landschap (bijvoorbeeld via monitoring) wordt de informatiewaarde van het landschap op verschillende momenten in de tijd met elkaar vergeleken. Er wordt zo een indruk verkregen van o.a. de mate en snelheid van veranderingen (nivellering of denivelleringen, degeneratie en herstel) van de landschapskenmerken en de landschappen zelf. Deze analyses zijn vooral nuttig als men de beschikking heeft over een referentie in de vorm van vrijwel ongestoorde en/of natuurlijke situaties.

Uit het verleden zijn toepassingen al eens op deze wijze uitgewerkt. Farjon et al. (1983) hebben voor een ruilverkavelingsgebied de landschapseenheden (op grondwaterinvloed en bodemgebruiksrelaties gebaseerde ecochoren) vergeleken op samenhangende veranderingen op basis van de ruimtelijke geleding van de vegetatietypen. De verschillen tussen de landschapseenheden voor de ruilverkaveling na de ruilverkaveling werden als maat gehanteerd voor de nivellering van het landschap.

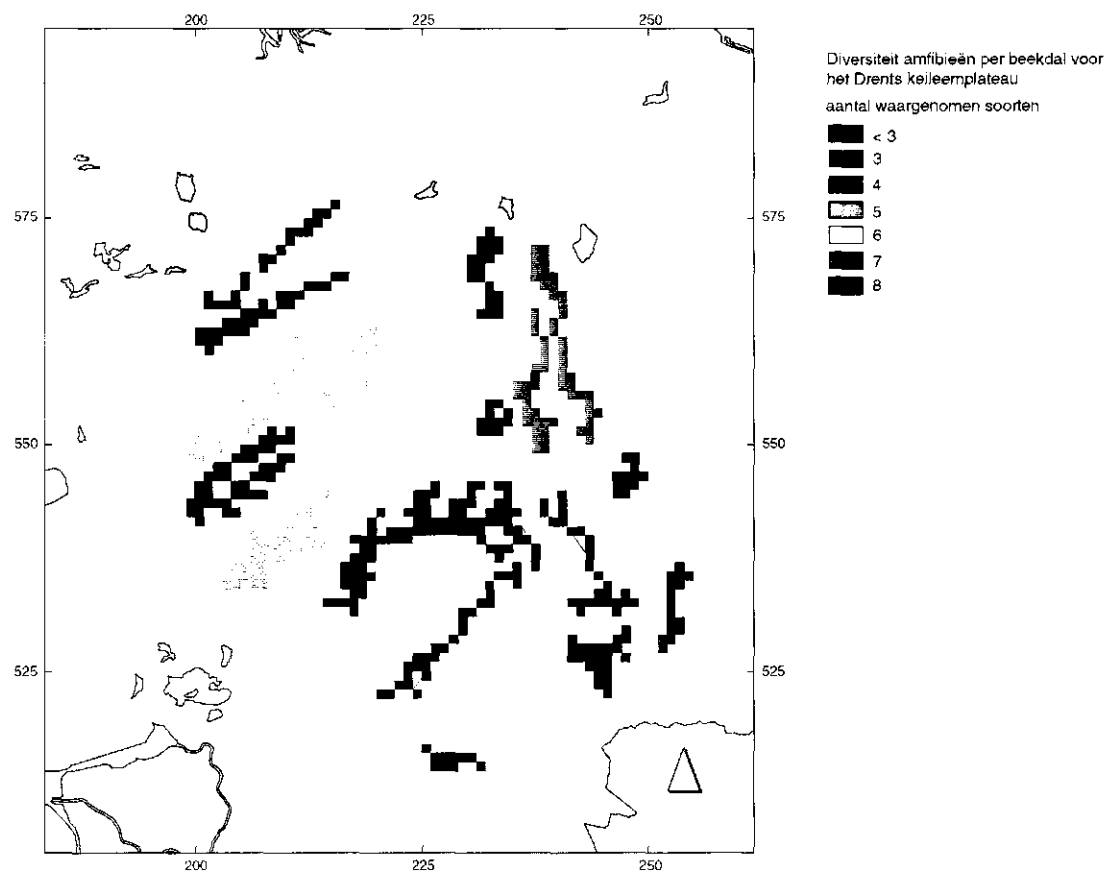
Andere voorbeelden van landschapsstudies waarbij veranderingen in het landschap op een dergelijke wijze via een gestratificeerde analyse hebben plaatsgevonden zijn terug te vinden in de dissertatie van Vos en Stortelder (1992).

4.5 Chorologische relaties

Voorbeelden van mogelijke chorologische toepassingen zijn nog niet uitgewerkt. In zekere zin maken veel van de hierboven genoemde voorbeelden impliciet gebruik van kennis over chorologische relaties in het landschap. Bij chorologische toepassingen van het landschapsbestand moet gedacht worden aan studies naar ruimtelijke relaties van de fauna in verband met migratie, voortplanting en fourageren. Ook onderzoek naar verbanden tussen kwel- en inzijsgebieden behoren tot de mogelijke toepassingen.



Figuur 13: Overzicht van de actuele waarde en potenties van de beekdalen op het Drents deel van het Drents keileemplateau wat betreft kenmerkende beekdalvegetaties



Figuur 14: Diversiteit aan amfibieën in beekdalen van het Drents keileemplateau

5 Discussie

Het is niet goed mogelijk om alle uitgangspunten (par. 1.2) te toetsen aan het uiteindelijke resultaat, te weten de landschapsindeling en de toepassing daarvan. In dit hoofdstuk wordt daarom in algemene termen ingegaan op enkele belangrijke discussiepunten, die verband houden met de keuzes die beschreven zijn in paragraaf 2.4, zoals de keuze van de te gebruiken gegevens en de werkwijze. Samen met de betrouwbaarheid vormen deze discussiepunten de basis voor de aanbeveling in paragraaf 5.3.

5.1 Doelstellingen, uitgangspunten en werkwijze

Algemeen

De opzet om te komen tot de vorming van op verschillende schaalniveaus gebaseerde ecologisch relevante landschapseenheden lijkt geslaagd.

Van de motieven voor een landschapsindeling (par. 1.2) worden, gezien de toepassingen uit hoofdstuk 4, de ruimtelijke generalisatie en bepaling van de informatiewaarde in voldoende mate door de landschapsindeling mogelijk gemaakt. De grensoverschrijdende (chorologische relaties) komen echter bij de toepassingsvoorbeelden nauwelijks of slechts indirect aan bod. Mogelijk bevat het LKN-bestand nog te weinig bruikbare informatie om chorologische verbanden te kunnen beschrijven. Zo lijkt de keuze voor gebruik van abiotische kenmerken bij de indeling een beperking te zijn voor de chorologische gebruiksmogelijkheden.

Gebruikte gegevens

Van de in paragraaf 2.4 genoemde uitgangspunten zijn de keuzen voor de te gebruiken basisgegevens en de te volgen werkwijze (automatische bewerking van een bestaande indeling) van grote invloed op het uiteindelijke resultaat.

Het gebruik van extra abiotische informatie over oppervlaktewaterrelaties en bepaalde landgebruiksvormen en landschapselementen (IPI's) zou voornamelijk voor het ecosectie-niveau tot andere resultaten kunnen leiden. Of dit ook tot een verbetering zal leiden is alleen na te gaan door voor één of meer proefgebieden de ecosectie procedure met een alternatief gegevensbestand uit te voeren. Voor het eco regio- en ecodistrictsniveau is in enkele proefgebieden extra abiotische informatie voor de discriminantanalyse gebruikt door aan de bodem, grondwater en geomorfologische gegevens informatie uit het IPI-bestand toe te voegen. Voor de proefgebieden bleek dit geen verbetering op te leveren. Overigens is een deel van deze alternatieve gegevens op dit moment nog niet landsdekkend beschikbaar (oppervlaktewaterrelaties) of erg heterogeen van karakter (IPI's).

Of de keuze voor gebruik van abiotische gegevens als indelingskenmerk de juiste is en er niet voor toevoeging van gegevens over vegetatiestructuur en -samenstelling gekozen moet worden is een belangrijk discussiepunt. Een praktisch argument tegen gebruik van deze biotische gegevens is dat zij nog niet volledig landsdekkend en/of

op een voldoende gedetailleerd schaalniveau in het bestand aanwezig zijn. Voor de in hoofdstuk 4 genoemde toepassingen is deze toevoeging niet noodzakelijk en waarschijnlijk zelfs beperkend. De indruk bestaat echter wel dat voor duidelijk chorologische toepassingen (migratie, fourageerbewegingen fauna) zo'n alternatieve indeling meer mogelijkheden biedt.

Werkwijze

Naast de keuze die men kan maken tussen een chorologische en topologische benadering (of combinatie hiervan) of het al dan niet hanteren van een hiërarchisch uitgangspunt, kunnen keuzes gemaakt worden op welke wijze men de landschapsindeling uitvoert. De belangrijkste vraag is of men de landschapsindeling kwalitatief, langs handmatige weg uit wil voeren of gebruik wil maken van meer statistische, kwantitatieve technieken. Sommigen zien achter deze vraag een fundamentele tegenstelling tussen een kwalitatieve en een kwantitatieve benadering (Omernik, 1994). Deze tegenstelling blijft veelal een theoretische. In de praktijk wordt zo'n keuze afgedwongen door de aard van de beschikbare gegevens. Als men alleen de beschikking heeft over gegevens in de vorm van niet-gedigitaliseerde kaarten zal de toepassing van statistiek en automatisering niet mogelijk zijn. Steeds meer basisgegevens zijn tegenwoordig, onder invloed van de groeiende mogelijkheden die de computer ons biedt, in digitale bestanden opgeslagen. Het LKN-bestand zelf is daar een goed voorbeeld van. In die gevallen wordt een keuze tussen handmatige en automatische uitvoering van de landschapsindeling relevant. De keuze voor een zo veel mogelijk geautomatiseerde benadering is overigens in de praktijk zeker niet synoniem met de keuze voor een kwantitatieve benadering: de in LKN opgeslagen informatie is zeker voor een deel kwalitatief van karakter. Hier geldt evenals voor de mogelijkheid van een combinatie van een chorologische en topologische benadering dat een keuze voor een combinatie van een kwalitatieve en kwantitatieve werkwijze zeker mogelijk is.

Door gebruik van de geautomatiseerde bewerkingen is het indelingsproces in meer overzichtelijke trajecten onderverdeeld, die afzonderlijk beter controleerbaar zijn dan bij de handmatige methode.

De hier gevolgde procedure is echter toch nog vrij complex en in zekere mate bewerkelijk (vooral de generalisatie). De discriminant-analyse blijkt, uitgaande van een bepaald gegevensbestand, een goed hulpmiddel bij het corrigeren van subjectieve inconsistenties in de landschapsindeling. In sommige gevallen is echter gebleken, dat (bijv. in de Heuvellandregio van Zuid-Limburg) door grote verschillen in de aard van de gebruikte gegevens (gebrek aan geologische informatie van de ondergrond en gebrekkige grondwatertrapinformatie) met behulp van de LKN-database geen goede analyse mogelijk was. Blijkbaar zijn de analyseresultaten sterk afhankelijk van de aard van de gebruikte gegevens. Het ecoregioniveau lijkt weinig te verschillen van de in de praktijk veel gehanteerde indeling van Klijn. De ecodistrictsindeling wijkt hier en daar sterk af van de uitgangsindeling. De verschillen op regio- en districtsniveau zijn op de volgende zaken terug te voeren:

- consequente indeling door gebruik van statistische methoden bij het LKN-bestand;
- verschillen in schaal van basisgegevens. Voor de LKN-indeling is voor de meeste factoren van meer gedetailleerde en soms meer recente bronnen gebruik gemaakt;
- bij de oorspronkelijke indeling zijn meer en andersoortige bronnen gebruikt.

In het LKN ontbreken bepaalde gegevens of zijn afgeleid van andere factoren. De gesignaleerde verschillen zijn mede door gebrek aan ervaring met de toepassing van de LKN-indeling niet om te zetten in een vergelijkend oordeel over de kwaliteit van beide indelingen. De gedeeltelijk langs geautomatiseerde weg tot stand gekomen LKN-indeling is in sterke mate beïnvloed door steekproefgrootte, stratificatie van de gegevens, selectie van de kenmerken en ruimtelijke generalisatie van het eindresultaat. Afgezien van de steekproefgrootte, die voor het ecoregio- en ecodistrictsniveau ruim voldoende was, vormen de andere drie factoren een subjectieve component in de overigens formele, geautomatiseerde methode.

Het ecosectieniveau is geheel nieuw en nog nauwelijks toegepast. Een oordeel over de ecologische relevantie van de eerste versie van deze indeling is daardoor moeilijk. De indeling van de ecosecties bleken in belangrijke mate beïnvloed te worden door arbitraire beslismomenten. Gedeeltelijk was dit inherent aan het karakter van de ingevoerde gegevens, de TWINSpan-bewerking zelf, en de daarop volgende ruimtelijke generalisatie.

Er moet nog een kanttekening geplaatst worden bij het gebruik van TWINSpan. In ecologisch onderzoek wordt bij gebruik van TWINSpan normaal uitgegaan van in een bepaalde inventarisatie-eenheid voorkomende plantesoorten (Den Besten, 1990; Vos en Stortelder, 1992; Clerkx et al., 1994; Ter Braak, 1987) of diersoorten (Kwak et al., 1988). Met het gebruik van abiotische factoren als uitgangspunt is echter minder ervaring. TWINSpan is echter in Groot Brittannië en Canada toegepast voor het vervaardigen van een landsdekkende landschapsindeling op grond van fysiografie, klimaat en geologie (Moss, 1985) of op luchtfoto herkenbare landschapselementen (Haines-Young, 1991). Bunce et al. (1983) gebruikten de voorloper van TWINSpan, Species Analyses voor het vaststellen van 'landclasses' in Cumbria (GB) met behulp van o.a. geologie en kleine landschapselementen (o.a. Bunce & Smith, 1978; Bunce et al., 1983). Hierbij zijn abiotische parameters (bodemeenheden, geomorfologische eenheden etc.) als soorten, cellen als monsterplekken, en oppervlakten als mate van voorkomen (abundantie) opgevat.

Duidelijk is wel dat de voor de ecosecties toegepaste clustering in belangrijke mate helpt bij het verkrijgen van structuur in een aanvankelijk onoverzichtelijke overvloed aan gegevens die in het LKN-bestand ter beschikking staan. Daarbij hebben wegen, zo bleek uit analyse van enkele proefgebieden, vrijwel nooit een beslissende invloed op de uitkomst.

In meer simpele bewoordingen kan de volgende conclusie getrokken worden: een geformaliseerde landschapsindeling op basis van statistische technieken is een goed hulpmiddel om op meer navolgbare en gemakkelijker wijze landschapseenheden te formuleren bij een grote hoeveelheid informatie. Aan de andere kant gaat het te ver te beweren dat een zoveel mogelijk geformaliseerde landschapsindeling resulteert in een volledig objectieve en navolgbare landschapsindeling (zie ook Klijn et al., 1995).

Een discussiepunt dat eigenlijk van toepassing is op het gehele LKN-bestand betreft de effecten van de keuze voor km-cellen bij de opslag en weergave van de gegevens. Vragen die bij het landschapsbestand naar voren komen, zijn:

- is een polygonenbestand betrouwbaarder (nauwkeuriger) dan een km-cellenbestand?
- wat zijn de verschillen in de uitkomsten tussen de combinatie van verschillende gegevens met een polygonen- of een cellenversie van het landschapsbestand (o.a. valt hier te denken aan de effecten bij het gebruik van overlaytechnieken).

Duidelijk is dat vergelijking van kleine ecologisch relevante fenomenen met km-hok-gegevens voor individuele km-cellen een hachelijke zaak kan zijn. Op landschapsniveau geldt dit bezwaar minder. Voor landschap geldt voornamelijk dat de omgrenzing van de landschapseenheden tussen de polygonenversie en de cellenversie verschilt, waarbij de vloeiende lijnen op een polygonenkaart op LKN-schaal waarschijnlijk vooral nauwkeurigheid suggereert. Een belangrijker verschil is dat op polygonenkaarten langgerekte, smalle vormen als beekdalen beter tot hun recht komen (zie ook par. 3.3.3).

5.2 Betrouwbaarheid en bruikbaarheid van de resultaten

Een foutenanalyse is (nog) niet toegepast op de uitkomsten van de landschapsanalyse. Problemen doen zich al voor bij de vraag wat fouten zijn in het landschapsbestand. Afwijkende cellen en eenheden zijn onverbrekkelijk verbonden met het inhoudelijk en ruimtelijk generaliseren van het basismateriaal. De beslismomenten waarbij subjectieve criteria hun intrede doen, zijn ondanks het gebruik van statistische methoden groot in aantal. De voornaamste zijn:

- de onnauwkeurigheden in de onderliggende basisbestanden;
- de generalisatie van de LKN-gegevens ten behoeve van de discriminantanalyse;
- de ruimtelijke generalisatie van ecoregio's en ecodistricten (het streven naar kaartvlakken van een minimale grootte);
- de selectie van gegevens ten behoeve van de TWINSPAN-procedure;
- de interpretatie van de TWINSPAN-uitkomsten inclusief de aan de factoren toegekende gewichten bij deze analyse;
- de ruimtelijke generalisatie van de ecosecties.

Een foutenanalyse zoals gebruikt voor de tabellen BODEM-GT en GEOMORF is niet aan te bevelen, omdat in deze analyses uitgegaan wordt van de individuele cel. De cellen moeten, wat de tabel LANDSCHAP betreft, bijna per definitie in verband met omliggende verwante cellen gezien worden. Een steekproefsgewijze gevoeligheidsanalyse van de landschapseenheden op hun consistentie van de indelingskenmerken lijkt waardevol maar is nog niet uitgevoerd.

5.3 Aanbevelingen

Het LKN-landschapsbestand is volgens bepaalde uitgangspunten en grotendeels door middel van statistische technieken tot stand gekomen. Zowel wat betreft de uitgangspunten als de uitvoering en de toepassing zijn er verschillende vragen en knelpunten naar voren gekomen. In het bijzonder bij het niveau van de ecosecties is dit het geval. Het is aan te bevelen om aan de volgende zaken aandacht te besteden:

- Een gevoeligheidsanalyse van de discriminantanalyse voor de aard en mate van generalisatie van de basisgegevens. Hierbij valt onder meer te denken aan toevoeging van kenmerken als oppervlaktewater of IPI-ecotopen;
- een gevoeligheidsanalyse van de ecosectiemethode (TWINSPAN) voor de aard en mate van generalisatie van de basisgegevens. Bij gebruik van meer gegevens dient de capaciteit van TWINSPAN opgevoerd te worden;
- een steekproefsgewijze foutenanalyse van de ecosecties op grond van indelingskenmerken (bijv. een overzicht van de frequenties van de belangrijkste indelingskenmerken). In dit kader lijkt een veldcontrole zeer nuttig;
- vergelijking van de LKN-ecosecties (cellenbestand) met een polygonenbestand van dezelfde ecosecties als onderdeel van een foutenanalyse;
- gemakkelijk uitvoerbare geautomatiseerde, ruimtelijke generalisatietechnieken.
- evaluatie van de bruikbaarheid van de ecosecties aan de hand van diverse toepassingen. Hieruit is bij een bepaalde toepassing al gebleken dat verfijning van de IPI's en aanvulling van de ecotoopinformatie in het LKN-bestand wenselijk is.
- koppeling aan niet-LKN-informatie zoals cultuurhistorische gegevens (bijv. Barends, 1992);
- uitbreiding van het bestand met chorologische informatie die bestudering van bijv. faunabewegingen mogelijk maakt.

Literatuur

Bakker, T.W.M., J.A. Klijn en F.J. Zadelhoff, 1981. *Nederlandse kustduinen; landschapsecologie*. Wageningen, PUDOC.

Barends, S., 1992. *Typologie op basis van historisch-geografische karakteristieken van het landschap*. Wageningen, SC-DLO. Rapport 141.

Baaijens, G.J., 1985. Over grenzen. *De levende natuur* 3.

Besten, J.J. den, 1990. *Het landschap op één kaart; enkele methoden van integratie-kartering en hun toepassing*. Wageningen, PUDOC. Reeks landschapstudies 9.

Bolsius, E.C.A., J.H.M. Eulderink (red.), C.L.G. Groen, W.B. Harms, A.K. Bregt, M. van der Linden, B.J. Looise, G.J. Maas, E.P. Querner, W.L.M. Tamis, R.W. de Waal, H.P. Wolfert, en M. van 't Zelfde, 1994. *Eén digitaal bestand voor de landschapsecologie van Nederland*. Den Haag, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. LKN-rapport nr.4.

Braak, C.J.F. ter, 1987. *CANOCO. A FORTRAN program for canonical community ordination by detrended canonical correspondence analyses, principal component analysis and redundancy analysis (version 2.1)*. Wageningen, TNO Institute of Applied Computer Science.

Bunce, R.G.H., C.J. Barr & H.A. Withaker, 1983. *A stratification system for ecological sampling. Ecological mapping from ground, air and space*. Cambridge, Fuller. 39-46.

Bunce, R.G.H. & R.H. Smith, 1978. *An ecological Survey of Cumbria*. Kendal, Cumbria County Council and Lake District Special Planning Board. Workingpaper no. 4.

Canters, K.J., C.P. den Herder, A.A. de Veer, P.W.M. Veelenturf en R.W. de Waal, 1989. *Landscape-ecological mapping of the Netherlands*. Den Haag, SPB Academic Publishing. Landscape Ecology 5.

Clerkx, A.P.P.M., K.W. van Dort, P.W.F.M. Hommel, A.H.F. Stortelder, J.G. Vrieling, R.W. de Waal en R.J.A.M. Wolf, 1994. *Broekbossen van Nederland*. Wageningen, IBN-DLO/SC-DLO. IBN-rapport 096.

Digby, P., N. Galwey & P. Lane, 1989. *Genstat 5. A second Course*. Oxford, Clarendon press.

Duel, H., J.L. Fiseler en F. Klijn, 1989. *Gebiedsvreemd water in Nederland: een verkenning van de problematiek van gebiedsvreemd water en de ruimtelijke oplossings-mogelijkheden*. Leiden, SCMO-TNO. CML-mededelingen 52.

- Farjon, J.M.J., W.B. Harms en I.L. Loopstra, 1983. *Gevolgen van ruilverkaveling voor het landschap. Deel 4. Landschapsecologische gevolgen van ruilverkaveling*. Wageningen, 'De Dorschkamp'. Rapport nr. 332.
- Finke, P.A., A.F. van Holst en D.J. Groot Obbink, 1995. *Methoden van Gt-actualisering schaal 1 : 50 000*. Een kwantitatieve vergelijking van kwaliteit en kosten. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 396.
- Gonggrijp, G.P., 1989. *Nederland in vorm. Aardkundige waarden van het Nederlandse landschap*. Den Haag, SDU. Achtergrondreeks Natuurbeleidsplan 5.
- Haase, G., 1989. *Medium scale landscape classification in the German Democratic Republic*. Landscape Ecology 3-1. Den Haag, SPB Academic Publishing.
- Haines-Young, R.H., 1991. *The use of remote-sensed satellite images for landscape classification in Wales*. Landscape Ecology 7. Den Haag, SPB. pp. 253-274.
- Hill, M.O., 1979. *TWINSPAN - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes*. Ecology and Systematics. New York, Ithaca, Cornell University.
- Klijn, F., 1988. *Milieubeheergebieden*. Indeling van Nederland in ecoregio's en ecodistricten. Leiden, CML. CML-mededelingen 37.
- Klijn, F., 1989. *Landschapsecologische Kartering Nederland: Grondwaterrelaties. Toelichting bij het databestand 'Grondwaterrelaties' van het LKN-project*. LKN-rapport 1. CML-Mededelingen 51/STIBOKA-rapport 2107. Wageningen.
- Klijn, F., A. ten Harmsel, C.L.G. Groen, 1992. *Ecoserie 2.0*. Naar een ecoserieclassificatie t.b.v. het ecohydrologisch voorspellingsmodel DEMNAT-2. Leiden, CML. CML-rapport nr. 85.
- Klijn, F. en H.A. Udo De Haes, 1990. *Hiërarchische ecosysteemclassificatie; voorstel voor een eenduidig begrippenkader*. Landschap 7 (4): 215-235.
- Klijn, F., R.W. de Waal en J.H. Oude Voshaar, 1995. *Ecoregions and Ecodistricts: Ecological Regionalizations for The Netherlands' Environmental Policy*. Environmental Management 9(6): 797-813.
- Klijn, J.A., 1995. *Hierarchical concepts in landscape ecology and its underlying disciplines (the unbearable lightness of a theory?)*. Wageningen, SC-DLO. Rapport 100.
- Kwak, R.G.H., C.A.F. Reynders en P.F.M. Opdam, 1988. *Broedvogeldistricten van Nederland: een ruimtelijke visie op de Nederlandse avifauna*. Reeks landschapsstudies 10. Wageningen, PUDOC.

Kwakernaak C., 1982. *Landscape Ecology of a Prealpine Area*. A contribution to the development of a unifying concept in landscape ecology, based on investigations in the La Berra-Schwarzsee area (Fribourg, Switzerland). Fysisch Geografisch Bodemkundig Laboratorium van de Universiteit, Amsterdam. Publikatie nr. 33.

Lane, P.W. & R.W. Payne, 1994. *An introduction course for GENSTAT*. Release 3. Rothamsted Lawes Agricultural Trust.

Lands Directorate Environment Canada. 1981. *Ecological Land Survey Guidelines for Environmental Impact Analysis*. Ecological Land Classification Series no.13.

Latour, J.B., C.L.G. Groen, M.I. Nip en F. Klijn, 1990. *De milieukwaliteit van ecodistricten. Deel 1: Ecologische normstelling en milieukwaliteitsbepaling*. RIVM-rapport 75190 1002/CML-mededelingen 62.

Linden, M.G.A.M. van der, C.L.G. Groen en van 't Zelfde, 1995. *Landschapsecologische Kartering van Nederland: vegetatie en landschapselementen. Toelichting bij de tabellen IPI-ECO en EKG van LKN-database*. LKN-rapport 10/ CML-rapport 108. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden.

Looise, B.J., 1995. *Het datamodel van het LKN-project*. Wageningen, LKN-rapport 8/SC-DLO-rapport 338.

Maarel van der, E. en P.L. Dauvellier, 1978. *Naar een Globaal Ecologisch Model voor de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland*. Den Haag, Staatsuitgeverij.

Maas, G.J., R.W. de Waal en H.P. Wolfert, 1995. *Landschapsecologische Kartering van Nederland: Geomorfologie. Toelichting bij het databestand 'GEOMORF' van het LKN-project*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. LKN-rapport 5/SC-DLO-rapport 335.

Moss, P., 1985. *An initial classification of 10 km squares in Great Britain from a land characteristic data bank*. Applied Geography 5: 131-150.

Omernik, J.M. 1994. *Ecoregions: A Spatial Framework for Environmental Management*. U.S. Environmental Protection Agency. Corvallis, Environmental Research Laboratory.

Piket J.J.C., J.T.R. Kalkhoven, A.A. de Veer en W.Vos, 1987. *Atlas van Nederland. Deel 16. Landschap*. Den Haag, Staatsuitgeverij.

Runhaar, J. en C.L.G. Groen, 1993. *Kwetsbaarheidskaarten Zuid-Holland. Voorstudie Natuur*. Leiden, CML. CML-rapport 95.

Schaminée, J., A.H.F. Stortelder, V. Westhoff, 1995. *De vegetatie van Nederland. Deel I. Inleiding tot de plantensociologie. Grondslagen, methoden en toepassingen*. Uppsala, Opuluspress.

Schoevers, P.J., 1982. *Landschapstaal. Een stelsel van basisbegrippen voor de landschapsecologie*. Wageningen, PUDOC. Reeks landschapsstudies.

Tamis, W.L.M en M. van 't Zelfde, 1995. *Landschapsecologische Kartering van Nederland: vogels, zoogdieren, amfibieën en reptielen. Toelichting bij de bestanden FAUNA-A en FAUNA-C van het LKN-database*. LKN-rapport 9/CML-rapport 99. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden.

Troll, C., 1966. *Landscape ecology*. Publ./ S4. ITC-UNESCO. Delft, Centre for Integrated Surveys.

Vink, A.P.A., 1975. *Land Use in Advancing Agriculture*. Berlin, Springer.

Vink, A.P.A., 1980. *Landschapsecologie en landgebruik*. Utrecht, Bohn, Scheltema en Holkema.

Visscher, H.A., 1972. *Het Nederlandse landschap. Een typologie t.b.v. het milieubeheer*. Utrecht, Het Spectrum.

Vos, W., A.H.F. Stortelder, 1992. *Vanishing Tuscan Landscapes*. Landscape ecology of a submediterranean-Montane landscape (Solano Bassin, Tuscany, Italy). Dissertatie Landbouwhogeschool Wageningen.

Waal, R.W. de, 1992. *Landschapsecologische Kartering van Nederland: Bodem en grondwatertrappen. Toelichting bij het databestand 'BODEMGT' van het LKN-project (fase III)*. LKN-rapport 2. SC-DLO-rapport 132 (inclusief aanvulling 1994). Wageningen, DLO-Staring Centrum.

Wiken, E.B., D.M. Welch, G.R. Ironside & D.G. Taylor, 1981. *The Northern Yukon: An ecological Land Survey*. Ecological Land Classification series no. 6.

Zonneveld, J.I.S., 1985. *Levend land: De geografie van het Nederlandse landschap*. Utrecht, Bohn, Scheltema en Holkema.

Zonneveld, I.S., 1990. *Scope and concepts of Landscape Ecology as an Emerging Science*. Uit: I.S. Zonneveld en R.T.T. Forman (eds.). *Changing Landscapes: An Ecological Perspective*. New York, Springer.

Niet-gepubliceerde bronnen

G. Maas en H. Wolfert, i.v. *Analyse GEA-objecten*.

Klijn, F. en M. van 't Zelfde, 1992. *Digitale bestand ecoregio's en ecodistricten*. Leiden, Centrum voor Milieukunde.

Salden, W. en P. Kuivenhoven, 1995. *Methode voor de bepaling van de waarde van de ecosectie 'beekdallandschap' van het ecodistrict 'Drents keileemplateau' aan de hand van fijne IPI's en ecoseries*. Wageningen, Staring Centrum/Landbouw Universiteit. Stageverslag.

Schaminée, J., et al., concept. *'Moeraslandschappen in Gelderland'*.

Sterling, E., 1991. *LKN-programmatuur. Nedmap 1.6. gebruikershandleiding*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne mededeling 173.

Aanhangsel I Decodeertabel landschap

1 Heuvellandregio

101 Krijtdistrict

- 101177 kalksteen-lössplateau
- 101187 schiervlakteplateau
- 101160 dalwandlandschap (afbraakwanden en dalbodem)
- 101106 lösswaaierlandschap

102 Lössdistrict

- 102157 versneden tertiair plateau
- 102107 lössplateau
- 102117 zandig lössplateau
- 102218 beekdallandschap
- 102100 plateaurandlandschap

2 Pleistocene zandgronden en hoogvenen

201 Middennederlands stuwwalcomplex

- 201134 hoge-stuwwallandschap
- 201133 lage-stuwwallandschap
- 201085 landduinlandschap
- 201196 smeltwaterwaaierlandschap
- 201206 sneeuwsmeeltwaterlandschap
- 201081 dekzandlandschap

202 Geïsoleerde stuwwallen

- 202134 hoge-stuwwallandschap
- 202133 lage-stuwal- en moreneruglandschap
- 202085 landduinlandschap
- 202196 smeltwaaierlandschap

203 Drents keileemplateau

- 203085 landduinlandschap
- 203082 grondmorene-dekzandlandschap
- 203122 grondmorenelandschap
- 203128 grondmorene-dallandschap
- 203218 beekdallandschap
- 203001 weinig overgangslandschap

204 Pleistocene opduikingen

- 204133 stuwwal- en moreneruglandschap
- 204082 dekzandlandschap
- 204001 vlakke-overgangslandschap

205 Overige keileemgebieden

- 205147 plateaulandschap
- 205082 dekzandlandschap
- 205122 morenelandschap
- 205218 beekdallandschap

206 Horstdistrict

- 206082 dekzandlandschap
- 206157 horstplateaulandschap
- 206150 breukrandlandschap

207 Oude rivierterrassen

- 207147 plateaulandschap
- 207085 landduinlandschap
- 207149 terrassenlandschap
- 207068 rivierdallandschap

208 Vereffeningsrestdistrict

- 208085 landduinlandschap
- 208082 dekzandwellingen
- 208088 dekzandwellingen met smalle beekdalen
- 208152 vereffeningsrestlandschap
- 208081 dekzandvlakten
- 208218 beekdallandschap

209 Lage dekzanddistrict

- 209085 landduinlandschap
- 209082 dekzandwellingen
- 209088 dekzandwellingen met smalle beekdalen
- 209081 dekzandvlakten
- 209211 beekvlaktelandschap
- 209218 beekdallandschap

210 Kleine rivierendistrict

- 210085 land- en rivierduinlandschap
- 210081 dekzandvlakten
- 210211 beekvlaktelandschap
- 210218 beekdallandschap
- 210061 rivierdalbodem

211 Puinwaaierdistrict

- 211206 sneeuwsmeltwaterglooiingen
- 211201 vlak sneeuwsmeltwaterlandschap

212 Hoogveendistrict

- 212002 hoogveenrestlandschap
- 212001 veenkoloniaal landschap
- 212008 veenstroomlandschap

3 Kustduinen

301 Kalkrijke duinen

- 301055 duinlandschap
- 301056 zeereeplandschap
- 301051 duinvallei- en strandvlaktelandschap

302 Kalkarme duinen

- 302055 duinlandschap
- 302056 zeereeplandschap
- 302051 duinvallei- en strandvlaktelandschap
- 302056 buitendijkse zandplaten met duinen

4 Holocene regio

401 Strandwallendistrict

- 401053 strandwallenlandschap
- 401051 strandvlaktelandschap

402 Rivierendistrict

- 402081 pleistocene overgangslandschap
- 402063 terrasvlaktelandschap
- 402063 oeverwallen- en stroomruggenlandschap
- 402061 komlandschap
- 402068 rivierdalbodem
- 402062 uiterwaardlandschap

403 Jonge indijkingen

- 403032 zeekleiwelvingen en -vlakten met ruggen
- 403031 zeekleivlakten

404 Zeeklei-inversielandschap

- 404002 gemoerde-zeekleilandschap
- 404032 zeekleiwelvingen en -vlakten met ruggen
- 404031 zeekleivlakten

405 Laagveendistrict

- 405081 pleistoceen overgangslandschap
- 405007 bovenlanden
- 405031 veenvlakten met kleidek
- 405001 veenvlakten
- 405002 petgatenlandschap

406 Droogmakerijen

- 406031 droogmakerijen met zoet kwelwater
- 406032 droogmakerijen met brakke kwel

407 Polderdistrict

- 407053 zandige opduikingen
- 407032 waddenpolderlandschap
- 407031 vlak polderlandschap
- 407231 moerassige polderlandschap

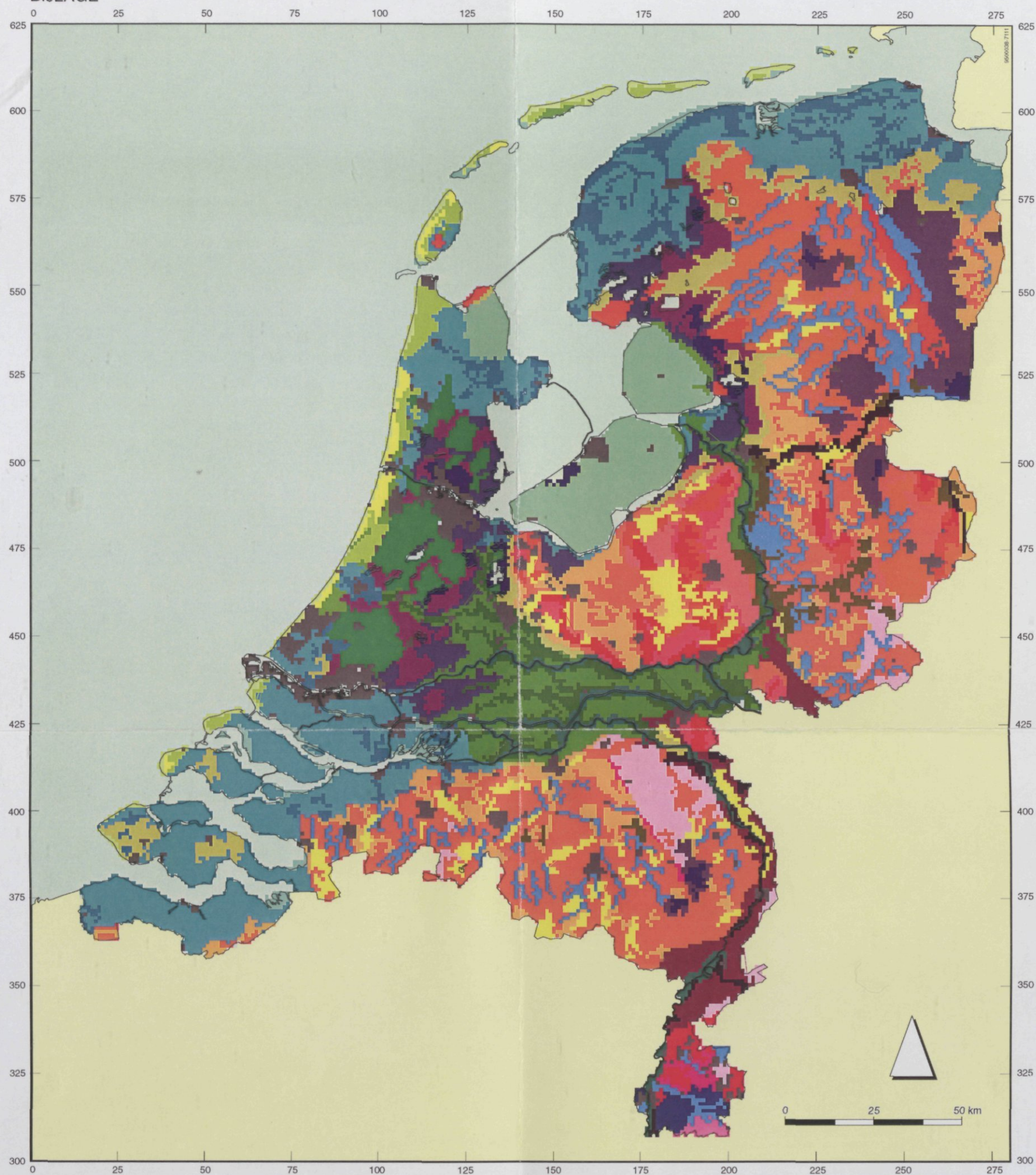
408 Getijdedistrict

- 408221 wadden- en schorrenlandschap
- 408051 voormalig wadden- en schorrenlandschap
- 408241 zoetwatergetijdeland

LANDSCHAP

gegeneraliseerde ecosecties

BIJLAGE



LEGENDA

- | | | |
|------------------------------------|---------------------------|---|
| Kalksteen-lössplateau | Laagveenvlakte | Buitendijks getijdeland |
| Schiervlakteplateau | Grondmorenelandschap | Strandwallandschap |
| Lössplateau | Overgangslandschap | Oeverwallandschap |
| Plateaurand- en breukrandlandschap | Overige plateau-landschap | Komlandschap |
| Beekdallandschap | Terraslandschap | Uiterwaard- en rivierdalbodemplandschap |
| Hoge stuwwallandschap | Rivierdallandschap | Zeekleiwelvingen |
| Lage stuwwallandschap | Vlakke dekzandlandschap | Zeekleivlakte |
| Duinlandschap | Beekvlaktelandschap | Droogmakerij |
| Reliëfrijke smeltwaterlandschap | Moeraslandschap | Polderlandschap |
| Vlakke smeltwaterlandschap | Veenkoloniaal landschap | Antropogeen |
| Reliëfrijke dekzandlandschap | Zeerepplandschap | Open water |
| Laagveenvlakte met kleidek | Strandvlaktelandschap | |