

32/446(168) 2e ex

**Grondgebruiksdatabank van Nederland vervaardigd met behulp
van Landsat Thematic Mapper opnamen**

**H. Thunnissen
R. Olthof
P. Getz
L. Vels**

BIBLIOTHEEK
STARRIGEBOUW

Rapport 168

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1992



04 AUG. 1992

16n 553278 ^A

REFERAAT

Thunnissen, H., R. Olthof, P. Getz en L. Vels, 1992. *Grondgebruiksdatabank van Nederland vervaardigd met behulp van Landsat Thematic Mapper opnamen*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 168. 225 blz; 5 fig; 3 platen; 50 tab; 5 aanh.

Voor toepassingen op het gebied van de waterhuishouding, de bodem- en grondwaterbescherming en de ruimtelijke ordening, is er een toenemende behoefte aan actuele informatie over het grondgebruik. In 1988 is begonnen met de vervaardiging van de 'Landelijke Grondgebruiksdatabank van Nederland' (LGN-databank) met satellietbeelden. De databank bestaat uit een raster met pixels van 25 bij 25 meter dat geheel Nederland bedekt. Er zijn 15 grondgebruiksklassen onderscheiden met de nadruk op het landbouwkundig grondgebruik. De LGN-databank is goed bruikbaar op nationale schaal. De toepasbaarheid op regionale schaal varieert afhankelijk van het grondgebruik, de gewasontwikkeling en het opnametijdstip van de satellietbeelden. De nauwkeurigheid van oppervlaktestatistieken in landbouwgebieden is hoog. Aan de hand van de belangrijkste classificatiefouten zijn aanbevelingen gedaan om de nauwkeurigheid en bruikbaarheid van (een actuele versie van) de databank te verbeteren.

Trefwoorden: remote sensing, satellietbeelden, grondgebruik

ISSN 0927-4499

Tevens verschenen als BCRS-rapport 91-32

©1992 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het 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).

Het 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 veeleelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het DLO-Staring Centrum.

Project 7179

INHOUD

	blz.
WOORD VOORAF	11
SAMENVATTING	13
1 INLEIDING	19
2 MATERIAAL EN METHODE	21
2.1 De LGN-klassen	21
2.2 Keuze en voorbereiding van de satellietbeelden	22
2.3 Referentiegegevens van het grondgebruik	24
2.3.1 Globale referentiegegevens voor een kwalitatieve validatie van de hoofdklassen en enkele subklassen	24
2.3.2 Gedetailleerde referentiegegevens voor de classificatie en de kwantitatieve validatie van de LGN-subklassen	25
2.3.3 Verwerking van de gedetailleerde referentiegegevens	27
2.4 Classificatie van het grondgebruik	28
2.4.1 Gebruikte spectrale banden	29
2.4.2 Stratificatie	30
2.4.3 Classificatiemethode	30
2.5 Postprocessing	32
2.5.1 Toepassing RIN-heidebestand	32
2.5.2 Interactieve correcties	33
2.5.3 Toepassing van een majority filter	34
2.6 Validatie	35
2.6.1 Kwalitatieve validatie van de hoofdklassen en enkele subklassen	35
2.6.2 Kwantitatieve pixelgewijze validatie van de LGN-subklassen voor de referentiegebieden	36
2.6.3 Validatie van de oppervlakten per referentiegebied	40
2.6.4 Validatie van de landbouwgewassen aan de hand van de landbouwstatistieken van de CBS-hoofdlandbouwgebieden	40
3 VALIDATIE EN BRUIKBAARHEID VAN HET LGN-BESTAND	43
3.1 De opbouw van het LGN-bestand	43
3.2 Classificatieresultaat LGN-hoofdklassen	44
3.3 Classificatieresultaten LGN-subklassen	49
3.3.1 Pixelgewijze validatie van de referentiegebieden	49
3.3.2 Validatie van de statistieken van de referentiegebieden	53
3.3.3 Validatie van de landbouwgewassen in het LGN-bestand aan de hand van de landbouwstatistieken van de CBS-hoofdlandbouwgebieden	53
3.4 Belangrijkste classificatiefouten	54
3.5 Samenvatting van de oorzaken van de classificatiefouten	61
3.6 Bruikbaarheid van het LGN-bestand	64
3.6.1 Algemeen	64
3.6.2 Bruikbaarheid van het originele LGN-bestand op regionale schaal in de CBS-hoofdlandbouwgebieden	67
3.6.2.1 Noordelijk Zeekleigebied	68

	blz.	
3.6.2.2	Hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders	69
3.6.2.3	Zuidwestelijk Zeekleigebied	72
3.6.2.4	Rivierkleigebied	74
3.6.2.5	Lössgebied	76
3.6.2.6	Noordelijk Weidegebied	76
3.6.2.7	Westelijk Weidegebied	78
3.6.2.8	Noordelijk Zandgebied	80
3.2.6.9	Oostelijk Zandgebied	83
3.6.2.10	Centraal Zandgebied	85
3.6.2.11	Zuidelijk Zandgebied	87
3.6.2.12	Veenkoloniën	89
3.2.6.13	Overig Noord-Holland	92
3.2.6.14	Overig Zuid-Holland	94
4	AANBEVELINGEN OM DE LGN-DATABANK TE VERBETEREN	97
4.1	Beeldverwerkingstechnieken om de kwaliteit van de LGN-databank te verbeteren	97
4.1.1	Multitemporele classificatie	97
4.1.2	Detaillering van de stratificatie	98
4.1.3	Visuele interpretatie van satellietbeelden en luchtfoto's	98
4.1.4	Toepassing van drempelwaarden bij de automatische classificatie	99
4.1.5	Unsupervised classificatiemethoden	100
4.1.6	Niet-parametrische classificatiemethode	100
4.1.7	Filter technieken	101
4.1.8	Gebruik van textuur in een automatische classificatiemethode	101
4.1.9	Radartechnieken	102
4.2	Gecombineerde toepassing van satellietbeelden met andere digitale geografische bestanden	102
4.2.1	BARS-bestand	102
4.2.2	Topografische kaart en kadastrale bestanden	103
4.2.3	CORINE-grondgebruiksbestand	104
5	TOEPASSING VAN DE GRONDGEBRUIKSDATABANK	105
5.1	Algemeen	105
5.2	Toepassing van de LGN-databank in bodem- en grondwaterbeschermingsstudies	106
6	KOSTEN/BATEN-ANALYSE	109
7	EVALUATIE VAN DE LGN-DATABANK	111
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	113
	LITERATUUR	115
	AANHANGSELS	
1	Samenstelling van de LGN-begeleidingsgroep	121
2	Validatie van de referentiegebieden	123

		blz.
3	Vergelijking van de LGN-databank met de landbouwstatistieken van het CBS voor de 14 CBS-hoofdlandbouwgebieden	177
4	Kosten/baten-analyse	183
5	Evaluatie van de LGN-databank	201

TABELLEN

1	Legenda LGN-databank	21
2	Golflengtebanden en de geometrische resolutie van de Thematic Mapper sensor in de Landsat satelliet	23
3	Opnamedata van de satellietbeelden die zijn gebruikt voor de classificatie van de verschillende referentiegebieden	27
4	Toegepaste validatiemethoden	35
5	De minimum, gemiddelde en maximum waarden van de classificatienauwkeurigheid van de subklassen in alle referentiegebieden (uitgezonderd Reuver)	50
6	De minimum, gemiddelde en maximum waarden van de classificatiebetrouwbaarheid van de subklassen in alle referentiegebieden (uitgezonderd Reuver)	51
7	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Betuwe, geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986	127
8	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Betuwe na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	128
9	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Biddinghuizen geclassificeerd met het satellietbeeld van 16 juni 1986	130
10	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Biddinghuizen na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 16 juni 1986)	131
11	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Biddinghuizen geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	133
12	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Biddinghuizen na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	134
13	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Borssele na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 5 juli 1987)	136
14	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Ens, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	138
15	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Ens na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	139
16	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Hupsel, geclassificeerd met het satellietbeeld van 12 augustus 1986	140

	blz.	
17	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Hupsel na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 12 augustus 1986)	141
18	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Mander, geclassificeerd met het satellietbeeld van 12 augustus 1986	143
19	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Mander na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 12 augustus 1986)	143
20	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Nieuw Buinen, geclassificeerd met het satellietbeeld van 14 juli 1987	145
21	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Nieuw Buinen na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 14 juli 1987)	146
22	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied noord west Brabant, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	147
23	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid van de aardappelen in het referentiegebied noord-west Brabant na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	147
24	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Oedenrode, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	149
25	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Oedenrode na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	150
26	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Oostereng, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	151
27	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Oostereng bos na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	152
28	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Ooijpolder, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	154
29	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Ooijpolder na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	155
30	Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Reuver geclassificeerd met het satellietbeeld van 14 juni 1988	157
31	Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Reuver (opnamedatum TM-beeld: 14 juni 1988)	157

	blz.
32 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Rozendaalse bos, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	159
33 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Rozendaalse bos na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	159
34 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Schoonoord, geclassificeerd met satellietbeelden van 16 juni en 13 september 1986	162
35 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Schoonoord na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedata TM-beelden: 16 juni en 13 september 1986)	162
36 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Schoonoord, geclassificeerd met het satellietbeeld van 13 september 1986	163
37 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Schoonoord na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 13 september 1986)	164
38 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Stevensbeek, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	166
39 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Stevensbeek na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	167
40 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Ulvenhout, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	169
41 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Ulvenhout na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	170
42 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Veenhuizen, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	172
43 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Veenhuizen na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	173
44 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Wierden, geclassificeerd met het satellietbeeld van 16 juni 1986	175
45 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Wierden na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 16 juni 1986)	175
46 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Wierden, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986	177

	blz.
47 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Wierden na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)	177
48 Marktcontacten en verkopen van LGN-informatie per categorie potentiële gebruikers	192
49 Kosten (in guldens) van een landgebruiksclassificatie op basis van satellietbeelden en veldwaarnemingen en de effecten van de combinatie van deze classificatie met gescande topografische kaarten op de kosten voor produkten op verschillende schaalniveaus	198
50 Kosten van de vervaardiging van voorbeeldprodukten met gebruik van informatie uit de topografische kaart	199

FIGUREN

1 De ligging van de referentiegebieden in Nederland	26
2 Stratificatie van Nederland ten behoeve van de grondgebruiksclassificatie	31
3 De gedigitaliseerde en verrasterde grondgebruiksgrenzen en de foutief geclassificeerde pixels na een pixelgewijze validatie van referentiegebied Biddinghuizen	39
4 De onderverdeling van Nederland in hoofdlandbouwgebieden	41
5 Schematische opzet van de toepassing van een regionaal model om de bodem- en grondwaterkwaliteit te voorspellen	106

PLATEN

1 Ligging en opnamedata van de satellietbeelden die zijn gebruikt voor de vervaardiging van het LGN-bestand	221
2 Het grondgebruiksbestand van Nederland	223
3 Het grondgebruiksbestand van kaartblad 44 West schaal 1 : 50 000	225

WOORD VOORAF

Het project Landelijke Grondgebruiksclassificatie van Nederland (LGN) is in de jaren 1988 t/m 1991 uitgevoerd door het DLO-Staring Centrum te Wageningen en DHV Consultants BV te Amersfoort. Het DLO-Staring Centrum was verantwoordelijk voor de classificatiemethodiek, de validatie, de rapportage en het projectmanagement. De classificatie van de satellietbeelden en de kosten/baten-analyse is uitgevoerd door DHV. De evaluatie is door DHV en het DLO-Staring Centrum gezamenlijk uitgevoerd.

Voor het project is een begeleidingsgroep samengesteld. Naast vertegenwoordigers van instellingen die de LGN-databank zouden gaan gebruiken, hadden vertegenwoordigers van het Programmabureau van de Beleids Commissie Remote Sensing (BCRS), DHV Consultants BV en het DLO-Staring Centrum zitting in de begeleidingsgroep. Tijdens de bijeenkomsten van deze groep zijn tussentijdse resultaten geëvalueerd en gebruikerswensen en toepassingen van de LGN-databank besproken. De samenstelling van de begeleidingsgroep is vermeld in aanhangsel 1.

Naast financiële bijdragen van verschillende gebruikers (de provincies Drenthe, Overijssel, Gelderland, Flevoland, Noord-Brabant, Limburg, Noord-Holland en Zeeland, het Ministerie van VROM, het Centraal Bureau voor de Statistiek, het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, de Rijks Planologische Dienst en Rijkswaterstaat), DHV-Consultants BV en het DLO-Staring Centrum werd subsidie verkregen in het kader van het Nationaal Remote Sensing Programma dat wordt gecoördineerd door de BCRS.

SAMENVATTING

Voor verschillende toepassingen, met name op het gebied van de waterhuishouding, de bodem- en grondwaterbescherming en de ruimtelijke ordening, is er een toenemende behoefte aan actuele informatie over het grondgebruik. Daarom is in 1988 begonnen met de vervaardiging van de 'Landelijke Grondgebruiksdatabank van Nederland' (LGN-databank) met satellietbeelden. Het project had tevens tot doel de mogelijkheden te onderzoeken om nauwkeurige informatie over het grondgebruik uit satellietbeelden af te leiden voor de verschillende fysiografische eenheden van Nederland.

Het LGN-project is in de jaren 1988 t/m 1991 uitgevoerd door het DLO-Staring Centrum te Wageningen en DHV Consultants BV te Amersfoort. Het DLO-Staring Centrum was verantwoordelijk voor de classificatiemethodiek, de validatie, de rapportage en het projectmanagement. DHV heeft de classificatie van de satellietbeelden en de kosten/baten-analyse uitgevoerd. DHV en het DLO-Staring Centrum hebben gezamenlijk de evaluatie uitgevoerd.

De LGN-databank is vervaardigd door automatische classificatie en aanvullende visuele interpretatie van satellietbeelden, opgenomen door de Thematic Mapper (TM) aan boord van de Amerikaanse satelliet Landsat. De gebruikte satellietbeelden zijn voornamelijk opgenomen in de zomer van 1986. Bovendien zijn voor enkele deelgebieden satellietbeelden uit de zomer van 1984, 1987 en 1988 gebruikt. De databank bestaat uit een raster met elementen of pixels van 25 bij 25 meter dat geheel Nederland bedekt. Voor iedere pixel is het grondgebruik bepaald. Er zijn 15 grondgebruiksklassen onderscheiden. De nadruk ligt op het landbouwkundig grondgebruik. Bovendien worden de klassen 'bebouwing en wegen' en 'water' en enige klassen binnen bos en (open) natuurgebied onderscheiden. Voorafgaande aan de grondgebruiksclassificatie is Nederland onderverdeeld in 52 strata. Dit zijn min of meer homogene gebieden wat betreft grondgebruik en bodemeenheid. De classificatie is voor ieder stratum afzonderlijk uitgevoerd. Indien gewenst kan een 3 x 3 majority filter op de LGN-databank worden toegepast. Hierdoor neemt de nauwkeurigheid van de grondgebruiksklassen over het algemeen toe.

Om de kwaliteit van het LGN-bestand vast te stellen is het bestand gevalideerd. Bij het vaststellen van het classificatieresultaat moet onderscheid worden gemaakt tussen de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van de het LGN-bestand. Omdat het met name bij een kwalitatieve validatie en bij de validatie van grondgebruiksoppervlakken in deelgebieden vaak moeilijk of onmogelijk is om dit onderscheid te maken, wordt in dit rapport voornamelijk gesproken over de classificatienauwkeurigheid. Over de classificatiebetrouwbaarheid wordt alleen gesproken wanneer deze expliciet aan de orde komt.

Het classificatieresultaat is vastgesteld door de grondgebruiksdatabank te vergelijken met referentiegegevens. Voor 18 zogenaamde referentiegebieden zijn gedetailleerde grondgebruiksgegevens verzameld door veldwerk en interpretatie van

luchtfoto's. Voor deze gebieden is, zowel op pixelniveau als op gebiedsniveau, een kwantitatieve validatie van de LGN-databank uitgevoerd. Omdat een pixelgewijze validatie tot gevolg kan hebben, dat pixels die samenvallen met een grens tussen verschillende grondgebruiksklassen, ten onrechte als foutief geclassificeerd worden beschouwd, is voor de grenspixels een aangepaste validatieprocedure ontwikkeld. Bovendien is de LGN-databank kwalitatief gevalideerd door de databank te vergelijken met topografische kaarten. Tenslotte is de LGN-databank voor de 14 door het CBS onderscheiden hoofdlandbouwgebieden vergeleken met de landbouwstatistieken van het CBS.

Uit de validatie blijkt dat de LGN-databank op het niveau van de hoofdklassen (landbouw, bos, open natuurgebied, water en bebouwing en wegen) op landelijke schaal gezien een hoge nauwkeurigheid heeft. Regionaal en lokaal kan echter een vrij grote verwarring tussen verschillende hoofdklassen voorkomen. Wanneer de oppervlakten in aanmerking worden genomen, betreffen de grootste problemen het voorkomen van als gras en kale grond geclassificeerde pixels binnen de hoofdklassen 'bebouwing en wegen' en 'open natuurgebied'. Deze pixels zijn in de LGN-databank niet te onderscheiden van cultuurgrasland en kale landbouwgrond.

De classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van de afzonderlijke subklassen in de LGN-databank variëren sterk over Nederland (van 0 tot 99%!). Deze variatie is het gevolg van spectrale verwarring tussen verschillende grondgebruiksklassen en de beperkte mogelijkheid om onderscheid te kunnen maken tussen bodembedekking (d.w.z. het materiaal dat de bodem bedekt, bijv. gras) en het functionele gebruik van de bodem (de bodembedekking gras kan bijv. worden gebruikt als cultuurgrasland, maar ook als golfterrein of stadspark). Afhankelijk van het grondgebruik, de gewasontwikkeling en de grootte en vorm van de grondgebruiksklassen in de verschillende strata en de opnamedatum en kwaliteit van de gebruikte satellietbeelden, spelen deze beide factoren een meer of minder grote rol. Hierdoor kan het classificatieresultaat per stratum variëren. Naast bovengenoemde factoren is het classificatieresultaat tevens afhankelijk van de toegepaste stratificatie, de keuze van de trainingsgebieden en de beschikbaarheid van voldoende betrouwbare referentiegegevens.

Om een totaalbeeld van de classificatienauwkeurigheid van de verschillende referentiegebieden te krijgen is behalve de classificatienauwkeurigheid van de afzonderlijke grondgebruiksklassen ook de zogenaamde 'geografische overall classificatienauwkeurigheid' per referentiegebied bepaald. Deze is berekend door het totaal aantal correct geclassificeerde pixels te delen door het totaal aantal pixels in het referentiegebied. De geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid varieert tussen 50 en 84% en bedraagt gemiddeld 67% (het referentiegebied Reuver is vanwege de beperkte bruikbaarheid van het satellietbeeld van 14 juni 1988 niet in de beschouwing betrokken). Toepassing van een 3 x 3 majority filter doet de gemiddelde geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van de referentiegebieden met 5% toenemen tot 72%. De maximale toename voor een afzonderlijk referentiegebied bedraagt 8%. Voor individuele klassen kan de verbetering nog aanzienlijk hoger zijn.

Voor een aantal toepassingen is de exacte ligging van de pixels niet van belang en is men slechts geïnteresseerd in de oppervlakten van de grondgebruiksklassen in verschillende deelgebieden (bijv. waterwingebieden of gebieden met een bepaalde bodemeenheid). Daarom zijn ook voor alle referentiegebieden de oppervlakten van de klassen in het LGN-bestand vergeleken met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen. Het resultaat is aangeduid als de 'niet geografische overall classificatienauwkeurigheid'. De niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid, die is berekend na toepassing van een 3 x 3 majority filter, varieert tussen 69 en 96% en bedraagt gemiddeld 88% (met uitzondering van het referentiegebied Reuver). De classificatienauwkeurigheid blijkt dus aanzienlijk toe te nemen, wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet meer in beschouwing wordt genomen. De toename varieert tussen 4 en 30% en bedraagt gemiddeld 16%.

Een directe vergelijking van het LGN-bestand met de CBS-landbouwstatistiek levert problemen op, omdat de wijze van verzamelen van de gegevens nogal verschilt. De oppervlaktes uit de CBS-landbouwstatistiek betreffen de beteelde oppervlaktes. Hierin zijn kavelpaden, sloten, houtwallen, singels, bedrijfsgebouwen, erven, tuinen, bermen e.d. niet betrokken. In de LGN-databank daarentegen is over het algemeen geen onderscheid gemaakt tussen de bodembedekking en het functionele gebruik van de bodem. Gras en kale grond in stedelijke gebieden en natuurgebieden (bijv. tuinen, sportterreinen, parken, bouwterreinen, natuurlijke graslanden), maar ook langs wegen en waterlopen, op dijken, e.d. zijn in de LGN-databank opgenomen in de klassen gras en kale grond. Hierdoor is voor alle hoofdlandbouwgebieden de totale oppervlakte uit de LGN-databank aanzienlijk groter dan die uit de CBS-landbouwstatistiek. Dit wordt vooral veroorzaakt door de oppervlakte grasland en in mindere mate de oppervlakte kale grond. Wanneer hiervoor zo goed mogelijk wordt gecorrigeerd, blijkt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid voor de meeste CBS-hoofdlandbouwgebieden hoger te zijn dan dan 70 à 80%. Dit bevestigt de voor de referentiegebieden gevonden resultaten.

De bruikbaarheid van het LGN-bestand is afhankelijk van de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de grondgebruiksgegevens, de aard van de toepassing en van de schaal waarop de gegevens worden gebruikt. Om de bruikbaarheid van het bestand vast te kunnen stellen moet bekend zijn, welke nauwkeurigheid en/of betrouwbaarheid vereist is voor een bepaalde toepassing. Hier is weinig over bekend. Ook tijdens de evaluatie van het LGN-project konden de gebruikers niet nader aangeven welke nauwkeurigheid gewenst is voor de verschillende toepassingen. In deze studie is er van uitgegaan dat, wil het LGN-bestand bruikbaar zijn, de 'overall' classificatienauwkeurigheid van de LGN-databank groter moet zijn dan 70 à 80 %. De classificatienauwkeurigheid van individuele klassen kan daar in principe (aanzienlijk) van afwijken. Meestal betreft dat dan echter grondgebruiksklassen met een relatief geringe oppervlakte.

Bij toepassing op **landelijke schaal** (1 : 100 000 en kleiner) is de LGN-databank zowel op het niveau van de hoofd- als op het niveau van de subklassen zonder beperkingen bruikbaar, met uitzondering van de delen van Limburg die zijn geclassificeerd met het satellietbeeld van 14 juni 1988. In deze gebieden is het

LGN-bestand alleen bruikbaar op het niveau van de hoofdklassen, met uitzondering van een gebied met sluibewolking ter grootte van enkele honderden hectare ten noorden van Sittard. In dat gebied is het LGN-bestand niet bruikbaar. Ook bij toepassingen op **regionale schaal** (1 : 50 000) is het bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als van de subklassen, in het grootste deel van Nederland bruikbaar, wanneer informatie is gewenst over de oppervlakteverdeling van het grondgebruik in deelgebieden die voornamelijk zijn gelegen in landbouw- en/of bosgebieden. Bij regionale toepassingen op het niveau van de afzonderlijke pixels varieert de bruikbaarheid van het LGN-bestand sterk over het land. In sommige landbouw- en open natuurgebieden en in de meeste bosgebieden is de databank zonder meer bruikbaar op pixelniveau, zowel voor de hoofdklassen als voor de subklassen. In andere landbouwgebieden en in de meeste bebouwde gebieden en open natuurgebieden is het LGN-bestand niet bruikbaar op pixelniveau of alleen voor een beperkt aantal klassen of na samenvoeging van bepaalde klassen. Per CBS-hoofdlandbouwgebied is globaal aangegeven waar het LGN-bestand in de vorm van oppervlaktestatistieken en/of op pixelniveau bruikbaar is op regionale schaal.

Voor regionale toepassing van het LGN-bestand in veel open natuurgebieden, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, dienen met name de klassen gras en kale grond in deze gebieden te worden gehercodeerd naar 'overig natuurgebied'. Binnen de referentieklassse 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar, indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd. Bij toepassingen in relatief kleine gebieden kunnen deze fouten over het algemeen gemakkelijk en snel interactief worden gecorrigeerd. Voor toepassing in grote gebieden zal het gebruik van een digitaal geografisch bestand met informatie over de ligging van stedelijk gebied en natuurgebieden de bruikbaarheid van het LGN-bestand aanzienlijk vergroten.

Het LGN-bestand is niet bruikbaar op lokale schaal.

Tijdens de validatie zijn de aard en de oorzaken van de belangrijkste classificatiefouten geïnventariseerd. Aanbevelingen zijn gedaan om de nauwkeurigheid van (een actuele versie van) de databank te verbeteren. Deze aanbevelingen kunnen worden onderverdeeld in technieken die direct betrekking hebben op de beeldverwerking, en methoden waarbij satellietbeelden gecombineerd met andere digitale geografische bestanden worden toegepast. Voor iedere aanbeveling om de kwaliteit van de databank te verbeteren is een kwalitatief oordeel gegeven over het te verwachten rendement.

DHV Consultants BV heeft een kosten/baten-analyse van de LGN-databank uitgevoerd. De analyse van de kosten en baten wordt sterk bemoeilijkt doordat er verschillende categorieën (potentiële) afnemers van het LGN-bestand zijn, die ieder verschillende eisen aan het bestand stellen, en doordat het LGN-bestand meestal niet in de plaats komt van bestaande gegevensbestanden en nieuwe toepassingen

mogelijk maakt. Door de laatste twee oorzaken bestaat er geen referentiekader voor de kosten en baten. Uit de analyse blijkt dat het op dit moment nog niet mogelijk is de LGN-databank op strikt commerciële basis te realiseren. Het grootste probleem is niet zo zeer de financiële draagkracht van de potentiële afnemers, maar veeleer de onbekendheid bij de gebruikers van de toepassingsmogelijkheden van het LGN-bestand. Het overtuigen van de betrokken organisaties blijkt in de praktijk echter tot enorme acquisitiekosten te leiden, die niet op redelijke termijn kunnen worden terugverdiend.

Gezien de tegenvallende resultaten van de acquisitieactiviteiten en omdat er nog geen sprake is van een commercieel produkt, was het gewenst om meer inzicht te hebben in de ervaringen van de gebruikers met de eerste versie van de databank, en in de belangstelling voor een actualisering van de databank. Hiertoe is op verzoek van de Beleids Commissie Remote Sensing door het DLO-Staring Centrum, DHV Consultants BV en de gebruikers een evaluatie van het LGN-project uitgevoerd. Hieruit konden de volgende conclusies worden getrokken:

- Over het algemeen wordt positief geoordeeld over de LGN-databank en de gebruiksmogelijkheden;
- Een hogere nauwkeurigheid en betrouwbaarheid is veelal gewenst. De vereiste nauwkeurigheid en betrouwbaarheid voor de verschillende toepassingen kon echter niet worden gekwantificeerd;
- De klasse glastuinbouw is dermate belangrijk dat deze niet mag ontbreken;
- Het is gewenst de LGN-databank te actualiseren. De gewenste frequentie voor actualisering varieert, maar de meest genoemde frequentie bedraagt één maal per 5 jaar.

1 INLEIDING

In 1988 is het project Landelijke Grondgebruiksclassificatie van Nederland (LGN) opgezet, met een tweeledig doel:

- de mogelijkheden te onderzoeken om nauwkeurige informatie over het grondgebruik uit satellietbeelden af te leiden voor de verschillende fysiografische eenheden van Nederland;
- een grondgebruiksdatabank van Nederland te vervaardigen met satellietbeelden.

Voor steeds meer toepassingen o.a. op het gebied van de waterhuishouding, de bodem- en grondwaterbescherming en de ruimtelijke ordening is er behoefte aan actuele informatie over het grondgebruik. Om deze informatie te verkrijgen zijn topografische kaarten over het algemeen minder geschikt, aangezien deze kaarten vaak niet recent zijn vervaardigd en bovendien slechts een beperkt aantal onderscheidingen in grondgebruik aangeven. In het kader van de landbouwtellingen worden door het Centraal Bureau voor de Statistiek zeer gedetailleerde gegevens over het landbouwkundig grondgebruik verzameld. Deze gegevens worden echter slechts gepubliceerd in de vorm van oppervlaktes per deelgebied waarvan de grenzen vastliggen, bijv. provincies of gemeenten. Het is niet mogelijk om uit de CBS-landbouwstatistieken informatie te verkrijgen over de verdeling van het grondgebruik in een willekeurig deelgebied, zoals een stroomgebied of een waterwingebied. Bovendien is uit de landbouwstatistieken de exacte ligging van het grondgebruik niet af te leiden, hoewel dat voor veel toepassingen wel gewenst is. Tenslotte is het mogelijk informatie over het grondgebruik te verzamelen in het veld. Deze methode is echter tijdrovend en duur en daardoor alleen uitvoerbaar voor relatief kleine gebieden.

Een mogelijke oplossing om actuele grondgebruiksgegevens te verkrijgen wordt geboden door de toepassing van remote sensing opnamen. Op geschikte tijdstippen opgenomen remote sensing opnamen kunnen redelijk nauwkeurige informatie over het grondgebruik leveren (Thunnissen et al., i.p.). Daarom is in 1988 gestart met het LGN-project. Het project is in de jaren 1988 t/m 1991 uitgevoerd door het DLO-Staring Centrum te Wageningen en DHV Consultants BV te Amersfoort. Het DLO-Staring Centrum was verantwoordelijk voor de classificatiemethodiek, de validatie, de rapportage en het projectmanagement. De classificatie van de satellietbeelden en de kosten/baten-analyse is uitgevoerd door DHV. De evaluatie is door DHV en het DLO-Staring Centrum gezamenlijk uitgevoerd.

In hoofdstuk 2 worden het gebruikte materiaal en de toegepaste methodieken besproken. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de validatie besproken en wordt ingegaan op de bruikbaarheid van het LGN-bestand. In hoofdstuk 4 worden aanbevelingen gegeven voor een verbetering van de kwaliteit van het LGN-bestand. In hoofdstuk 5 komen de toepassingen van het LGN-bestand aan de orde en in hoofdstuk 6 worden de resultaten besproken van de door DHV Consultants BV uitgevoerde kosten/baten-analyse van de LGN-databank. In hoofdstuk 7, tenslotte, worden de resultaten gegeven van de evaluatie van het LGN-project. Het rapport

wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 8).

2 MATERIAAL EN METHODE

2.1 De LGN-klassen

Met satellietbeelden is een grondgebruiksclassificatie van Nederland gemaakt. De klasse-indeling van het bestand is opgesteld aan de hand van discussies met potentiële gebruikers van de grondgebruiksgegevens en ervaring met de interpretatie van satellietbeelden. De volgende klassen zijn in de databank opgenomen:

Tabel 1 Legenda LGN-databank

Hoofdklassen	Subklassen
Landbouw:	1 gras 2 maïs 3 granen 4 bieten 5 aardappelen 6 overige gewassen 7 kale grond 8 boomgaarden 10 bolgewassen (11 boomkwekerijen)
Bos:	13 loofbos 14 naaldbos
Open natuurgebied:	12 heide 15 overig natuurgebied
Water:	16 open water
Bebouwing en wegen:	17 bebouwing en wegen (9 glastuinbouw)

De classificatie vindt plaats op het niveau van de subklassen.

In principe is het gewenst onderscheid te maken tussen de bodembedekking (het materiaal dat de bodem bedekt, bijv. gras) en het bodemgebruik (gras kan bijv. worden gebruikt als cultuurgrasland, maar ook als golfterrein of stadspark). In het Nederlands is het gebruikelijk te spreken over bodem- of grondgebruiksklassen, ook al wordt de bodembedekking bedoelt. In dit rapport wordt steeds gesproken over grondgebruiksklassen. Wanneer het onderscheid tussen de bedekking en het gebruik van de bodem van belang is, zal dat duidelijk worden aangegeven.

Het is zinvol onderscheid te maken tussen referentieklassen en spectrale klassen. Referentiegegevens betreffen het 'werkelijke' grondgebruik. Deze gegevens kunnen zijn verkregen door veldwerk of luchtfoto-interpretatie of zijn afgeleid van topografische kaarten. Spectrale klassen zijn grondgebruiksklassen met unieke

reflectie-eigenschappen. Referentieklassen en spectrale klassen hoeven niet altijd met elkaar overeen te komen. Wanneer twee grondgebruiksklassen (bijv. bieten en maïs) spectraal niet van elkaar zijn te onderscheiden, dan vormen ze één spectrale klasse.

Speciale aandacht behoeven de referentieklassen 'bebouwing en wegen' en 'open natuurgebied'. De referentieklassse 'bebouwing en wegen' omvat behalve het werkelijk bebouwde en verharde oppervlak ook de bij bebouwing behorende sportterreinen, tuinen, erven, bermen, wegbepanting e.d. De referentieklassse 'open natuurgebied' omvat open natuurlijke gebieden met een grasachtige begroeiing, heide of kale grond. Binnen deze gebieden kunnen stukken met struikgewas en verspreide boomgroepen voorkomen. Deze beide referentieklassen kunnen meer spectrale klassen omvatten.

Vanwege de grote spectrale overlap tussen bebouwd gebied en kassen is besloten kassen in de hoofdklassse 'bebouwing en wegen' op te nemen. Aanvankelijk was ook een klasse boomkwekerijen in het bestand opgenomen. Deze klasse kan echter spectraal niet worden onderscheiden van kale grond, grasland of bos. Alleen in gebieden met concentraties van boomkwekerijen is deze klasse apart geclassificeerd en ondergebracht bij de klasse overige landbouwgewassen.

2.2 Keuze en voorbereiding van de satellietbeelden

Voor de grondgebruiksclassificatie komen twee satellieten in aanmerking. Zowel de beelden opgenomen door de Thematic Mapper (TM) aan boord van de Amerikaanse satelliet LANDSAT als door de Franse SPOT satelliet, hebben een ruimtelijke resolutie (resp. 30 en 20 m) die over het algemeen voldoende is om afzonderlijke landbouwpercelen in Nederland te kunnen onderscheiden. Vanwege de spectrale resolutie hebben TM-beelden echter een duidelijke voorkeur boven SPOT-beelden. De Thematic Mapper registreert, in tegenstelling tot SPOT, straling in het midden infrarode deel van het spectrum. De midden infrarode banden van de TM hebben de mogelijkheden om onderscheid te maken tussen verschillende grondgebruiksklassen aanzienlijk vergroot (Anuta et al., 1984; DeGloria, 1984; Townshend, 1984; Irons et al., 1985; Sheffield, 1985; Epema, 1987). In deze studie zijn daarom TM-beelden gebruikt.

De Thematic Mapper registreert electromagnetische straling in 7 golflengtebanden; drie in het zichtbare deel van het spectrum, een in het nabij infrarode deel, twee in het midden infrarode deel en een in het thermisch infrarode deel van het spectrum (tabel 2). In de banden 1 t/m 5 en 7 wordt door het aardoppervlak gereflecteerde zonnestraling waargenomen en in band 6 door het aardoppervlak uitgezonden warmtestraling. In ieder beeldelement of pixel wordt de gemiddelde stralingsintensiteit afkomstig van een bepaald grondoppervlak vastgelegd. Voor de banden 1 t/m 5 en 7 komen de pixels overeen met een grondoppervlak van 30 x 30 m. en voor band 6 met een grondoppervlak van 120 x 120 m.

Tabel 2 Golflengtebanden (μm) en de geometrische resolutie (m) van de Thematic Mapper sensor in de Landsat satelliet

Band	Golflengte (μm)	Resolutie (m)	Omschrijving
1	0,45- 0,52	30	zichtbaar licht
2	0,52- 0,60	30	idem
3	0,63- 0,69	30	idem
4	0,75- 0,90	30	nabij infrarood
5	1,55- 1,75	30	midden infrarood
6	10,40-12,50	120	thermisch infrarood
7	2,08- 2,35	30	midden infrarood

In band 6 wordt door het aardoppervlak uitgezonden warmtestraling geregistreerd. Deze band heeft een afwijkende geometrische resolutie

Hoewel het voor de hand ligt satellietbeelden te gebruiken van data waarop een optimaal onderscheid tussen verschillende klassen verwacht mag worden, wordt de keuze van satellietbeelden in de praktijk vaak bepaald door de beschikbare beelden. De gemiddelde kans om tenminste één wolkenvrije bedekking van heel Nederland in de zomer te krijgen is ca. 65% (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium, Amsterdam, persoonlijke mededeling). Er is naar gestreefd zoveel mogelijk beelden te selecteren die in de periode 1 juli - begin augustus zijn opgenomen. In deze periode bedekken de meeste gewassen de bodem volledig waardoor de vaak versturende effecten van de kale grond minimaal zijn. In plaat 1 zijn de ligging en de data van de gebruikte satellietbeelden aangegeven. Voor het grootste deel van Nederland zijn TM-beelden van 3 augustus 1986 gebruikt. Voor de gebieden die op deze datum bewolkt waren of buiten het beeld van 3 augustus 1986 vallen, zijn, voor zover mogelijk, aanvullende beelden uit juli of augustus 1986, 1987 of 1988 gebruikt. Voor enkele gebieden waren slechts beelden opgenomen in juni of september beschikbaar. Voor het uiterste zuid westelijke deel van de provincie Zeeland moest zelfs teruggerepen worden naar beelden uit augustus 1984(!). In 6 deelgebieden (5 strata) zijn beelden van twee data gebruikt. Voor een gebied van enkele km^2 in het zuid-westen van Maastricht was geen satellietbeeld beschikbaar.

De satellietbeelden zijn geometrisch gecorrigeerd zodat de ligging van de satellietbeelden overeen komt met die van de topografische kaart van Nederland (stereografische projectie; coördinaten volgens Rijksdriehoekmeting). Hiertoe zijn op het satellietbeeld en de topografische kaart (schaal 1 : 50 000) zogenaamde 'Ground Control Points' (GCP's) aangewezen. GCP's zijn punten die zowel op het satellietbeeld als op de topografische kaart duidelijk herkenbaar zijn (bijv. de kruising van wegen of kanalen) en waarvan de positie nauwkeurig kan worden bepaald. Deze GCP's moeten regelmatig verspreid over het beeld worden aangewezen. Aan de hand van de beeld- en de kaartcoördinaten zijn de coëfficiënten van transformatievergelijkingen bepaald. Met behulp van deze vergelijkingen, die het verband tussen de beeld- en kaartcoördinaten beschrijven, wordt de geometrische correctie van de satellietbeelden uitgevoerd. Door de originele kaartcoördinaten van de GCP's te vergelijken met de kaartcoördinaten van de GCP's na transformatie wordt een indruk verkregen van de nauwkeurigheid van de geometrische correctie. Het verschil tussen deze coördinaten kan worden

gekaracteriseerd door de zogenaamde 'Root Mean Square error' (RMS waarde; wortel van het kwadraat van de verschillen tussen de originele coördinaten en de coördinaten na transformatie).

Omdat de op de kaart gedefinieerde pixels nooit precies zullen samenvallen met de originele pixels in het satellietbeeld zal een beslissing moeten worden genomen over de pixelwaarden die moeten worden toegekend aan de nieuwe pixels. Hiervoor zijn verschillende methoden beschikbaar. In dit project is de zogenaamde 'nearest neighbour' methode gebruikt. Deze methode wijst aan iedere nieuwe pixel de pixelwaarden toe van de dichtstbij gelegen pixel in het originele satellietbeeld. Deze methode heeft de voorkeur wanneer het gecorrigeerde satellietbeeld wordt gebruikt voor een grondgebruikclassificatie, omdat de originele pixelwaarden niet worden gewijzigd. Om optimaal aan te sluiten bij het metrisch stelsel is in het geometrisch gecorrigeerde beeld de pixelgrootte gewijzigd in 25 x 25 m.

Er zijn op ieder beeld circa 15 GCP's aangewezen. De RMS waarde bedroeg maximaal een halve pixel d.w.z. 12,5 meter. Uit projectie van de gedigitaliseerde referentiegebieden op de geometrisch gecorrigeerde satellietbeelden bleek dat er in sommige gebieden een verschuiving in het geclassificeerde satellietbeeld aanwezig was van enkele pixels. Waarschijnlijk is dit het gevolg van een onregelmatige spreiding van de GCP's.

2.3 Referentiegegevens van het grondgebruik

Zowel ten behoeve van de classificatie van de satellietbeelden als van de validatie van het classificatieresultaat is informatie nodig omtrent het grondgebruik ten tijde van de opname van de satellietbeelden. Deze zogenaamde referentiegegevens kunnen zijn verkregen door veldwerk of luchtfotointerpretatie, maar ook zijn afgeleid van topografische kaarten.

2.3.1 Globale referentiegegevens voor een kwalitatieve validatie van de hoofdklassen en enkele subklassen

De hoofdklassen van het LGN-bestand en enkele subklassen, zoals boomgaarden en boomkwekerijen, zijn niet onderhevig aan snelle veranderingen in de tijd. Referentiegegevens voor een kwalitatieve validatie van deze klassen, kunnen derhalve goed worden afgeleid uit (vaak minder recente) topografische kaarten. Interpretatie van luchtfoto's geeft meer recente referentiegegevens voor de genoemde klassen. In opdracht van de Topografische Dienst worden iedere 3 jaar van heel Nederland zwart-wit luchtfoto's op schaal 1 : 18 000 opgenomen. Recente opnamen dateren uit 1986 en 1989.

2.3.2 Gedetailleerde referentiegegevens voor de classificatie en de kwantitatieve validatie van de LGN-subklassen

Om een optimale classificatie van heel Nederland te kunnen uitvoeren moeten er voldoende, representatieve referentiegegevens voor de verschillende fysiografische gebieden in Nederland aanwezig zijn. Die referentiegegevens zijn nodig om goede trainingsgebieden aan te kunnen wijzen, die de basis vormen voor de classificatie (2.4.3).

Ook voor een statistisch betrouwbare validatie moeten de referentiegegevens zo representatief mogelijk zijn voor het te classificeren gebied. Hiertoe zou een random verdeling van de bemonsteringspunten (per pixel) over het gehele te classificeren gebied moeten worden nagestreefd (Van Genderen et al., 1978). In dit project is echter vanwege de volgende praktische overwegingen gekozen voor de uitvoering van de validatie in een beperkt aantal deelgebieden:

- Een random bemonstering van alle afzonderlijk te classificeren strata is zeer duur en tijdrovend. Het is veel gemakkelijker en goedkoper om een beperkt aantal grotere gebieden te bezoeken dan een groot aantal afzonderlijke percelen;
- In dit project, dat in 1988 van start is gegaan, zijn voornamelijk satellietbeelden uit 1986 gebruikt. Voor deze gebieden was het niet meer mogelijk om gegevens over het landbouwkundig grondgebruik in het veld te verzamelen. Hierdoor was het LGN-project aangewezen op door anderen verzamelde referentiegegevens;
- De beschikbaarheid van referentiegegevens voor deelgebieden maakt het gemakkelijk de gegevens automatisch te verwerken met behulp van een geografisch informatiesysteem (GIS). Het vaststellen van de classificatienauwkeurigheid, het opsporen van de ligging van de foutief geclassificeerde pixels en de evaluatie van de oorzaken van foutieve classificaties worden hierdoor aanzienlijk vergemakkelijkt.

Navraag onder instanties die zich bezig houden met beheer van het landelijk gebied heeft een aantal kaarten opgeleverd met gegevens over het landbouwkundig grondgebruik in 1986, 1987 of 1988.

Soms was van een referentieperceel alleen bekend dat het een bouwlandperceel is. Daarom is een aparte referentieklassse 'bouwland' onderscheiden. Bossen zijn in de LGN databank opgenomen als loofbos of naaldbos. Het was niet mogelijk een aparte spectrale klasse gemengd bos te onderscheiden. Op een aantal referentiekaarten is echter wel een klasse gemengd bos onderscheiden. Bovendien staat op een aantal referentiekaarten slechts de klasse bos aangegeven, zonder nadere aanduiding. Deze klasse is samen met de klasse gemengd bos opgenomen in de referentieklassse '(gemengd) bos'.



Figuur 1 De ligging van de referentiegebieden in Nederland

In totaal zijn er 18 referentiegebieden. In een aantal referentiegebieden zijn slechts een beperkt aantal grondgebruiksklassen met een redelijke oppervlakte aanwezig (aanhangsel 2). In figuur 1 is de ligging van de referentiegebieden weergegeven. Het blijkt dat deze gebieden niet regelmatig over het land zijn verdeeld. Met name in het westen en noorden van het land is er een groot tekort aan gedetailleerde referentiegegevens. In tabel 3 is aangegeven welke satellietbeelden zijn gebruikt voor de classificatie van de verschillende referentiegebieden. Door 3 referentiegebieden loopt een grens tussen verschillende satellietbeelden. Van één referentiegebied (Schoonoord) is een deel geclassificeerd met 2 satellietbeelden. Uit tabel 3 blijkt dat voor het merendeel van de gebruikte satellietbeelden geen of slechts een beperkte hoeveelheid referentiegegevens beschikbaar zijn.

Tabel 3 Opnamedata van de satellietbeelden die zijn gebruikt voor de classificatie van de verschillende referentiegebieden

Referentie- gebied	Data satellietbeelden							
	20 aug. 1984	16 juni 1986	3 aug. 1986	12 aug. 1986	13 sept. 1986	5 juli 1987	14 juli 1987	14 juni 1988
Betuwe			X					
Biddinghuizen		X	X					
Borssele						X		
Ens			X					
Hupsel				X				
Mander				X				
Nieuw Bulnen							X	
noordwest Brabant			X					
Oedenrode			X					
Oostereng			X					
Ooijpolder			X					
Reuver								X
Rozendaalse bos			X					
Schoonoord		X			X			
Stevensbeek			X					
Ulvenhout			X					
Veenhuizen			X					
Wierden		X	X					

2.3.3 Verwerking van de gedetailleerde referentiegegevens

De grondgebruiksgrenzen in de referentiegebieden zijn ingetekend op topografische kaarten 1 : 10 000. De referentiekaarten zijn vergeleken met luchtfoto's en satellietbeelden. Luchtfoto's leveren over het algemeen betrouwbare informatie over de ligging van perceelsgrenzen en over de klassen, als bos, natuur, boomgaarden en bebouwing. Wanneer de luchtfoto's in een geschikte periode zijn opgenomen kan hieruit bovendien aanvullende informatie over het landbouwkundig grondgebruik (b.v. grasland of bouwland) worden afgeleid. Reflectieverschillen op satellietbeelden geven soms eenduidige informatie over de aan- of afwezigheid van

bepaalde grondgebruiksklassen.

Uit de vergelijking van de referentiekaarten met de luchtfoto's en de satellietbeelden blijkt dat de referentiegegevens een beperkte nauwkeurigheid hebben. Dit kan verschillende oorzaken hebben, zoals het verkeerd intekenen van grenzen tussen gewassen, of het over het hoofd zien van bepaalde percelen (bijv. verscholen achter maïs met een hoogte van 2 m). De mate van nauwkeurigheid hangt onder meer af van de instantie die de grondgebruiksgegevens verzameld heeft, het doel waarvoor deze grondgebruiksgegevens zijn verzameld en de complexiteit van het gebied. We schatten dat de nauwkeurigheid van de veldgegevens varieert van ca. 70 tot 90%.

Aan de hand van de vergelijking van de referentiekaarten met de luchtfoto's en satellietbeelden zijn grenzen tussen verschillende grondgebruiksklassen en de aard van het grondgebruik zonodig aangepast. De satellietbeelden zijn hierbij zeer selectief gebruikt. Alleen wanneer op grond van de spectrale signatuur eenduidig vaststond dat het op de referentiekaart aangegeven grondgebruik niet aanwezig was, is de aard van het grondgebruik gewijzigd, of is het betreffende perceel als referentie geschrapd. Na deze correcties wordt de nauwkeurigheid van de referentiekaarten geschat tussen ca. 85 en 95%.

Om de referentiegegevens op automatische wijze te kunnen vergelijken met het classificatieresultaat, zijn de referentiekaarten gedigitaliseerd. Lijnvormige elementen, zoals wegen, houtwallen en waterlopen, zijn alleen als vlak gedigitaliseerd als zij breder zijn dan ca. 20 m. De gedigitaliseerde grondgebruikskaarten bestaan uit polygonen (grondgebruikseenheden, b.v. landbouwpercelen) en lijnen (grenzen tussen grondgebruikseenheden en wegen, houtwallen en waterlopen smaller dan ca. 20 m). Om de gedigitaliseerde referentiekaarten te kunnen vergelijken met de geclassificeerde satellietbeelden zijn deze omgezet naar rasterkaarten. De celgrootte is gelijk genomen aan de pixels op het satellietbeeld, dwz. 25 x 25 m. Van ieder referentiegebied zijn de polygonen en de lijnen afzonderlijk verrasterd. Aan iedere cel in de verrasterde polygoonkaart is een grondgebruikscode toegekend overeenkomstig de polygoon waarin de cel ligt. Als een cel in twee of meer polygonen ligt is de code toegekend van de polygoon met de grootste oppervlakte in de cel. Aan de cellen in de verrasterde lijnenkaart wordt een verschillende code toegekend al naar gelang de cel over een lijn ligt of niet.

2.4 Classificatie van het grondgebruik

De grondgebruiksclassificatie is om financiële redenen uitgevoerd in twee fasen. De eerste fase betrof de classificatie van de provincies Drenthe, Overijssel, Gelderland, Flevoland, Noord Brabant en Limburg en het zandgebied in de provincie Utrecht. In de tweede fase is het overige deel van Nederland geclassificeerd.

2.4.1 Gebruikte spectrale banden

Het gebruik van alle zeven banden tijdens de classificatie is erg tijdrovend en duur. Bovendien zijn de banden vaak onderling gecorreleerd, waardoor de verschillende banden geen volledig unieke informatie bevatten. Een veel gebruikte oplossing voor het probleem van bandkeuze is de vervaardiging van 'principal component' beelden. In een principal component analyse worden nieuwe assen gedefinieerd in de richtingen waarin de variabiliteit van de gegevens maximaal is. Deze assen zijn per definitie ongecorreleerd. De beelden die worden gedefinieerd door de eerste twee of drie principal component assen bevatten over het algemeen meer dan 90 % van de in alle 7 TM-banden aanwezige informatie. Door gebruik te maken van principal component beelden kan dus een aanzienlijke datareductie worden bereikt. Een nadeel van een principal component analyse is echter dat de kleuren in de resulterende beelden van beeld tot beeld verschillen. Hierdoor wordt het moeilijk kennis van relaties tussen reflectie en grondgebruiksklassen bij de classificatie te gebruiken en kleuren op verschillende beelden met elkaar in verband te brengen. Daarom is besloten originele TM-banden te gebruiken.

Verschillende met TM-beelden uitgevoerde grondgebruiksclassificaties in landbouw en/of bosgebieden in Engeland (Townshend, 1984), West Duitsland (Kirchhof et al., 1985) de Verenigde Staten (DeGloria, 1984; Price, 1984), Brazilië (Chen et al., 1986) en Nederland (Epema, 1987) hebben aangetoond dat de banden in het zichtbare deel van het spectrum (TM-banden 1 t/m 3) sterk gecorreleerd zijn, de banden 5 en 7 (midden infrarood) ook een hoge tot zeer hoge correlatie vertonen en dat band 4 (nabij infrarood) een negatieve of zeer geringe positieve correlatie vertoont met de zichtbare banden en band 7 en een geringe positieve correlatie met band 5. Alleen Chen et al. (1986) vonden een tamelijk hoge, positieve correlatie tussen de banden 4 en 5. Hieruit kan worden geconcludeerd dat voor een grondgebruiksclassificatie een optimale combinatie van TM-banden moet bestaan uit één band uit het zichtbare deel van het spectrum, bij voorkeur band 3 (Anuta et al., 1984; Townshend, 1984), de nabij infrarode band en één band uit het midden infrarode deel van het spectrum, bij voorkeur band 5 (Anuta et al., 1984; DeGloria, 1984; Townshend, 1984; Chen et al., 1986; Epema, 1987). Een onderzoek in een deelgebied in Noord Brabant toonde aan dat de resultaten van een grondgebruiksclassificatie met alle 6 de TM-reflectiebanden weinig verschilden van die met alleen de banden 3, 4 en 5 (Droesen en Jaarsma, 1990). In deze studie is daarom besloten in eerste instantie gebruik te maken van de banden 3, 4 en 5.

Al in een vroegtijdig stadium van de classificatie werd duidelijk dat er op het beeld van 3 augustus 1986 sprake was van aanzienlijke spectrale overlap tussen (afgerijpte) granen en bebouwd gebied. Er is daarom onderzocht of toevoeging van andere banden, met name de banden 2 en 6, het onderscheid tussen deze klassen kon vergroten. Met name de thermische band 6 bleek, ondanks de geometrische resolutie van 120 m, de verwarring tussen granen en bebouwd gebied aanzienlijk te verminderen. De oorzaak hiervan is dat de stralingstemperatuur van (aaneengesloten) bebouwing over het algemeen lager is dan die van graanpercelen. In het vervolg van de classificatie is voor alle strata gebruik gemaakt van de banden 2 tm. 6. Dit betekent dat met name in de zandgebieden voor een groot aantal strata nog

alleen gebruik is gemaakt van de banden 3, 4 en 5.

2.4.2 Stratificatie

Voorafgaande aan de classificatie is Nederland verdeeld in strata. Dit zijn min of meer homogene gebieden wat betreft grondgebruik en bodemeenheid. Door de classificatie voor ieder stratum afzonderlijk uit te voeren wordt de verwarring tussen verschillende grondgebruiksklassen beperkt. Bovendien hebben de meeste strata een beperkte oppervlakte die gemakkelijk en snel is te overzien. Dat heeft grote voordelen bij de keuze van de trainingsgebieden en de evaluatie van het classificatieresultaat. In grote gebieden bestaat bovendien het gevaar dat de stralingswaarden enigszins veranderen in de ruimte als gevolg van wisselende atmosferische omstandigheden.

Bij de uitvoering van de stratificatie is gebruik gemaakt van topografische kaarten, de 1 : 250 000 bodemkaart (Steur et al., 1985), de landbouwstatistiek (CBS, 1986) en de satellietbeelden zelf. De bodemkaart en de topografische kaart zijn gebruikt om de belangrijkste fysisch geografische eenheden te omlijnen. Met behulp van de landbouwstatistiek zijn de belangrijkste landbouwgewassen per eenheid vastgesteld. De uiteindelijke ligging van de stratumgrenzen is vastgesteld aan de hand van de op het satellietbeeld zichtbare grondgebruikspatronen.

Wanneer een stratum niet uit één aaneengesloten gebied bestaat (bijv. het duingebied), is deze verder onderverdeeld in substrata. Aan de hand van opgedane ervaring is gedurende het project voor de nog te classificeren gebieden de stratificatie geoptimaliseerd. Met name in de zandgebieden, waar met de classificatie is begonnen, is de ligging van de stratumgrenzen niet optimaal. In totaal zijn 52 verschillende strata onderscheiden (figuur 2). Tijdens de classificatie bleek voor enkele grote strata een verdere onderverdeling in twee of meer substrata gewenst. Deze substratificatie is ad hoc gebeurd en niet vastgelegd in figuur 2.

2.4.3 Classificatiemethode

De classificatie van het satellietbeeld per stratum of substratum is op automatische wijze uitgevoerd met behulp van de zogenaamde 'maximum likelihood' classificatiemethode. Voorafgaande aan de classificatie moet een interpretatiesleutel worden opgesteld. Hiertoe worden aan de hand van referentiegegevens en het satellietbeeld trainingsgebieden aangewezen in het satellietbeeld. De trainingsgebieden worden geacht representatief te zijn voor de aanwezige grondgebruiksklassen.

Bij de maximum likelihood classificatiemethode wordt aangenomen dat de verdeling van de pixelwaarden per klasse kan worden beschreven met een normale waarschijnlijkheidsverdeling. De parameters die nodig zijn om een normale verdeling te beschrijven (gemiddelde pixelwaarden en covariantiematrix) worden



Figuur 2 Stratificatie van Nederland ten behoeve van de grondgebruiksclassificatie

geschat aan de hand van de trainingsgebieden. Voor iedere pixel in het beeld wordt nu de waarschijnlijkheid berekend dat de pixel tot een bepaalde klasse behoort. Deze waarschijnlijkheid wordt berekend voor alle onderscheiden klassen. Een pixel wordt vervolgens toegewezen aan de klasse waarvan de waarschijnlijkheid dat de pixel tot die betreffende klasse behoort het grootst is.

In de praktijk is het aanwijzen van de trainingsgebieden en het uitvoeren van de classificatie een iteratief proces. Voorkennis betreffende de aanwezige oppervlakten van verschillende gewassen in een bepaald stratum (af te leiden uit de CBS landbouwstatistiek) speelt hierbij een belangrijke rol. In een bepaald stratum kunnen twee elkaar spectraal gedeeltelijk overlappende klassen voorkomen, terwijl de ene klasse een aanzienlijk groter opvlak inneemt dan de andere. Bij de keuze van trainingsgebieden met een spectrale signatuur in het overlappende gebied moet met dit verschil in oppervlakte rekening worden gehouden. In een aantal strata is tijdens de classificatie gebruik gemaakt van een majority filter (2.5.3).

2.5 Postprocessing

Niet alle LGN klassen zijn spectraal eenduidig te onderscheiden met de gebruikte TM-beelden. Om het resultaat van de automatische classificatie te verbeteren zijn daarom na afloop van de classificatie verschillende postprocessing technieken toegepast.

2.5.1 Toepassing RIN-heidebestand

De classificatie van de klasse heide vormde een apart probleem. De heide in Nederland verandert de laatste jaren snel van aanzicht door de sterk toenemende vergrassing. Hierdoor is deze klasse vaak niet meer eenduidig van cultuurgrasland te onderscheiden.

Omdat recent door het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN) een landelijk onderzoek is uitgevoerd naar de kartering van heidevergrassing met behulp van Landsat TM-satellietbeelden (Van Kootwijk en Van der Voet, 1989; Van Kootwijk, 1989) is besloten de klasse heide uit deze studie over te nemen in het LGN bestand. In deze RIN studie zijn eerst aan de hand van de topografische kaart alle heideterreinen in Nederland geselecteerd. Vervolgens zijn pixels met sterk afwijkende reflectiewaarden uit de populatie 'heide' verwijderd. Deze selectie is visueel (pixels zijn in het beeld te herkennen als bos, water, wegen, kale grond e.d.) en op grond van reflectiewaarden (pixels wijken sterk af van aan de hand van veldwerk samengestelde trainingsgebieden) uitgevoerd. De uiteindelijke populatie omvat pixels uit de droge heideterreinen met uitzondering van de duinen en een smalle strook langs de oostrand van Nederland waarvoor geen geschikte satellietbeelden beschikbaar waren. De natte heideterreinen (ca. 1000 ha) zijn buiten beschouwing gelaten.

2.5.2 Interactieve correcties

In de loop van het project bleek dat het resultaat van de automatische classificatie voor een aantal klassen en gebieden te kort schoot, zelfs op het niveau van de hoofdklassen. Een aantal van deze classificatiefouten waren visueel duidelijk waarneembaar door vergelijking van de geclassificeerde beelden met topografische kaarten en de originele satellietbeelden. In de loop van het project is er steeds meer toe overgegaan om de belangrijkste fouten interactief te corrigeren. Dat betekent dat het classificatieresultaat in de loop van het project is verbeterd, met name op het niveau van de hoofdklassen. De belangrijkste uitgevoerde correcties komen hieronder kort aan de orde:

- De klasse 'bebouwing en wegen' vertoonde vaak spectrale overlap met landbouwgewassen, kale grond of overig natuurgebied. De verwarring tussen granen en bebouwd gebied is reeds in 2.4.1 aan de orde gekomen. Ook na toepassing van de thermische band bleef echter nog al wat verwarring aanwezig tussen granen en open bebouwd gebied. Bij verwarring op grote schaal zijn deze klassen zo goed mogelijk interactief gecorrigeerd;
- Boomgaarden met een hoge of geringe bodembedekking waren vaak niet te onderscheiden van loofbomen, respectievelijk gras of kale grond. Aan de hand van de topografische kaart en de satellietbeelden zijn boomgaarden zoveel mogelijk interactief gecorrigeerd en aan het bestand toegevoegd;
- In tegenstelling tot landbouwgebieden vertonen open natuurgebieden als gevolg van het heterogene vegetatiepatroon vaak een sterke variatie in reflectie over korte afstand. De kans op spectrale overlap met andere grondgebruiksklassen groot is. Deze natuurgebieden zijn gedeeltelijk interactief gecorrigeerd;
- Bebouwing in een bosrijke omgeving werd vaak geclasificeerd als bos. De bebouwing is gedeeltelijk interactief gecorrigerd;
- Schapenwolken, wolkenschaduw en sluierbewolking veroorzaakten vaak foutieve classificaties. Deze fouten zijn zoveel mogelijk interactief gecorrigeerd;
- Op veel percelen die werden geclassificeerd als kale grond was het gewas al geoogst. Op grond van statistische gegevens over het aanwezige grondgebruik zijn deze percelen in een aantal gevallen gehercodeerd naar de meest waarschijnlijke klasse. Een voorbeeld is de hercodering van kale grond percelen naar bollen in enkele strata in Noord en zuid Holland;
- Smalle lijnvormige elementen, zoals wegen en waterlopen, bestaan voor een groot deel uit 'mixed' pixels (pixels waarbinnen meerdere vormen van grondgebruik liggen) en zijn daardoor op grote schaal foutief gecorrigeerd. In een aantal gevallen zijn hiervoor interactieve correcties toegepast;
- Bij een bepaalde stand van kassen, zon en satelliet ten opzichte van elkaar ontvangt de scanner straling met zeer hoge intensiteit. De invloed hiervan is vaak vele kilometers waarneembaar op het satellietbeeld in de vorm van strepen met een verhoogde reflectie. Deze strepen zijn zo goed mogelijk interactief gecorrigeerd.

2.5.3 Toepassing van een majority filter

Geclassificeerde remote sensing beelden bevatten over het algemeen nogal wat 'ruis', d.w.z. verspreid liggende (groepjes van enkele) pixels met een klasse die afwijkt van de omringende pixels. Vaak zijn deze pixels, die een onrustig beeld veroorzaken, foutief geclassificeerd. Dat kan het gevolg zijn van verschillende factoren, bijvoorbeeld: onregelmatige respons van de scanner, de aanwezigheid van mixed pixels, lokale afwijkingen in bodemopbouw en/of watervoorziening en het toegepaste classificatiealgoritme. Ruis kan echter ook worden veroorzaakt door correct geclassificeerde pixels. Dat betreffen dan grondgebruiksvormen als verspreid liggende bebouwing (bijv. boerderijen) houtwallen, boomgroepen e.d. Deze grondgebruiksvormen zijn vaak niet van belang voor toepassingen op landelijke en regionale schaal. Er zijn echter toepassingen denkbaar waarbij deze grondgebruiksvormen juist wel van belang zijn.

De ruis in een uit remote sensing beelden afgeleid grondgebruiksbestand kan vaak aanzienlijk worden verminderd door toepassing van een zogenaamd 'majority' filter. Een dergelijk filter wijst de meest voorkomende klasse in een $N \times N$ matrix toe aan de centrale pixel in de matrix. Verschillende matrix groottes kunnen worden toegepast. Gurney and Townshend (1983) en Kenk et al. (1988) toonden aan dat toepassing van een majority filter een aanzienlijke toename van de classificatienauwkeurigheid tot gevolg kan hebben.

De toepassing van een majority filter met verschillende groottes is geëvalueerd in enkele proefgebieden. Voor de meeste grondgebruiksklassen neemt de classificatienauwkeurigheid toe bij toepassing van een majority filter. De verbetering van de classificatienauwkeurigheid neemt echter minder toe of neemt zelfs af naarmate het filter groter wordt. Voor een klasse die bestaat uit kleine, verspreid liggende groepjes pixels, zoals boerderijen, resulteert toepassing van een majority filter altijd in een afname van de classificatienauwkeurigheid. Deze afname neemt zeer sterk toe bij toenemende filtergrootte. Toepassing van een majority filter heeft met name succes wanneer de pixelgrootte aanzienlijk kleiner is dan de grootte van de objecten die worden geclassificeerd. Voor afzonderlijke klassen zijn verbeteringen van het classificatieresultaat tot 16% vastgesteld. Toepassing van een majority filter heeft echter ook een aantal nadelen, die worden veroorzaakt doordat geen invloed kan worden uitgeoefend op de minimale objectgrootte en de klassetoewijzing. Hierdoor verdwijnen kleine objecten, zoals boerderijen en houtwallen, en worden pixels toegewezen aan spectraal sterk afwijkende klassen. Bovendien verschuiven grenzen tussen verschillende grondgebruiksvormen als gevolg van de neiging van het majority filter om kleinere objecten aan te tasten en grotere objecten uit te breiden. Het verdwijnen van kleine objecten resulteert in een sterke toename van de oppervlakte van de klassen die grote oppervlakten beslaan. De classificatiebetrouwbaarheid (de kans dat pixels die zijn geclassificeerd als klasse i in werkelijkheid ook tot klasse i behoren) blijkt hierdoor af te nemen. Toepassing van een 3×3 majority filter resulteert in een aanvaardbaar compromis tussen verbetering van de classificatienauwkeurigheid en het optreden van de nadelige effecten. In het LGN project is daarom gekozen voor (mogelijke) toepassing van een 3×3 filter. Indien gewenst kunnen gebruikers een gefilterd LGN-bestand geleverd krijgen.

In een aantal strata is ook tijdens de classificatie gebruik gemaakt van een majority filter. Wanneer twee grondgebruiksklassen gedeeltelijk met elkaar worden verward maar niet op grote schaal aan elkaar grenzen kan de onderlinge verwarring vaak worden verminderd door toepassing van selectieve filtering. Hiertoe zijn de overige gewassen tijdelijk tot één klasse samengevoegd en is alleen op de twee betreffende klassen een majority filter toegepast.

2.6 Validatie

De validatie van het LGN-bestand heeft tot doel inzicht te geven in de kwaliteit van het LGN-bestand. Bij het vaststellen van het classificatieresultaat moet onderscheid worden gemaakt tussen de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van de het LGN-bestand. De classificatienauwkeurigheid van een bepaalde klasse geeft aan welk percentage van de betreffende referentieklassse goed is geïclassificeerd. De classificatiebetrouwbaarheid geeft aan welk percentage van de pixels dat is geïclassificeerd als een bepaalde grondgebruiksklasse ook werkelijk tot die grondgebruiksklasse behoort. Bij een kwalitatieve validatie en bij de validatie van grondgebruiksoppervlakken, zonder rekening te houden met de exacte ligging, is het vaak moeilijk of onmogelijk om onderscheid te maken tussen classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid. Daarom wordt in dit rapport voornamelijk gesproken over de classificatienauwkeurigheid. Over de classificatiebetrouwbaarheid wordt alleen gesproken wanneer deze expliciet aan de orde komt.

De validatie heeft voor verschillende klasseindelingen en op verschillende schaalniveaus plaatsgevonden (tabel 4).

Tabel 4 Toegepaste validatiemethoden

Schaal	Klasse-indeling	
	per subklasse	per hoofdklasse
per referentiegebied	X	
per kaartblad (1 : 50 000)	X*	X
per CBS-hoofdlandbouwgebied	X**	

* alleen bij afwezigheid van referentiegegevens

** alleen voor de landbouwgewassen

2.6.1 Kwalitatieve validatie van de hoofdklassen en enkele subklassen

Validatie van de classificatieresultaten op het niveau van de hoofdklassen is groten-

deels gebeurd door visuele vergelijking van het LGN-bestand met de topografische kaarten en de originele satellietbeelden (na contrastvergroting). De hoofdklassen zijn over het algemeen niet onderhevig aan snelle veranderingen in de tijd. Hierdoor is een globale validatie aan de hand van (vaak minder recente) topografische kaarten geoorloofd. Genoemde klassen zijn visueel vaak ook zeer goed te onderscheiden op de satellietbeelden, eventueel na een contrastverbetering.

Wanneer van een gebied geen referentiegegevens beschikbaar zijn, is men ook voor de validatie van de subklassen aangewezen op topografische kaarten, satellietbeelden of eventueel luchtfoto's. De meeste subklassen vertonen in bepaalde gebieden een relatief snelle verandering in de tijd. De globale ligging van de voornaamste akkerbouwgebieden, graslandgebieden en boomgaardcomplexen is echter wel uit de topografische kaart af te leiden. De meeste individuele subklassen zijn echter niet weergegeven op topografische kaarten of waarneembaar op luchtfoto's. Aan de hand van de validatieresultaten van vergelijkbare gebieden, van de CBS landbouwstatistieken en soms van de satellietbeelden kan dan vaak slechts een kwalitatieve uitspraak over het classificatieresultaat worden gedaan.

2.6.2 Kwantitatieve pixelgewijze validatie van de LGN-subklassen voor de referentiegebieden

Voor gebieden waarvan referentiegegevens beschikbaar waren, is het classificatieresultaat kwantitatief vastgesteld. Het (gefilterde) classificatieresultaat is pixel voor pixel vergeleken met de referentiegegevens in digitale vorm (rasterformat). Deze validatieprocedure maakt het niet mogelijk uitspraken te doen over de statistische betrouwbaarheid van het classificatieresultaat. Afhankelijk van het aantal referentiegebieden en de ligging en grootte van de referentiegebieden, wordt op deze wijze voor een aantal strata een globaal inzicht verkregen in het classificatieresultaat.

Voor de classificatie en de validatie zijn over het algemeen verschillende referentiegebieden gebruikt. Wanneer dit vanwege de beperkte beschikbaarheid van referentiegegevens niet mogelijk was, zijn de trainingsgebieden niet gebruikt bij de validatie.

Om fouten als gevolg van de validatiemethode van werkelijke classificatiefouten te onderscheiden is het raadzaam om de grenspixels (pixels die samenvallen met een grens tussen verschillende grondgebruiksklassen) apart te beschouwen. Bij de validatie van de grenspixels moet rekening worden gehouden met de volgende factoren:

- vaak zijn grenzen op de 1 : 10 000 topografische kaart in het veld of aan de hand van luchtfoto's ingetekend. Hierdoor kan de grens iets zijn verschoven ten opzichte van de werkelijke grens;
- tijdens het digitaliseren van de referentiekaart zullen afwijkingen plaats vinden van enige tienden van mm (1 mm op de kaart komt overeen met 10 m in het veld);
- tijdens het verrasteren van de referentiekaart treedt informatieverlies op langs

de grenzen. De mate van informatieverlies is afhankelijk van de celgrootte en de complexiteit van de grens (Bregt et al., 1989);

- de geometrische correctie van satellietbeelden heeft altijd een beperkte nauwkeurigheid. In de praktijk zijn pixels over het algemeen maximaal een halve tot een hele pixel verschoven ten opzichte van hun werkelijke positie;
- wanneer een pixel meerdere grondgebruiksklassen omvat, wordt de stralingsintensiteit van de pixel bepaald door de bijdragen van de verschillende grondgebruiksklassen. Dit is in feite ook het geval wanneer een object kleiner is dan de pixelgrootte. (bijv. een weg of een houtwal). We spreken dan van mixed pixels. De stralingsintensiteit van deze mixed pixels is afhankelijk van de oppervlakteverdeling en de reflectieeigenschappen van de klassen die binnen deze pixel liggen. In principe is de classificatie goed wanneer de pixel wordt geclassificeerd als een van de klassen die binnen de pixel vallen. De pixel kan ook foutief geclassificeerd worden als een klasse die niet binnen de pixel voorkomt.

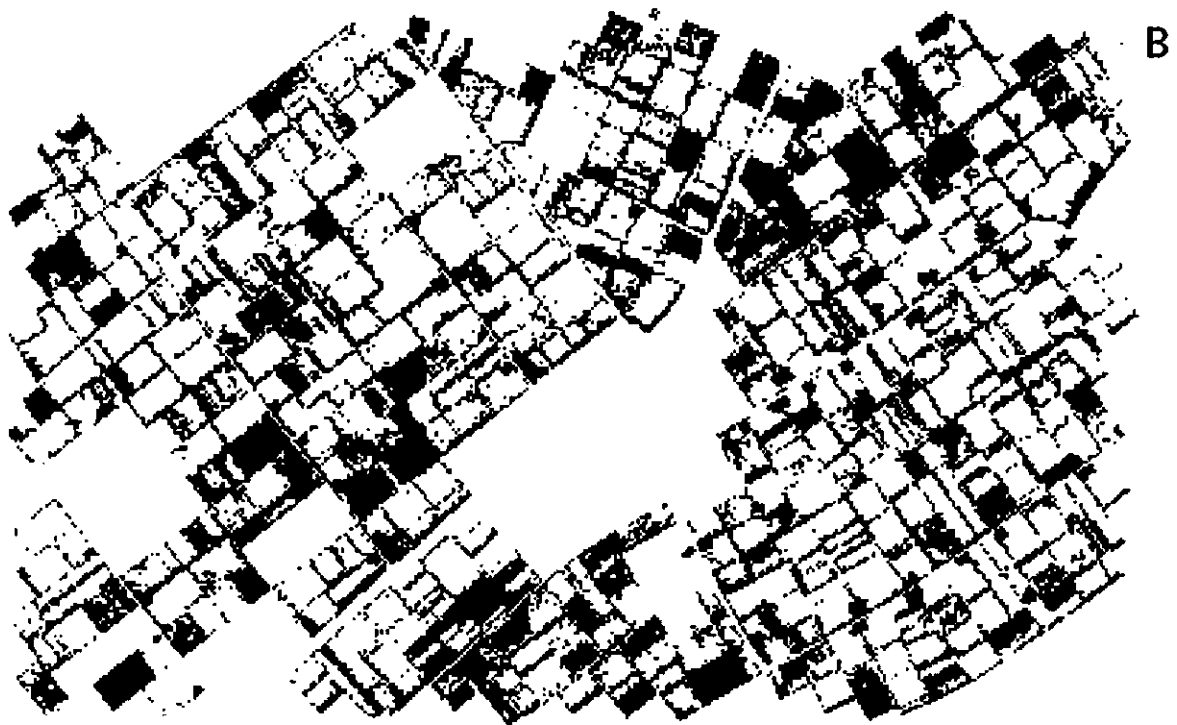
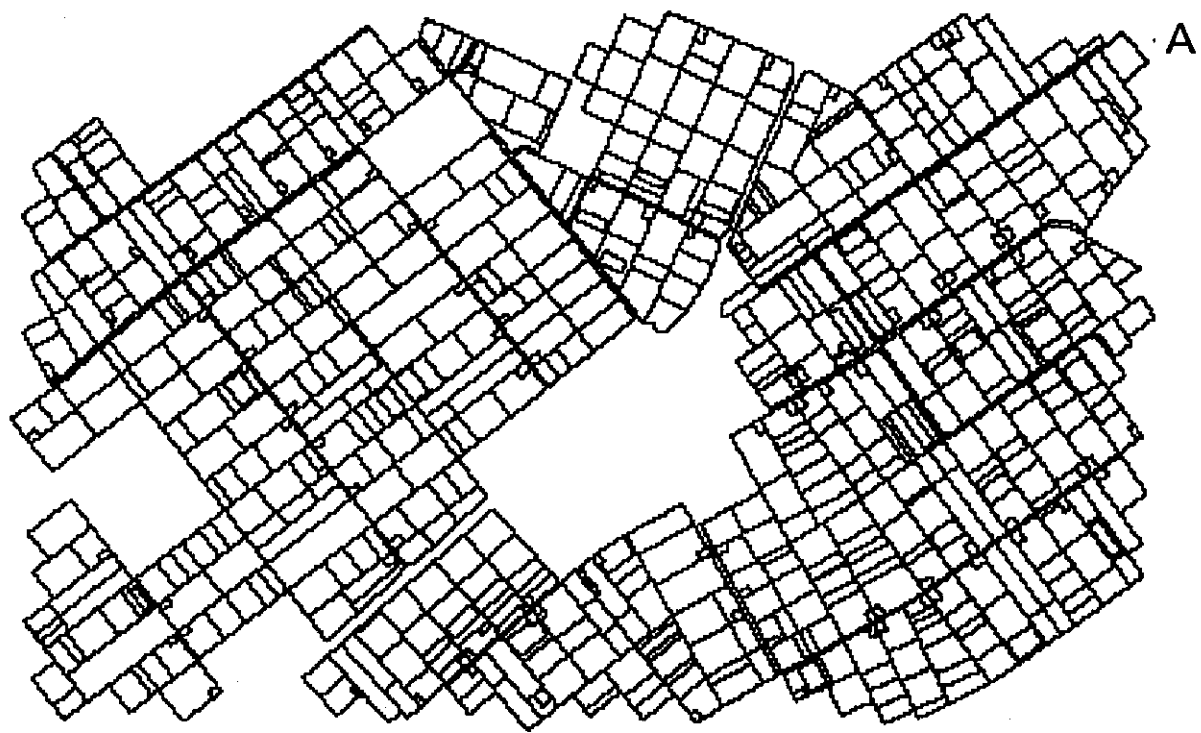
De eerste vier genoemde factoren hebben een (geringe) verschuiving tot gevolg in de ligging van pixels in het grondgebruiksbestand of in de verrasterde referentiekaarten. Een pixelgewijze vergelijking van beide bestanden kan er daarom toe leiden dat grenspixels ten onrechte als foutief geclassificeerd worden beschouwd. Een mixed pixel kan foutief worden geclassificeerd als de resulterende spectrale signatuur sterk overeenkomt met de spectrale signatuur van een van de klassen die niet binnen de betreffende pixel vallen. Wanneer een mixed pixel echter wordt geclassificeerd als een van de klassen die door de pixel wordt omvat dan veroorzaakt dat slechts een geringe verschuiving in de ligging van de grens tussen verschillende klassen. De genoemde verschuivingen hebben tot gevolg dat bij een pixelgewijze vergelijking van het grondgebruiksbestand met de gedigitaliseerde referentiekaart in bijna alle referentiegebieden een groot aantal grenspixels als foutief geclassificeerd wordt beschouwd. Als voorbeeld wordt in figuur 3 voor referentiegebied Biddinghuizen een afbeelding gegeven van de ligging van zowel de grondgebruiksgrenzen als van de foutief geclassificeerde pixels.

Bovengenoemde verschuivingen van de grenspixels zijn van weinig belang voor toepassingen op regionale of landelijke schaal. De grenspixels zijn daarom afzonderlijk gevalideerd. Hierbij wordt een grenspixel die is geclassificeerd als een van de aangrenzende klassen op de referentiekaart als juist geclassificeerd beschouwd. Indien een grenspixel als een van de overige klassen wordt geclassificeerd dan wordt de classificatie als foutief beschouwd. Vaak worden (delen van) lijnvormige elementen wel geclassificeerd, maar komen ze niet voor in de referentiegegevens. De classificatie is dan in feite goed, maar wordt als fout beschouwd in de toegepaste validatieprocedure. De afzonderlijke validatie van de grenspixels geeft daarom over het algemeen een (geringe) onderschatting van het classificatieresultaat.

Na de grenspixelanalyse wordt de rest van het bestand (zonder grenspixels) geanalyseerd. De pixelgewijze vergelijking tussen het geclassificeerde satellietbeeld en de gedigitaliseerde referentiekaart in raster vorm laat zien welk percentage pixels correct en welk percentage foutief geclassificeerd is. Dit geeft tevens inzicht

in de verdeling van de foutief geclassificeerde pixels over de overige klassen. Het resultaat van de vergelijking wordt weergegeven in tabelvorm, vaak 'confusion matrix' genoemd. Omdat de grenspixels niet beschouwd worden, geven deze cijfers meestal een (geringe) overschatting van de classificatienauwkeurigheid. Daarentegen veroorzaakt de beperkte nauwkeurigheid van de referentiekaarten (2.3.3) een geringe onderschatting van het classificatieresultaat. Over het algemeen mag daarom worden gesteld dat de cijfers in de confusion matrices de beste benadering geven van het classificatieresultaat van de verschillende grondgebruiksklassen.

Voor ieder referentiegebied is een zogenaamde 'foutenkaart' gemaakt (figuur 3B). Deze kaart toont de ligging van de foutief geclassificeerde pixels, waardoor de foutenanalyse wordt vergemakkelijkt.



0 — 1 Km

Figuur 3 De gedigitaliseerde en verrasterde grondgebruiksgrenzen (A) en de foutief geclassificeerde pixels na een pixelgewijze validatie (B) van referentiegebied Biddinghuizen

Om een totaalbeeld van de classificatienauwkeurigheid van een referentiegebied te krijgen is naast de classificatienauwkeurigheid van de afzonderlijke subklassen ook gekeken naar de zogenaamde 'geografische overall classificatienauwkeurigheid'. De geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid is berekend door het totaal aantal correct geclassificeerde pixels te delen door het totaal aantal pixels in het referentiegebied. Hierbij is de referentieklassse (gemengd) bos als goed geclassificeerd beschouwd wanneer de betreffende pixels zijn geclassificeerd als loofbos of naaldbos. De geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid is afzonderlijk berekend voor de grenspixels, de niet-grenspixels en alle pixels. De berekeningen zijn zowel uitgevoerd voor het grondgebruiksbestand zonder als met toepassing van een 3 x 3 majority filter.

2.6.3 Validatie van de oppervlakten per referentiegebied

Voor een aantal toepassingen is de exacte ligging van de pixels niet van belang en is men slechts geïnteresseerd in de aanwezige oppervlakten van de grondgebruiksklassen in verschillende deelgebieden (bijvoorbeeld waterwingebieden of gebieden met een bepaald bodemtype). Daarom zijn ook voor alle referentiegebieden de oppervlakten van de klassen in het grondgebruiksbestand vergeleken met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen. Het resultaat is aangeduid als de 'niet geografische overall classificatienauwkeurigheid'. Wanneer de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van een referentiegebied bijvoorbeeld gelijk is aan 80% dan betekent dat dat voor 80% van de oppervlakte van het referentiegebied de oppervlakten van de verschillende klassen in het LGN-bestand overeenkomen met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen. De niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid is berekend na toepassing van een 3 x 3 majority filter. De referentieklassse '(gemengd) bos' kan niet worden onverdeeld in loof- en naaldbos (zie 2.3.2). Daarom zijn, indien de klasse '(gemengd) bos' aanwezig is, bij de berekening van de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid alle bosoppervlakken samengevoegd.

2.6.4 Validatie van de landbouwgewassen aan de hand van de landbouwstatistieken van de CBS-hoofdlandbouwgebieden

Omdat er slechts een beperkt aantal referentiegebieden beschikbaar zijn (2.3.2) is de classificatienauwkeurigheid van de landbouwgewassen ook nog op globale wijze gevalideerd door voor de 14 door het CBS onderscheiden landbouwgebieden het LGN-gegevensbestand te vergelijken met landbouwstatistieken van het CBS. Bij deze vergelijking is het ongefilterde LGN-bestand gebruikt. De onderverdeling van Nederland in hoofdlandbouwgebieden is gegeven in figuur 4.



Figuur 4 De onderverdeling van Nederland in hoofdlandbouwgebieden

3 VALIDATIE EN BRUIKBAARHEID VAN HET LGN-BESTAND

Na de bespreking van de opbouw van het LGN-bestand (3.1) wordt in dit hoofdstuk uitgebreid ingegaan op de nauwkeurigheid, de betrouwbaarheid en de bruikbaarheid van de classificatieresultaten en op de oorzaken van de classificatiefouten (3.2 tm. 3.6). In 3.2 worden de resultaten van de kwalitatieve validatie van de hoofdklassen besproken. In 3.3 wordt een (kwantitatief) overzicht gegeven van de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van de classificatie van de subklassen. Dit gebeurt aan de hand van de validatie van de referentiegebieden en de vergelijking het LGN-gegevensbestand met de landbouwstatistieken van het CBS voor de 14 door het CBS onderscheiden hoofdlandbouwgebieden. Van enkele subklassen waarvoor geen referentiegegevens beschikbaar waren, wordt in 3.4 een kwalitatieve uitspraak gedaan over het classificatieresultaat. In 3.4 wordt verder voor de verschillende opnamedata van de gebruikte satellietbeelden in detail ingegaan op de belangrijkste classificatiefouten in de LGN-databank. In 3.5 wordt een samenvattend overzicht gegeven van de belangrijkste oorzaken van de classificatiefouten. In 3.6 tenslotte wordt besproken wat de consequenties van het classificatieresultaat zijn voor de bruikbaarheid van het LGN-bestand.

3.1 De opbouw van het LGN-bestand

De classificatieresultaten van de verschillende strata zijn samengevoegd tot één groot bestand dat bestaat uit pixels van 25 x 25 m. Voor iedere pixel is via een cijfer (2.1) het grondgebruik gegeven. In plaat 2 is het grondgebruiksbestand voor heel Nederland weergegeven. Om een afbeelding op deze kleine schaal mogelijk te maken is van ieder blok van 17 bij 17 pixels slechts één pixel weergegeven.

Om het bestand beter hanteerbaar te maken is het opgedeeld in 1 : 50 000 kaartbladen met dezelfde indeling als gebruikt is voor de topografische kaart van Nederland. In totaal zijn er 110 kaartbladen met LGN-data. Alle kaartbladen hebben hetzelfde formaat; 400 kolommen en 500 rijen. (20 x 25km). Kaartbladen die liggen aan de grenzen van het grondgebied van Nederland bevatten soms maar een beperkte hoeveelheid relevante LGN-informatie. Pixels zonder grondgebruiks-informatie hebben de code 0 gekregen. Indien gewenst kan het bestand gefilterd (3 x 3 majority filter, zie 2.5.3) worden geleverd. De levering vindt plaats per kaartblad in een standaard binair of ASCII-format. Naar wens kunnen de gegevens echter ook worden geleverd in afwijkende formats en voor gebieden met willekeurige grenzen. Als voorbeeld is in plaat 3 het classificatieresultaat van kaartblad 44 West weergegeven.

3.2 Classificatieresultaat LGN-hoofdklassen

Op het niveau van de hoofdklassen speelt de verwarring tussen de subklassen binnen een hoofdklasse geen rol meer. Het classificatieresultaat neemt daardoor natuurlijk toe. Nietemin verschilt het classificatieresultaat soms aanzienlijk tussen de verschillende hoofdklassen. Bovendien varieert het classificatieresultaat over Nederland. Hieronder wordt per hoofdklasse het classificatieresultaat besproken. In 3.4 worden de belangrijkste classificatiefouten nog eens per opnamedatum op een rijtje gezet.

Landbouw

Visueel zijn de belangrijke grasland- en akkerbouwgebieden over het algemeen goed herkenbaar op de satellietbeelden.

Visuele vergelijking van het classificatieresultaat met de topografische kaart en de originele satellietbeelden laat zien dat de belangrijke landbouwgebieden duidelijk naar voren komen in het grondgebruiksbestand. Afhankelijk van het aanwezige grondgebruik en de opnamedatum en kwaliteit van het gebruikte satellietbeeld komt echter in verschillende strata verwarring voor met andere hoofdklassen.

Gras en kale grond binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' (tuinen, sportvelden, bouwterreinen e.d.) en 'overig natuurgebied' (stuifzanden, natuurlijke graslanden e.d.) zijn spectraal vaak niet te onderscheiden van kale landbouwpercelen en cultuurgrasland. In veel stedelijke gebieden en een aantal natuurgebieden kan deze onderlinge verwarring grote vormen aannemen (zie onder 'open natuurgebieden' en 'bebouwing en wegen').

Kale grond en gewassen met een geringe bodembedekking vertonen enige spectrale verwarring met bebouwd gebied. Hierdoor worden met name in de wat meer open bebouwde gebieden en enkele natuurgebieden pixels foutief geclassificeerd als kale grond. Verder worden in landbouwgebieden met veel kale grond verspreid over het gebied (groepjes) 'kale grond pixels' geclassificeerd als bebouwing. Deze classificatiefouten zijn deels interactief gecorrigeerd. Wat oppervlakte betreft blijft de omvang van deze verwarring beperkt.

Afgerijpte granen komen spectraal sterk overeen met bebouwd gebied. In de loop van het project is dit probleem voor aaneengesloten bebouwing grotendeels onderzocht door gebruik te maken van de thermische TM-band (2.4.1) en door interactieve correcties (2.5.2). In de eerste geclassificeerde strata komt echter plaatselijk grote verwarring voor tussen granen en bebouwd gebied. Deze strata betreffen met name de zandgebieden in noord, oost en zuid Nederland. In grote delen van het zandgebied zijn granen echter nauwelijks aanwezig. Hierdoor heeft het probleem een lokaal/regionaal karakter. Open bebouwing (inclusief boerderijen) blijft echter ook na toepassing van de thermische band grote spectrale verwarring vertonen met afgerijpte granen. Deze fouten zijn in beperkte mate interactief gecorrigeerd. In gebieden waar graan wordt geteeld kan deze verwarring lokaal zeer groot zijn, met name in relatief kleine open bebouwde gebieden. In de grotere bebouwde gebieden beperkt de verwarring zich over het algemeen tot verspreid in

het bebouwde gebied gelegen (groepjes) pixels. Daarnaast komen in het landbouwgebied, verspreid over de graanpercelen, (groepjes) pixels voor die foutief als stedelijk gebied zijn geclassificeerd. De invloed van deze spectrale verwarring op de classificatienauwkeurigheid van granen is over het algemeen beperkt, met name in gebieden met weinig bebouwing;

Kassen vertoonden een grote spectrale overlap met bebouwd gebied. Hierdoor was het met de beschikbare beelden niet mogelijk kassen als een afzonderlijke klasse te onderscheiden. Kassen zijn daarom in de LGN-databank bij de klasse 'bebouwing en wegen' gevoegd.

In enkele landbouwgebieden is (sluier)bewolking en de schaduw daarvan voornamelijk geclassificeerd als bebouwd gebied. Deze foutieve classificaties hebben een lokaal karakter, met uitzondering van een gebied met sluierbewolking ter grootte van enkele honderden hectare ten noorden van Sittard, waarvan een groot deel uit landbouwgebied bestaat, dat foutief als bebouwd gebied is geclassificeerd (zie onder 'bebouwing en wegen'). Visueel zijn wolken en wolkenschaduw over het algemeen goed waarneembaar op het satelietbeeld.

Met name in akkerbouwgebieden worden wegen en waterlopen vaak foutief geclasificeerd als een akkerbouwgewas.

Lokaal zijn landbouwgewassen geclassificeerd als bebouwd gebied, terwijl er van spectrale verwarring geen sprake is. Waarschijnlijk is hier sprake van foutieve interactieve veranderingen. Deze fout is alleen op enkele plaatsen in het oostelijk zandgebied aangetroffen.

Met name loofbossen in natte natuurgebieden (broekbossen en grienden) vertonen spectrale verwarring met landbouwgewassen. Deze fouten zijn zo veel mogelijk interactief gecorrigeerd.

Lokaal vertonen loofbomen (populieren?) een relatief hoge reflectie in het nabij-infrarood waardoor verwarring met landbouwgewassen optreedt.

In strata waar zowel loofbos als boomgaarden voorkomen, treedt enige onderlinge verwarring op.

Bos

Bossen worden over het algemeen zeer goed geclassificeerd. Lokaal worden gebieden met jonge aanplant of met een relatief open structuur (i.e. geen volledige kroonsluiting) geclassificeerd als 'open natuurgebied', gras of bebouwing. Verder worden kleine 'open natuurgebieden' in een bos worden soms als bos geclassificeerd.

Bebouwing in een bosrijke omgeving is spectraal vaak niet te onderscheiden van bos. Deze villawijken worden daarom vaak als bos geclassificeerd.

Binnen de referentieklassen 'open natuurgebied' worden vaak verspreid

voorkomende (groepjes) pixels als bos geclassificeerd. Veelal betreffen dat in werkelijkheid verspreid voorkomende boomgroepen in een overigens open natuurgebied.

In strata waar zowel loofbos als boomgaarden voorkomen, treedt enige onderlinge verwarring op.

Met name loofbossen in natte natuurgebieden (broekbossen en grienden) vertonen spectrale verwarring met landbouwgewassen. Deze fouten zijn zo veel mogelijk interactief gecorrigeerd.

Lokaal vertonen loofbomen (populieren en wilgen?) een relatief hoge reflectie in het nabij-infrarood waardoor verwarring met landbouwgewassen optreedt.

Houtwallen, die breder zijn dan 20 à 30 meter, worden over het algemeen correct als (loof)bos geclassificeerd. De overige houtwallen worden afhankelijk van hun breedte en het aangrenzende grondgebruik geclassificeerd als (loof)bos (meestal als een onderbroken lijn), als het aangrenzende grondgebruik of als een derde, niet aanwezige grondgebruiksklasse.

In enkele bosgebieden is (sluier)bewolking en de schaduw daarvan geclassificeerd als bebouwd gebied (zie onder 'bebouwing en wegen'). Deze foutieve classificaties hebben een lokaal karakter.

Open natuurgebied

Door de intensiteit en de ruimtelijke variatie (textuur) van de reflectiewaarden en de ligging van de pixels in samenhang met de ligging van de aangrenzende grondgebruiksklassen (context) zijn open natuurgebieden over het algemeen visueel duidelijk herkenbaar op de satellietbeelden. Deze herkenbaarheid is het grootst op beelden uit de zomer.

Visuele vergelijking van het classificatieresultaat met de topografische kaart en de originele satellietbeelden laat zien dat de grote open natuurgebieden over het algemeen duidelijk naar voren komen in het grondgebruiksbestand. Binnen open natuurgebieden komen echter meerdere vormen van bodembedekking voor (2.1), waardoor de gebieden vaak een heterogeen reflectiepatroon vertonen. De kans op spectrale overlap met andere grondgebruiksklassen is daardoor groot is. Zo zijn gras en kale grond binnen open natuurgebieden (natuurlijke graslanden, stuifzanden e.d.) spectraal vaak niet te onderscheiden van kale grond en grasland in stedelijke gebieden en landbouwgebieden. Verder komt het voor dat binnen open natuurgebieden pixels met een lage heterogene vegetatie en een geringe bodembedekking zijn geclassificeerd als bebouwd gebied. Deze foutieve classificaties zijn zoveel mogelijk interactief gecorrigeerd.

Bebouwing in een bosrijke omgeving is vaak als bos of overig natuurgebied geclassificeerd.

Bosgebieden met jonge aanplant of met een relatief open structuur (i.e. geen

volledige kroonsluiting) worden vaak geclassificeerd als 'open natuurgebied' en kleine 'open natuurgebieden' in een bos worden soms als bos geclassificeerd.

Water

Open watervlakten en rivieren en kanalen, die breder zijn dan 20 à 30 meter, worden over het algemeen zeer goed geclassificeerd. Langs de randen van het water worden mixed pixels echter vaak foutief als 'bebouwd gebied' geclassificeerd. De smallere rivieren, beken, en kanalen worden afhankelijk van hun breedte en het aangrenzende grondgebruik geclassificeerd als water (meestal als een onderbroken lijn), als het aangrenzende grondgebruik of als een derde, niet aanwezige grondgebruiksklasse (met name in akkerbouwgebieden). Veel van deze relatief smalle waterlopen zijn visueel vaak goed te onderscheiden op het satellietbeeld.

Bebouwing en wegen

Door de intensiteit en de ruimtelijke variatie (textuur) van de reflectiewaarden en de ligging van de pixels in samenhang met de ligging van de aangrenzende grondgebruiksklassen (context) zijn aaneengesloten stedelijke gebieden over het algemeen visueel duidelijk herkenbaar op de satellietbeelden. Deze herkenbaarheid is het grootst op beelden uit de zomer.

Visuele vergelijking van het classificatieresultaat met de topografische kaart en de originele satellietbeelden laat zien dat de aaneengesloten bebouwde gebieden (steden en dorpen) over het algemeen duidelijk naar voren komen in het grondgebruiksbestand. Binnen en grenzend aan veel bebouwde gebieden komen echter verspreide (groepjes) pixels voor die met name zijn geclassificeerd als gras, kale grond of granen. De meeste als gras en veel als kale grond geclassificeerde pixels binnen stedelijk gebied betreffen in werkelijkheid ook gras (tuinen, parken, sportvelden e.a.) en kale grond (bouwterreinen, industrieterrein, e.a.). De referentieklassse 'bebouwing en wegen' komt hier dus niet geheel overeen met de spectrale klasse 'bebouwing en wegen' (zie ook 2.1). Kale grond en gras in stedelijk gebied kunnen daarom vaak niet worden onderscheiden van cultuurgrasland en kale landbouwpercelen. Hetzelfde verschijnsel doet zich voor binnen de referentieklassse 'open natuurgebied' (zie boven). In veel gebieden komt deze verwarringen op grote schaal voor.

De verwarring tussen bebouwd gebied en kale grond wordt ook voor een deel veroorzaakt door spectrale overlap. Hierdoor worden met name in de wat meer open bebouwde gebieden pixels foutief geclassificeerd als kale grond. Verder leidt de genoemde spectrale verwarring er toe dat in landbouwgebieden met veel kale grond verspreid over het gebied (groepjes) kale grond pixels worden geclassificeerd als bebouwing. Deze classificatiefouten zijn deels interactief gecorrigeerd. Wat oppervlakte betreft blijft de omvang van deze verwarring beperkt.

Binnen open natuurgebieden worden pixels met een lage, heterogene vegetatie en een geringe bodembedekking soms geclassificeerd als bebouwd gebied. Deze foutieve classificaties zijn zoveel mogelijk interactief gecorrigeerd.

Afgerijpte granen komen spectraal sterk overeen met bebouwd gebied (zie onder landbouw). In de zandgebieden in noord, oost en zuid Nederland komt hierdoor plaatselijk grote verwarring voor tussen granen en aaneengesloten bebouwd gebied. In grote delen van het zandgebied zijn granen echter nauwelijks aanwezig, waardoor het probleem een lokaal/regionaal karakter heeft. Spectrale verwarring tussen open bebouwing en afgerijpte granen leidt in alle strata met afgerijpte granen tot classificatiefouten. Naast het verspreid voorkomen van als graan geclassificeerde pixels binnen open bebouwde gebieden leidt dit ook tot de foutieve classificatie van (groepjes) graanpixels als bebouwd gebied. Deze fouten zijn in beperkte mate interactief gecorrigeerd.

Wanneer op een satellietbeeld weinig kale landbouwpercelen en percelen met afgerijpt graan voorkomen, worden de boerderijen over het algemeen correct als bebouwing geclassificeerd. In gebieden met veel kale grond en/of afgerijpt graan worden de boerderijen vaak (gedeeltelijk) als kale grond of graan geclassificeerd. Bovendien worden in deze gebieden verspreide (groepjes) 'kale grond' en/of 'graanpixels' vaak foutief als bebouwing, i.c. boerderij geclassificeerd.

Wegen, die breder zijn dan 20 à 30 meter, worden over het algemeen correct als 'bebouwing en wegen' geclassificeerd. De overige wegen worden afhankelijk van hun breedte en het aangrenzende grondgebruik geclassificeerd als 'bebouwing en wegen' (meestal als een onderbroken lijn), als het aangrenzende grondgebruik of als een derde, niet aanwezige grondgebruiksklasse (met name in akkerbouwgebieden). Veel van deze relatief smalle wegen zijn visueel vaak goed te onderscheiden op het satellietbeeld.

Veel van de hierboven beschreven classificatiefouten manifesteren zich als verspreid voorkomende (groepjes) pixels. Een groot deel van deze fouten verdwijnt na toepassing van een 3 x 3 majority filter (2.5.3).

Kassen vertoonden een grote spectrale overlap met bebouwd gebied. Hierdoor was het met de beschikbare beelden niet mogelijk kassen als een afzonderlijke klasse te onderscheiden. Kassen zijn grotendeels geclassificeerd als 'bebouwing en wegen'.

Lokaal zijn landbouwgewassen geclassificeerd als bebouwd gebied, terwijl er van spectrale verwarring geen sprake is. Waarschijnlijk is hier sprake van foutieve interactieve veranderingen. Deze fout is alleen op enkele plaatsen in het oostelijk zandgebied aangetroffen.

Bebouwing in een bosrijke omgeving is vaak als bos of overig natuurgebied geclassificeerd.

Delen van satellietbeelden met bewolking zijn zo veel mogelijk vervangen door onbewolkte beelden van een andere datum. In enkele gebieden met sluierbewolking waren geen alternatieve beelden aanwezig. Vaak is door de sluierbewolking heen het grondgebruik nog wel te herkennen en kan door een visuele interpretatie een goed classificatieresultaat worden verkregen. Automatische classificatie van deze gebieden levert bijna altijd problemen op. Het uitsnijden van gebieden met bewol-

king is soms nogal onnauwkeurig gebeurd. Ook is sluibewolking in een aantal gevallen over het hoofd gezien. In de deze gevallen is bewolking en de schaduw daarvan meestal geclassificeerd als bebouwd gebied. Deze foutieve classificaties hebben een lokaal karakter, met uitzondering van een gebied met sluibewolking ter grootte van enkele honderden hectare ten noorden van Sittard, dat grotendeels foutief als bebouwd gebied is geclassificeerd. Visueel zijn bewolking en wolkenschaduw over het algemeen goed herkenbaar op het satellietbeeld.

Samenvattend kan worden gesteld dat de LGN-databank op het niveau van de hoofdklassen landelijk bezien over het algemeen een hoge nauwkeurigheid heeft. Regionaal en lokaal kan echter een vrij grote verwarring tussen verschillende hoofdklassen voorkomen. Wanneer de oppervlakten in aanmerking worden genomen, betreffen de grootste problemen het voorkomen van als gras en kale grond geclassificeerde pixels binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' en 'open natuurgebied'. Deze pixels zijn in de LGN-databank niet te onderscheiden van cultuurgrasland en kale landbouwgrond. Wat dit betekent voor de bruikbaarheid van het bestand wordt nader aangegeven in 3.6.

3.3 Classificatieresultaten LGN-subklassen

Door gedetailleerde validatie van een aantal referentiegebieden (2.3.2) is inzicht verkregen in de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid op het niveau van de subklassen. Bij de validatie van de referentiegebieden is in eerste instantie een pixelgewijze vergelijking van het classificatieresultaat met de referentiekaart uitgevoerd (2.6.2). Het resultaat staat in 3.3.1. Voor sommige toepassingen is de exacte ligging van de afzonderlijke klassen echter van minder belang en kan worden volstaan met de statistieken per deelgebied. Daarom zijn voor ieder referentiegebied ook de totale geclassificeerde oppervlakten van de aanwezige grondgebruiksklassen vergeleken met de oppervlakten op de referentiekaart (3.3.2). In 3.3.1 en 3.3.2 wordt een algemeen en samenvattend overzicht gegeven van de classificatieresultaten van de referentiegebieden. De classificatieresultaten van de afzonderlijke referentiegebieden worden gedetailleerd besproken in aanhangsel 2. In 3.3.3 tenslotte zijn voor de 14 door het CBS onderscheiden hoofdlandbouwgebieden de resultaten gegeven van de vergelijking van het LGN-gegevensbestand met de landbouwstatistieken van het CBS.

3.3.1 Pixelgewijze validatie van de referentiegebieden

In de tabellen 5 en 6 worden per opnamedatum voor de afzonderlijke grondgebruiksklassen de minimum, gemiddelde en maximum waarden gegeven van respectievelijk de classificatienauwkeurigheid en de classificatiebetrouwbaarheid (2.6). De tabellen geven een samenvatting van de resultaten van alle referentiegebieden zonder(!) grenspixels (2.6.2) en na toepassing van een 3 x 3 majority filter (2.5.3). Het referentiegebied Reuver is wegens de slechte bruikbaarheid van het satelliet-

beeld van 14 juni 1988 (3.4 en aanhangsel 2) niet in de beschouwing betrokken. Wanneer slechts de gemiddelde waarde wordt gegeven dan is dat de enige relevante waarde voor die opnamedatum. Wanneer alleen de minimum en maximum waarde wordt gegeven dan zijn slechts twee waarden beschikbaar.

Tabel 5 De minimum (min), gemiddelde (gem) en maximum (max) waarden van de classificatienauwkeurigheid (%) van de subklassen in alle referentiegebieden (uitgezonderd Reuver). Met uitzondering van de klasse 'bebouwing en wegen' zijn alleen de grondgebruiksklassen beschouwd, waarvan de oppervlakte meer dan 10% van de geanalyseerde pixels of meer dan 100 ha bestaat. Achter iedere grondgebruiksklasse is tussen haakjes aangegeven in hoeveel referentiegebieden het betreffende grondgebruik voldoet aan de vereiste minimale oppervlakte. De gegevens zijn uitgesplitst naar de opnamedata van de gebruikte satellietbeelden. Per datum is tussen haakjes het aantal gebruikte referentiegebieden aangegeven

Grond- gebruiks- klasse	Data gebruikte satellietbeelden				
	3 en 12 aug. 1986 (14)	16 juni 1986 (2)	13 sept. 1986 (1)	16 juni/ 13 sept 1986 (1)	5 en 14 juli 1987 (2)
	min gem max	min gem max	min gem max	min gem max	min gem max
gras (13)	60 83 94	90	75		24
maïs (8)	40 72 86	84			
aardappelen (9)	58 68 88	87	76	73	74 85
bieten (8)	54 72 86	75	81	73	54 72
granen (6)	84 88 92	72		16	80
overige land- bouwgewassen (5)	0 31 50	31			41
boomgaard (2)	53				65
overig natuur- gebied (1)	60				
loofbos * (3)	68 76 85				
naaldbos * (4)	76 86 96				
(gemengd)	92 95 97				
bos ** (5)					
bebouwing en wegen *** (13)	0 41 92	0 59			58

* spectrale verwarring voornamelijk binnen bos en nauwelijks met andere klassen

** de klasse '(gemengd) bos' is als goed geclassificeerd beschouwd, wanneer de betreffende pixels zijn geclassificeerd als loofbos of naaldbos

*** betreft voornamelijk boerderijen met erven

Tabel 6 De minimum (min), gemiddelde (gem) en maximum (max) waarden van de classificatiebetrouwbaarheid (%) van de subklassen in alle referentiegebieden (uitgezonderd Reuver). Met uitzondering van de klasse 'bebouwing en wegen' zijn alleen de grondgebruiksklassen beschouwd waarvan de oppervlakte meer dan 10% van de geanalyseerde pixels of meer dan 100 ha beslaat. De gegevens zijn uitgesplitst naar de opnamedata van de gebruikte satellietbeelden. Per datum is tussen haakjes het aantal gebruikte referentiegebieden aangegeven.

Grond- gebruiks- klasse	Data gebruikte satellietbeelden											
	3 en 12 aug. 1986 (14)			16 juni 1986 (2)		13 sept. 1986 (1)		16 juni/ 13 sept 1986 (1)		5 en 14 juli 1987 (1)		
	min	gem	max	min	gem	max	min	gem	max	min	gem	max
gras	41	78	95	91							48	
mais	65	81	93	61								
aardappelen	56	69	88	61		73		68		74		91
bieten	53	80	97	93		98		72		71		69
granen	63	66	69	99				37				65
overige land- bouwgewassen	43		64	73								40
boomgaard		86										88
overig natuur- gebied		90										
loofbos *		72										
naaldbos												
bos **	76	91	99									
bebouwing en wegen ***	15	49	94	0	97					0		18

* spectrale verwarring voornamelijk binnen bos en nauwelijks met andere klassen

** omdat (gemengd)bos niet kan worden onderverdeeld in naald- en loofbos zijn, wanneer de klasse (gemengd) bos aanwezig is, bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd in de klasse bos

*** betreft voornamelijk boerderijen met erven

Wanneer van een bepaalde referentieklasser slechts een betrekkelijk geringe oppervlakte in het referentiegebied voorkomt, betekent dat vaak dat de betreffende klasse ook niet veel voorkomt in het betreffende stratum. Hierdoor is het meestal moeilijk om geschikte trainingsgebieden te vinden. Ook kan het voorkomen dat de betreffende klasse in het geheel niet is geïnclassificeerd. Daarom zijn per referentiegebied alleen de belangrijkste grondgebruiksklassen (d.w.z. de klassen waarvan de oppervlakte meer dan 10% van de geanalyseerde pixels of meer dan 100 ha inneemt) beschouwd. Een uitzondering hierop vormt de klasse 'bebouwing en wegen', waarvan de classificatieresultaten van alle referentiegebieden zijn beschouwd. Omdat de meeste referentiegebieden geheel in het landelijk gebied zijn gelegen, beslaat de klasse 'bebouwing en wegen' meestal maar een geringe oppervlakte (vaak alleen verspreid liggende boerderijen). In tabel 5 is achter iedere grondgebruiksklasse aangegeven in hoeveel referentiegebieden het betreffende grondgebruik voldoet aan de vereiste minimale oppervlakte.

De referentieklasser '(gemengd) bos' (2.3.2) is als goed geïnclassificeerd beschouwd wanneer de betreffende pixels zijn geïnclassificeerd als loofbos of naaldbos. Wanneer

de referentieklassse (gemengd) bos aanwezig is, is het niet mogelijk de classificatiebetrouwbaarheid van loof- en naaldbos apart te berekenen. Daarom zijn in deze gevallen bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd in de klasse bos.

Vanwege de beperkte beschikbaarheid van referentiegegevens (2.3.2) geven de gepresenteerde resultaten in de tabellen 5 en 6 slechts een globaal inzicht in de classificatienauwkeurigheden en -betrouwbaarheden.

Uit de tabellen 5 en 6 blijkt niet alleen dat het classificatieresultaat sterk varieert tussen de verschillende grondgebruiksklassen, maar ook dat het classificatieresultaat vaak sterk varieert binnen een en dezelfde grondgebruiksklasse. In paragraaf 3.4 wordt per opnamedatum nader ingegaan op de classificatieresultaten van de verschillende grondgebruiksklassen en op de aard en oorzaken van de belangrijkste classificatiefouten. Op de gevolgen van de classificatiefouten voor de bruikbaarheid van het bestand wordt nader ingegaan in 3.6.

De grenspixels zijn afzonderlijk gevalideerd (2.6.2). De resultaten zijn voor de verschillende referentiegebieden gegeven in aanhangsel 2. De oppervlakte die door de grenspixels in beslag wordt genomen varieert tussen 26 en 40% van de totale oppervlakte per referentiegebied. Gemiddeld bestaat 32% van de oppervlakte van de referentiegebieden uit grenspixels. De geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels varieert na toepassing van een 3 x 3 majority filter tussen 48 en 81% en de gemiddelde nauwkeurigheid bedraagt 67%. Omdat (delen van) lijnvormige elementen (wegen, houtwallen, waterlopen e.d.) vaak wel correct worden geclassificeerd, maar meestal niet voorkomen in de referentiegegevens, wordt het classificatieresultaat van de grenspixels over het algemeen enigszins onderschat. Slechts bij enkele referentiegebieden bedraagt het classificatieresultaat van de grenspixels minder dan 60%. In die gevallen is meestal het classificatieresultaat van de overige pixels eveneens matig.

Om een totaalbeeld van de classificatienauwkeurigheid van de verschillende referentiegebieden te krijgen is naast de classificatienauwkeurigheid van de afzonderlijke subklassen ook de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels per referentiegebied berekend (2.6.2). Deze varieert tussen 50 en 84% en bedraagt gemiddeld 67%. Toepassing van een 3 x 3 majority filter doet de gemiddelde geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van de referentiegebieden met 5% toenemen tot 72%. De maximale toename voor een afzonderlijk referentiegebied bedraagt 8%. Voor individuele klassen kan de verbetering nog aanzienlijk hoger zijn (2.5.3).

Voor de subklassen heide en bollen waren geen referentiegegevens beschikbaar. De classificatieresultaten van deze klassen worden in 3.4 op kwalitatieve wijze besproken.

3.3.2 Validatie van de statistieken van de referentiegebieden

Voor een aantal toepassingen is de exacte ligging van de pixels niet van belang en is men slechts geïnteresseerd in de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen per deelgebied. Daarom is voor ieder referentiegebied ook de zogenaamde 'niet geografische overall classificatienauwkeurigheid' berekend (2.6.3). Deze niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid, die is berekend na toepassing van 3 x 3 majority filter, varieert tussen 69 en 96% en bedraagt gemiddeld 88% (zie aanhangsel 2, referentiegebied Reuver is niet in de beschouwing betrokken). De 'overall' classificatienauwkeurigheid blijkt dus aanzienlijk toe te nemen wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet meer in beschouwing wordt genomen. De toename varieert tussen 4 en 30% en bedraagt gemiddeld 16%. Hierbij moet wel benadrukt worden dat het in principe mogelijk is dat de nauwkeurigheid van een afzonderlijke klasse (aanzienlijk) kan afwijken van de 'overall' classificatienauwkeurigheid. Meestal betreft dat dan een grondgebruiksklasse met een relatief geringe oppervlakte.

3.3.3 Validatie van de landbouwgewassen in het LGN-bestand aan de hand van de landbouwstatistieken van de CBS-hoofdlandbouwgebieden

In aanhangsel 3 zijn voor de 14 door het CBS onderscheiden hoofdlandbouwgebieden de gegevens uit de LGN-databank vergeleken met de landbouwstatistieken van het CBS. In deze paragraaf worden de resultaten van de vergelijking van deze beide databestanden in globale zin besproken. In 3.6.2 wordt voor de afzonderlijke hoofdlandbouwgebieden nader ingegaan op de bruikbaarheid van het LGN-bestand. De onderverdeling van Nederland in hoofdlandbouwgebieden is gegeven in figuur 4. Een directe vergelijking van beide bestanden levert problemen op, omdat de wijze van verzamelen van de gegevens nogal verschillend is. De oppervlaktes uit de CBS-landbouwstatistiek betreffen de betaalde oppervlaktes. Hierin zijn kavelpaden, en sloten, houtwallen, singels, bedrijfsgebouwen, erven, tuinen, bermen e.d. niet meegenomen. In de LGN-databank daarentegen is over het algemeen geen onderscheid gemaakt tussen de bodembedekking en het functionele gebruik van de bodem (2.1). Dat betekent dat gras en kale grond in stedelijke gebieden en natuurgebieden (bijvoorbeeld tuinen, sportterreinen, parken, bouwterreinen, natuurlijke graslanden), maar ook langs wegen en waterlopen, op dijken, e.d. in de LGN-databank opgenomen zijn in de klassen gras en kale grond. Het gevolg hiervan is dat in alle hoofdlandbouwgebieden de totale oppervlakte uit de LGN-databank aanzienlijk groter is dan die uit de CBS-landbouwstatistiek. Dit wordt vooral veroorzaakt door de oppervlakte grasland en in mindere mate de oppervlakte kale grond. Bij het afleiden van de oppervlakteverdeling van grondgebruiksklassen in deelgebieden zal daarom een correctie moeten worden toegepast voor grasland en kale grond in stedelijke gebieden en natuurgebieden (3.6.1). Daarnaast wordt in een aantal hoofdlandbouwgebieden de grotere oppervlakte in de LGN-databank ten opzichte van de CBS-landbouwstatistiek voor een gering deel ook veroorzaakt door de foutieve classificatie van pixels in bebouwd gebied als landbouwgewassen (met name granen). Bij de vergelijking van

beide bestanden moet men zich bovendien realiseren dat bij de vervaardiging van de LGN-databank in een aantal gebieden satellietbeelden zijn gebruikt uit 1984, 1987 en 1988, terwijl de landbouwstatistieken van toepassing zijn op 1986.

Wanneer wordt aangenomen dat voor de hoofdlandbouwgebieden het oppervlakteverschil tussen de LGN-databank en de CBS-landbouwstatistiek voornamelijk wordt veroorzaakt door grasland en kale grond in stedelijke gebieden en natuurgebieden, dan kunnen de oppervlakten grasland en/of kale grond in de LGN-databank hiervoor worden gecorrigeerd. Het wordt dan mogelijk de oppervlakten in beide bestanden op een semi-kwantitatieve wijze met elkaar te vergelijken. In de meeste CBS-hoofdlandbouwgebieden is de 'niet geografische overall classificatienauwkeurigheid' (3.3.2) hoger dan 70 à 80%. Dit sluit aan bij de in 3.3.2 gegeven resultaten van de validatie van de referentiegebieden. Hierbij moet wel benadrukt worden dat de nauwkeurigheid van een of meer afzonderlijke klassen (aanzienlijk) kan afwijken van de 'overall' nauwkeurigheid. Meestal betreft dat dan een grondgebruiksklasse met een relatief geringe oppervlakte. In een viertal hoofdlandbouwgebieden zijn zelfs voor enkele grondgebruiksklassen die een relatief grote oppervlakte innemen, de verschillen tussen de oppervlakten in de LGN-databank en de CBS-landbouwstatistiek (aanzienlijk) groter dan 20 à 30%. Dit betreffen de volgende landbouwgebieden: Rivierkleigebied, Lössgebied, Zuidelijk zandgebied en Overig Noord-Holland. Dit betekent dat in (delen van) deze hoofdlandbouwgebieden de uit het LGN-bestand afgeleide oppervlakteverdeling van grondgebruiksklassen in subgebieden een geringe nauwkeurigheid heeft. In paragraaf 3.6.2 wordt voor de afzonderlijke hoofdlandbouwgebieden nader ingegaan op de gevolgen hiervan voor de bruikbaarheid van het LGN-bestand.

3.4 Belangrijkste classificatiefouten

In deze paragraaf wordt per opnamedatum nader ingegaan op de classificatieresultaten van de verschillende grondgebruiksklassen en op de aard en oorzaken van de belangrijkste classificatiefouten. Het overzicht van de fouten die kunnen voorkomen bij de classificatie van een satellietbeeld van een bepaalde datum is niet volledig. Sommige satellietbeelden zijn immers slechts voor een relatief klein gebied met een beperkt aantal grondgebruiksklassen gebruikt en ook ontbrak het in veel gebieden aan voldoende referentiegegevens. Alleen de fouten die bij de validatie van de LGN-databank naar voren zijn gekomen, worden vermeld. Bij het overzicht van de classificatiefouten wordt begonnen met de 'algemene' fouten die onafhankelijk zijn van de opnamedatum of die voorkomen bij de classificatie van alle satellietbeelden die opgenomen zijn in een bepaalde periode. Wanneer classificatiefouten reeds uitvoerig zijn besproken bij de validatie van de hoofdklassen in 3.2 dan wordt naar die paragraaf verwezen.

Algemene classificatiefouten:

- **Wolken** en **wolkenschaduw** worden over het algemeen als **bebouwd gebied** geclassificeerd (zie 3.2 onder 'bebouwing en wegen').
- De klassen **gras** en **kale grond** binnen de referentieklassen 'bebouwing en

wegen', 'open natuurgebied' en 'landbouw' zijn spectraal vaak niet van elkaar te onderscheiden (zie 3.2 onder 'bebouwing en wegen', 'open natuurgebied' en 'landbouw'). In veel gebieden komt deze verwarring op vrij grote schaal voor;

- Lijnvormige elementen, zoals **wegen, waterlopen en houtwallen**, die breder zijn dan 20 à 30 worden over het algemeen goed geclassificeerd. Smallere lijnvormige elementen bestaan geheel uit mixed pixels. Deze worden, afhankelijk van de breedte en de spectrale signatuur van het lijnvormige element en de spectrale signatuur van de aangrenzende grondgebruiksklasse(n), correct (vaak als een onderbroken lijn) of als (een van) de aangrenzende grondgebruiksklasse(n) of als een derde (foutieve) klasse (met name in akkerbouwgebieden) geclassificeerd;
- **Kale grond en gewassen met een geringe bodembedekking** vertonen enige spectrale overlap met 'open' **bebouwd gebied** (zie 3.2 onder 'bebouwing en wegen', 'open natuurgebied' en 'landbouw'). Wat oppervlakte betreft blijft de omvang van deze verwarring beperkt;
- **Kassen** vertonen grote spectrale overlap met **bebouwd gebied** (zie 3.2 onder 'bebouwing en wegen') en zijn daarom in de LGN-databank bij de klasse 'bebouwing en wegen' gevoegd;
- De classificatienauwkeurigheid van **verspreide bebouwing** in het landelijk gebied varieert zeer sterk, afhankelijk van de overige aanwezige grondgebruiksklassen (zie 3.2 onder 'bebouwing en wegen');
- Lokaal komt enige spectrale verwarring voor tussen **loofbomen** met een relatief hoge reflectie in het nabij-infrarood en **akkerbouwgewassen** met een volledige bodembedekking;
- In gebieden met veel kleine of smalle percelen komen relatief veel **mixed pixels** voor. Deze pixels beïnvloeden het classificatieresultaat vaak negatief.

Fouten bij de classificatie van de TM-beelden van 3 en 12 augustus 1986:

Het grootste deel van Nederland is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 en het oostelijke deel van het zandgebied in Gelderland en Overijssel is geclassificeerd met het TM-beeld van 12 augustus 1986 (plaat 1). De opnamedata van beide beelden liggen dicht bij elkaar waardoor de classificatieresultaten weinig van elkaar zullen verschillen. Beide beelden worden daarom tegelijkertijd besproken. Bij de classificatie van een tweetal gebiedjes in de provincie Overijssel is naast het TM-beeld van 12 augustus 1986 ook gebruik gemaakt van het TM-beeld van 16 juni 1986 (plaat 1). In juli en de eerste helft van augustus 1986 is er weinig neerslag gevallen, waardoor er in de eerste helft van augustus met name op de droogtegevoelige gronden sprake was van verdroging. De meeste gewassen vertoonden een volledige bodembedekking. In enkele gebieden begonnen de aardappelen verwelkingsverschijnselen te vertonen. Verder was in beperkte mate begonnen met de oogst van granen en aardappelen. Ook enkele belangrijke bolgewassen en veel 'overige landbouwgewassen' waren reeds geoogst. Bij de classificatie van de beelden van 3 en 12 augustus 1986 zijn de volgende fouten opgetreden:

- Afgerijpte **granen** vertonen spectrale overlap met 'bebouwing en wegen'. Deze verwarring treedt met name op in enkele strata met granen in het zandgebied en bij aanwezigheid van 'open' bebouwing (zie 3.2 onder 'landbouw' en 'bebouwing en wegen'). Met name in open bebouwde gebieden kan deze

verwarring lokaal zeer groot zijn. De invloed van deze spectrale verwarring op de classificatienauwkeurigheid van de granen is over het algemeen beperkt, met name in gebieden met weinig bebouwing;

- **Aardappelen** en **hoog gras** hebben een vrijwel identieke spectrale signatuur. De verwarring kan enigszins beperkt blijven door bij de classificatie, i.c. de keuze van de trainingsgebieden, rekening te houden met de aanwezige oppervlakten van beide gewassen. In gebieden waar beide gewassen grote oppervlakten innemen is de onderlinge verwarring over het algemeen groot;
- Sterk **verdrogende maïs** vertoont spectrale overlap met **kort gras**. Door een optimale keuze van de trainingsgebieden kan de verwarring beperkt blijven. In gebieden waar beide gewassen veel voorkomen, varieert de foutieve classificatie van gras als maïs tussen 1 en 6% van de oppervlakte gras en de foutieve classificatie van maïs als gras tussen 5 en 15% van de oppervlakte maïs;
- Sterk **verwelkte of reeds geoogste akker- en tuinbouwgewassen** vertonen zowel onderling spectrale verwarring als met **kort gras**. Dit komt door de sterke invloed van de kale grond op de reflectie;
- Wanneer als gevolg van sterk **verdrogende omstandigheden** de gewasstructuur en bodembedekking dermate verandert dat dit zich uit in een heterogeen reflectiepatroon, dan treedt spectrale verwarring op tussen verschillende akkerbouwgewassen. Deze classificatiefouten komen alleen op de zeer droogtegevoelige gronden voor;
- In veel gebieden treedt spectrale overlap op tussen **maïs-** en **bieten**percelen met een homogeen reflectiepatroon. Onder normale omstandigheden zijn maïs en bieten alleen van elkaar te onderscheiden doordat bieten een relatief lage reflectie vertonen in het midden-infrarode deel van het spectrum. Deze lage reflectie is het gevolg van het hoge watergehalte van de bietenbladeren (Epema, 1987 en Van Kasteren en Uenk, 1975). Bieten reageren echter snel op een hoge verdampingsvraag door verlaging van de bladwaterpotentiaal en sluiting van de huidmondjes. Hierdoor gaan de bietenbladeren slap op de bodem liggen. Deze situatie kan zich ook weer snel herstellen bij afnemende verdampingsvraag. Bij goed ontwikkelde bieten met een volledige bodembedekking blijft ook bij het slap hangen van de bladeren de bodem volledig bedekt. Het reflectiepatroon blijft daardoor homogeen. De verlaging van de bladwaterpotentiaal gaat echter gepaard met een verlaging van het watergehalte van de bladeren. De reflectie in het midden-infrarode deel van het spectrum neemt daardoor toe, waardoor spectrale verwarring met maïs optreedt. De verwarring kan enigszins beperkt blijven door bij de classificatie, i.c. de keuze van de trainingsgebieden, rekening te houden met de aanwezige oppervlakten van beide gewassen. In gebieden waar beide gewassen grote oppervlakten innemen is de onderlinge verwarring over het algemeen groot;
- Van **'overige landbouwgewassen'** zijn over het algemeen weinig referentiegegevens beschikbaar. In veel gebieden is de klasse 'overige landbouw' zeer heterogeen en bestaat uit een groot aantal (tuinbouw)gewassen die ieder afzonderlijk slechts een beperkte oppervlakte innemen. Bovendien hebben een groot aantal van deze 'overige landbouwgewassen' een lage bodembedekking of zijn reeds geoogst. De klasse is dan ook spectraal zeer divers en vertoont spectrale overlap met een groot aantal andere landbouwgewassen en kale grond. De klasse 'overige landbouwgewassen' is daarom vaak niet afzonderlijk

geclassificeerd of vertoont een slecht classificatieresultaat.

Er zijn verschillende (akkerbouw)gebieden waar bepaalde 'overige landbouwgewassen' op grote schaal worden verbouwd (bijvoorbeeld peulvruchten en uien). Door het ontbreken van voldoende referentiegegevens zijn in deze gebieden voor de klasse 'overige landbouwgewassen' vaak trainingsgebieden aangewezen aan de hand van percelen met 'afwijkende' reflectiewaarden ten opzichte van gewassen met bekende spectrale signatuur. In veel akkerbouwgebieden komen deze percelen met afwijkende spectrale signatuur op grote schaal voor. Deze percelen zijn naar verwachting correct als 'overige landbouwgewassen' geclassificeerd. Daarnaast komen in de akkerbouwgebieden ook 'overige landbouwgewassen' voor die spectrale verwarring vertonen met andere akkerbouwgewassen of die reeds zijn geoogst. Uit de beschikbare referentiegegevens blijkt bijvoorbeeld dat 'overige landbouwgewassen' nogal eens foutief worden geclassificeerd als granen. Dit verklaart ook grotendeels dat de classificatiebetrouwbaarheid van granen aanzienlijk lager is dan de classificatienauwkeurigheid (tabellen 5 en 6). Vanwege het gebrek aan voldoende referentiegegevens zijn echter geen gedetailleerde uitspraken te doen over het classificatieresultaat van de 'overige landbouwgewassen'. De indruk bestaat echter dat in de belangrijke akkerbouwgebieden met weinig gras en maïs de belangrijke akkerbouwgewassen aardappelen, bieten en granen over het algemeen redelijk tot goed zijn geclassificeerd. Het classificatieresultaat van deze gewassen wordt echter negatief beïnvloed door de aanwezigheid van veel 'overige landbouwgewassen';

- Van de klasse **heide** waren geen referentiegegevens beschikbaar. De klasse heide is echter overgenomen uit een door het RIN vervaardigd heidebestand (2.5.1). Voor gedetailleerde informatie over dit bestand wordt verwezen naar de resultaten van de betreffende studie (Van Kootwijk en Van der Voet, 1989; Van Kootwijk, 1989). Het RIN-heidebestand bestaan voornamelijk uit pixels met (vergraste) heide. Spectraal afwijkende pixels binnen 'heidegebieden' (bijvoorbeeld door de aanwezigheid van afwijkende vegetatie, water of kale grond) vallen buiten het bestand. Deze 'afwijkende' pixels in heidegebieden zijn in het LGN-project voornamelijk geclassificeerd als 'overig natuurgebied, gras of kale grond';
- Van de klasse **bollen** waren nagenoeg geen referentiegegevens beschikbaar. Belangrijke bolgewassen zoals tulpen, hyacinten en narcissen zijn op 3 augustus reeds geoogst, waardoor deze percelen over het algemeen slecht zijn te onderscheiden van de overige landbouwpercelen met kale grond. Aan de hand van de CBS-landbouwstatistieken en de stratificatie zijn in de belangrijke bollengebieden in Noord- en Zuid-Holland kale grond percelen interactief gehercodeerd naar bollen. Aan de hand van een visuele beoordeling van het grondgebruiksbestand werd de classificatie van deze bollenpercelen als redelijk goed beoordeeld door medewerkers van de Provincie Noord-Holland. Wel komen iets te veel als 'bebouwing en wegen' geclassificeerde pixels voor in de bollengebieden. De classificatienauwkeurigheid neemt waarschijnlijk af naarmate in strata naast bollenpercelen meer andere percelen met kale grond voorkomen. Belangrijke bolgewassen die begin augustus nog niet zijn geoogst, zoals lelies, gladiolen en irissen zijn waarschijnlijk voor een groot deel verward met als

- andere landbouwgewassen;
- De classificatienauwkeurigheid van **boomgaarden** is over het algemeen gering. Afhankelijk van de bodembedekking en de ondergroei treedt met name spectrale verwarring op met **kale grond, bebouwd gebied** en **loofbos**. Automatische classificatie geeft daarom vaak grote problemen. Boomgaarden zijn daarom vaak aan de hand van de topografische kaarten en de satellietbeelden interactief aan het bestand toegevoegd;
 - **Boomkwekerijen** zijn, afhankelijk van de bodembedekking, over het algemeen geassocieerd als **bebouwing, kale grond, boomgaard** of **loofbos**. Alleen bij Boskoop zijn de boomkwekerijen grotendeels gehercodeerd naar 'overige landbouwgewassen';
 - **Loof-** en **naaldbos** zijn over het algemeen zeer goed geassocieerd. Er treedt in beperkte mate enige onderlinge verwarring op als gevolg van met name verschillen in beplantingsdichtheid en de aanwezigheid van mixed pixels. Lokaal worden bospercelen met jonge aanplant en met een relatief open structuur geassocieerd als 'open natuurgebied', gras of bebouwing. Verder worden kleine 'open natuurgebieden' in een bos worden soms als bos geassocieerd;
 - Met name loofbossen in natte natuurgebieden (**broekbossen en grienden**) vertonen spectrale verwarring met verschillende **landbouwgewassen**;
 - **Bebouwing in een bosrijke omgeving** is spectraal vaak niet te onderscheiden van **bos**. Deze villawijken worden daarom vaak als bos geassocieerd;
 - Met name in akkerbouwgebieden worden **mixed pixels** op de grens tussen verschillende landbouwgewassen en langs wegen en waterlopen vaak foutief geassocieerd;
 - Door naast het beeld van 3 of 12 augustus 1986 ook gebruik te maken van het TM-beeld van 16 juni 1986 zullen in een akkerbouwgebied met name de granen beter worden geassocieerd en kunnen aardappelen en gras beter van elkaar worden onderscheiden.

Fouten bij de classificatie van het TM-beeld van 16 juni 1986:

Enkele gebieden in midden en oost Nederland zijn geassocieerd met het TM-beeld van 16 juni 1986. Bij de classificatie van een tweetal gebiedjes in de provincie Overijssel is naast het TM-beeld van 16 juni 1986 ook gebruik gemaakt van het TM-beeld van 12 augustus 1986. Tenslotte is bij de classificatie van enkele gebieden in noord-oost Nederland naast het TM-beeld van 16 juni 1986 ook gebruik gemaakt van het TM-beeld van 13 september 1986 (plaat 1). Slechts gras, wintergranen en enkele 'overige landbouwgewassen' bedekten de bodem volledig op 16 juni 1986. De meeste andere gewassen hadden nog een betrekkelijk geringe bodembedekking. Bij aardappelen wisselde de bodembedekking sterk. Waarschijnlijk is er sprake van vroege en late aardappelen. Bij de classificatie van het beeld van 16 juni 1986 zijn de volgende fouten opgetreden:

- **Gewassen met een onvolledige bodembedekking** (bieten, late aardappelen, veel 'overige landbouwgewassen') vertonen zowel onderling spectrale verwarring als met **kale grond**. De mate van spectrale verwarring en derhalve het classificatie-resultaat varieert sterk, afhankelijk van de mate van bodembedekking;
- De bodembedekking van **maïs** is zo gering dat de classificatieresultaten van maïs in akkerbouwgebieden zeer slecht zijn. In grote delen van het zandgebied waar gras en maïs de belangrijkste gewassen zijn, is maïs door de geringe

bodembedekking juist zeer goed te onderscheiden van gras. Er treedt daar alleen enige verwarring op met pas ingezaaid en zeer kort grasland;

- **Aardappelen** met een hoge bodembedekking en **hoog gras** hebben een vrijwel identieke spectrale signatuur. De verwarring kan beperkt blijven door bij de classificatie, i.c. de keuze van de trainingsgebieden, rekening te houden met de aanwezige oppervlakten van beide gewassen. Vroege aardappelen en hoog gras vertonen bovendien enige spectrale verwarring met **wintergranen** en **peulvruchten**;
- **Wintergranen** en enkele 'overige landbouwgewassen' (bijv. erwten) bedekken de bodem volledig. Het classificatieresultaat van deze gewassen hangt sterk af van eventuele onderlinge spectrale verwarring;
- Met name in akkerbouwgebieden worden **mixed pixels** op de grens tussen verschillende landbouwgewassen en langs wegen en waterlopen vaak foutief geclasificeerd;
- Door naast het beeld van 16 juni 1986 ook gebruik te maken van het TM-beeld van 12 augustus 1986 zullen in een akkerbouwgebied met name de aardappelen en bieten beter worden geclasificeerd;
- Door naast het beeld van 16 juni 1986 ook gebruik te maken van het TM-beeld van 13 september 1986 worden in een akkerbouwgebied met name de bieten aanzienlijk beter geclasificeerd.

Fouten bij de classificatie van het TM-beeld van 13 september 1986:

Twee kleine gebieden in noord oost Nederland zijn geclasificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986. Bij de classificatie van een groter gebied in het noord-oosten van het land is naast het TM-beeld van 13 september ook gebruik gemaakt van het TM-beeld van 16 juni 1986 (plaat 1). Op 13 september 1986 waren de granen, een deel van de aardappelen en de meeste 'overige landbouwgewassen' reeds geoogst. Een deel van de aardappelen stond nog op het veld in verschillende stadia van afsterving. Bieten en maïs stonden ook nog op het veld. Bij de classificatie van het beeld van 13 september 1986 zijn de volgende fouten opgetreden:

- De **granen**, **peulvruchten** en een deel van de **aardappelen** zijn reeds geoogst en daardoor niet van elkaar te onderscheiden. Ook vertonen deze gewassen enige spectrale verwarring met **kort gras**;
- De meeste **bieten** vertonen een volledige bodembedekking en een redelijk homogeen reflectiepatroon, waardoor zij gemakkelijk zijn te onderscheiden van de overige gewassen. Het classificatieresultaat van de bieten is dan ook goed. Voornamelijk als gevolg van beginnende oogstwerkzaamheden treedt enige verwarring op met andere reeds geoogste gewassen;
- **Aardappelen** met een relatief hoge bodembedekking vertonen spectrale verwarring met **hoog gras**;
- **Mais** vertoont, waarschijnlijk als gevolg van verwelking, een zeer heterogeen reflectiepatroon. Het classificatieresultaat is daardoor matig;
- Door naast het beeld van 13 september 1986 ook gebruik te maken van het TM-beeld van 16 juni 1986 kunnen naar verwachting met name de (winter)granen beter worden geclasificeerd.

Fouten bij de classificatie van de TM-beelden van 5 en 14 juli 1987:

Het zuid-oostelijk deel van de provincie Drenthe, waaronder een groot deel van de Veenkoloniën, is geclassificeerd met het TM-beeld van 5 juli 1987 en een groot deel van de provincie Zeeland is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juli 1987 (plaat 1). De opnamedata van beide beelden liggen dicht bij elkaar waardoor de classificatieresultaten weinig van elkaar zullen verschillen. Beide beelden worden daarom tegelijkertijd besproken. De akkerbouwgewassen aardappelen, bieten en granen en een aantal 'overige landbouwgewassen' vertoonden begin juli 1987 een volledige bodembedekking. De bodembedekking van maïs daarentegen was nog betrekkelijk gering. Met name in Zeeland waren verschillende 'overige landbouwgewassen' reeds geoogst. Op 5 juli 1987 waren de granen nog niet afgerijpt. Op 14 juli 1987 vertoonden enkele graanpercelen in de Veenkoloniën beginnende afrijping. Bij de classificatie van de beelden van 5 en 14 juli 1987 zijn de volgende fouten opgetreden:

- **Aardappelen** en **hoog gras** hebben een vrijwel identieke spectrale signatuur. De verwarring kan enigszins beperkt blijven door bij de classificatie, i.c. de keuze van de trainingsgebieden, rekening te houden met de aanwezige oppervlakten van beide gewassen. In gebieden waar beide gewassen grote oppervlakten innemen is de onderlinge verwarring over het algemeen groot. Gras vertoont bovendien spectrale verwarring met boomgaarden (Zeeland) en overige landbouwgewassen;
- **Begin juli** is de bodembedekking van **maïs** nog beperkt, waardoor op grote schaal spectrale verwarring optreedt met **kort gras** en **kale grond**. Omdat de oppervlakte maïs in de Veenkoloniën en de akkerbouwgebieden van Zeeland echter gering is, heeft de slechte classificatie van maïs weinig invloed op het classificatieresultaat van deze gebieden;
- **Bieten**, (niet afgerijpte) **granen** en enkele 'overige landbouwgewassen' vertonen onderling spectrale verwarring. Het classificatieresultaat van deze gewassen is sterk afhankelijk van de kwaliteit van de trainingsgebieden en varieert in de praktijk van zeer slecht tot redelijk;
- De al geoogste 'overige landbouwgewassen' vertonen spectrale verwarring met **kale grond**;
- **Boomgaarden** vertonen spectrale overlap met een groot aantal grondgebruiksklassen, maar vooral met **gras** en **kale grond**. Hierdoor is automatische classificatie vaak problematisch. Boomgaarden zijn daarom vaak aan de hand van de topografische kaart en het satellietbeeld interactief aan het grondgebruiksbestand toegevoegd. Het uiteindelijke classificatieresultaat is over het algemeen matig;

Fouten bij de classificatie van het TM-beeld van 14 juni 1988:

De zuidelijke helft van de provincie Limburg en een smalle strook langs de Duitse grens ter hoogte van Venlo zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juni 1988 (plaat 1). Slechts gras, wintergranen en enkele 'overige landbouwgewassen' bedekten de bodem over het algemeen volledig op 14 juni 1988. Door het vroege tijdstip van de opname en doordat de gewasontwikkeling als gevolg van het koude en natte voorjaar van 1988 sterk is vertraagd, vertoonden alle overige gewassen nog een zeer geringe bodembedekking. Als gevolg van wateroverlastschade varieerde de gewasontwikkeling bovendien sterk over het gebied. Bij de classificatie van het beeld van 14 juni 1988 zijn de volgende fouten opgetreden:

- Door de geringe bodembedekking en de onregelmatige gewasontwikkeling vertonen de meeste percelen een heterogeen reflectiepatroon. Het gevolg is dat de meeste landbouwgewassen in sterke mate spectrale verwarring vertonen met andere gewassen. Een betrouwbare classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen, inclusief grasland, was hierdoor niet mogelijk;
- **Boomgaarden** vertonen vooral spectrale verwarring met gras en loofbos en zijn slecht geclassificeerd;
- De hoofdklassen landbouw, bos, (aaneengesloten) stedelijke bebouwing en water komen visueel over het algemeen redelijk tot goed naar voren;
- Een gebied met sluierbewolking ter grootte van enkele honderden hectare ten noorden van Sittard, dat voornamelijk bestaat uit landbouw- en bosgebied, is grotendeels foutief geclassificeerd als bebouwd gebied en gras.

Fouten bij de classificatie van het TM-beeld van 20 augustus 1984:

Een strook in het westen van de provincie Zeeland is geclassificeerd met het TM-beeld van 20 augustus 1984. Voor zover de gewassen nog op het veld staan zullen de problemen die zich voordoen bij de classificatie van dit beeld nagenoeg overeenkomen met de classificatieproblemen van de beelden van 3 en 12 augustus 1986 (zie boven). De oppervlakte geoogste gewassen (aardappelen, granen en 'overige landbouwgewassen') en afstervende aardappelen is echter sterk toegenomen op 20 augustus, waardoor het classificatieresultaat afneemt.

Het zal duidelijk zijn dat de boven genoemde (spectrale) verwarringen tussen verschillende grondgebruiksklassen zich alleen voordoen in die strata waar de betreffende grondgebruiksklassen gezamenlijk aanwezig zijn. Dat verklaart de grote variatie in de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van de verschillende grondgebruiksklassen (tabellen 5 en 6). De vermelde classificatiefouten hebben uiteraard consequenties voor de toepasbaarheid van het grondgebruiksdatabestand. In paragraaf 3.6 wordt hier nader op ingegaan.

3.5 Samenvatting van de oorzaken van de classificatiefouten

Aan de hand van de uitgevoerde validatie van het LGN-bestand is inzicht verkregen in de belangrijkste oorzaken van de classificatiefouten. Het classificatieresultaat blijkt aanzienlijk te variëren afhankelijk van verschillende factoren. Hieronder wordt een samenvattend overzicht gegeven van de belangrijkste oorzaken van classificatiefouten.

Grootte en vorm van de grondgebruiksklassen en het percentage grenspixels

Door de pixelgewijze vergelijking van de referentiekaart met het classificatieresultaat wordt onder andere een foutenkaart verkregen (2.6.2 en figuur 3B). Deze kaart geeft de ligging aan van de foutief geclassificeerde pixels. Veel 'foutief' geklassificeerde pixels blijken langs grenzen tussen verschillende grondgebruiksklassen te liggen. Dit verschijnsel wordt in de alle referentiegebieden aangetroffen. Het aantal grenspixels varieert van ca. 25 tot 40%, afhankelijk van met name de perceelsvorm en -grootte. Zoals gesteld in 2.6.2 kunnen geringe

verschuivingen van perceelsgrenzen in het satellietbeeld ten opzichte van de referentiegegevens ervoor zorgen dat grenspixels ten onrechte als foutief geïdentificeerd worden beschouwd. Daarnaast komt het echter ook voor (met name in akkerbouwgebieden) dat mixed pixels langs grenzen foutief worden geïdentificeerd als een derde grondgebruiksklasse. De grenspixels zijn afzonderlijk gevalideerd (2.6.2).

Smalle lijnvormige elementen, zoals wegen, waterlopen en houtwallen bestaan vaak geheel of gedeeltelijk uit mixed pixels. Het classificatieresultaat van deze pixels is afhankelijk van de breedte van het lijnvormige element en de spectrale signatuur van het lijnvormige element en de aangrenzende grondgebruiksklasse(n) (3.3).

Afwijkende gewasontwikkeling

Door het optreden van ziekte, wateroverlast, verdroging of afsterving kan de gewasontwikkeling en daarmee de structuur en/of de bodembedekking van een gewas worden beïnvloed. Dit heeft vaak gevolgen voor de reflectie van het gewas. Hierdoor kunnen gewassen die normaal een duidelijk verschillende spectrale signatuur hebben, elkaar spectraal gaan overlappen, waardoor classificatiefouten kunnen optreden. De intensiteit van de genoemde verschijnselen varieert vaak binnen een perceel. Invloed van wateroverlast is vooral merkbaar op het satellietbeeld van 14 juni 1988 en invloed van verdroging op de beelden van 3 en 12 augustus 1986.

Verschil tussen de bodembedekking en het functionele gebruik van de bodem

Binnen verschillende referentieklassen kunnen dezelfde vormen van bodembedekking voorkomen. Het functionele gebruik van deze bodembedekkingsklassen verschilt echter per referentieklassen. Zo kan bijvoorbeeld de bodembedekkingsklasse gras worden gebruikt als cultuurgrasland, maar ook als sportveld, stadspark of natuurterrein. Een bepaalde vorm van bodembedekking wordt vaak gekenmerkt door een bepaalde spectrale signatuur. Omdat bij het uitvoeren van een automatische classificatie slechts spectrale klassen kunnen worden onderscheiden is het vaak onmogelijk om onderscheid te maken tussen de bodembedekking en het functionele gebruik van de bodem. Dit probleem doet zich met name voor in de referentieklassen 'bebouwing en wegen' en 'open natuurgebied'. Als gevolg van de definitie van deze beide referentieklassen (2.1) komen binnen deze referentieklassen vaak meerdere vormen van bodembedekking voor (bijv. bomen, gras en kale grond).

Variatie in bodembedekking en spectrale signatuur binnen referentieklassen

Binnen de heterogene referentieklassen 'bebouwing en wegen' en 'open natuurgebied' komen verschillende vormen van bodembedekking vaak op korte afstand van elkaar voor. Binnen dergelijke heterogene klassen is het moeilijk om representatieve trainingsgebieden aan te wijzen. De trainingsgebieden vertonen vaak een relatief grote spreiding in reflectiewaarden, waardoor gemakkelijk overlap optreedt met andere grondgebruiksklassen.

Grondgebruik, opnamedatum en bewolking

Wanneer in hetzelfde stratum twee of meer grondgebruiksklassen elkaar op een bepaald satellietbeeld spectraal geheel of gedeeltelijk overlappen, levert dit problemen op bij de classificatie. De klassen kunnen dan niet of slechts in beperkte mate van elkaar worden onderscheiden. De spectrale signatuur van gewassen wordt in belangrijke mate bepaald door het ontwikkelingsstadium van de gewassen. Behalve door stressfactoren zoals wateroverlast en droogte (zie boven), wordt het ontwikkelingsstadium van een gewas met name bepaald door het tijdstip in het groeiseizoen. Vroeg in het seizoen vertonen de meeste gewassen nog slechts een geringe bodembedekking, waardoor de optredende reflectie mede wordt bepaald door de kale bodem. Gedurende de rest van het groeiseizoen verandert de spectrale signatuur door toename van de bodembedekking en biomassa, afrijping van het gewas e.d. In een nog later stadium gaan de oogst en afsterving van gewassen een rol spelen.

Wolken en wolkenschaduw kunnen een goede classificatie onmogelijk maken. Bij de aanwezigheid van sluierbewolking is door de bewolking heen het grondgebruik vaak nog wel te herkennen en kan door een visuele interpretatie een goed classificatieresultaat worden verkregen. Automatische classificatie van deze gebieden levert bijna altijd problemen op. De aanwezigheid van bewolking en wolkenschaduw is over het algemeen goed waarneembaar op het satellietbeeld.

Naast bovengenoemde oorzaken van classificatiefouten is het classificatieresultaat tevens afhankelijk van de toegepaste stratificatie, de keuze van de trainingsgebieden en de beschikbaarheid van voldoende betrouwbare referentiegegevens.

3.6 Bruikbaarheid van het LGN-bestand

3.6.1 Algemeen

De bruikbaarheid van het LGN-bestand is afhankelijk van de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de grondgebruiksgegevens en van de schaal waarop de gegevens worden gebruikt. Bij toepassing op **landelijke schaal** (1 : 100 000 en kleiner) zal altijd een of andere vorm van ruimtelijke aggregatie plaats vinden. Op deze schaal zijn afzonderlijke grondgebruikseenheden kleiner dan een bepaald oppervlak, bijvoorbeeld 10 of 25 ha, niet meer relevant. Deze oppervlakken kunnen door selectie uit het bestand worden verwijderd. Ook vindt vaak een omzetting van het originele rasterbestand van 25 x 25 meter plaats naar een bestand met pixels van bijvoorbeeld 250 x 250 of 500 x 500 meter. Aan de nieuwe pixels wordt dan het in de betreffende pixels overheersende grondgebruik toegekend. Veel classificatiefouten die verspreid voorkomen en kleine oppervlakken beslaan, verdwijnen hierdoor. Het classificatieresultaat neemt hierdoor toe, maar de toename is sterk afhankelijk van de heterogeniteit van het gebied. Een nadeel van de ruimtelijke aggregatie is namelijk dat de grootste klassen procentueel sterk in omvang zullen toenemen en de kleinere klassen kleiner zullen worden of zelfs verdwijnen. Bij een schaalniveau dat behoort bij toepassingen op landelijke schaal is het echter vaak niet meer gewenst onderscheid te maken tussen alle verschillende subklassen.

De nadelen die optreden bij ruimtelijke aggregatie naar grotere pixels verdwijnen, wanneer aan de nieuwe pixels niet het in de pixels overheersende grondgebruik wordt toegekend, maar wanneer voor iedere pixel de oppervlakteverdeling van de verschillende grondgebruiksklassen worden bewaard. Om te kleine percentages te vermijden zal het vaak gewenst zijn verschillende subklassen samen te voegen of om klassen die relatief geringe oppervlakten beslaan (bijvoorbeeld minder dan 10% van het oppervlak van het pixel) toe te wijzen aan de overige klassen (bijvoorbeeld proportioneel met de ingenomen oppervlakten).

Bij toepassingen op **regionale schaal** (schaal 1 : 50 000) zal het originele bestand met pixels van 25 x 25 meter over het algemeen als uitgangspunt dienen. Voor verschillende toepassingen op regionale schaal is de exacte ligging van het grondgebruik per pixel van 25 x 25 meter echter niet van belang en kan worden volstaan met de verdeling van de oppervlakten in subgebieden. Bij deze subgebieden moet niet alleen worden gedacht aan grotere pixels, maar ook aan bijvoorbeeld waterwingebieden, stroomgebieden of gebieden met een bepaald bodemtype. Wanneer alleen de oppervlakteverdeling van het grondgebruik in een subgebied in beschouwing wordt genomen dan neemt de classificatienauwkeurigheid over het algemeen aanzienlijk toe (3.3.2 en 3.3.3).

Wanneer, bij toepassingen op regionale schaal, de ligging en de grootte van de originele pixels (25 x 25 m) gehandhaafd blijft, dan varieert het classificatieresultaat van de grondgebruiksgegevens sterk, afhankelijk van de ligging, het

aanwezige grondgebruik, de gewasontwikkeling, de samenvoeging van subklassen en de kwaliteit en opnamedatum van de satellietbeelden (3.5).

Om de bruikbaarheid van het bestand vast te kunnen stellen moet bekend zijn welke nauwkeurigheid en/of betrouwbaarheid vereist is voor een bepaalde toepassing. In feite is hier weinig over bekend. Ook tijdens de evaluatie van het LGN-project kon door de gebruikers niet nader worden aangegeven welke nauwkeurigheid gewenst is voor de verschillende toepassingen (hoofdstuk 7 en aanhangsel 5). Vaak werd op de vraag naar de gewenste nauwkeurigheid geantwoord: "zo nauwkeurig mogelijk". Uiteraard is de vereiste nauwkeurigheid, c.q. betrouwbaarheid afhankelijk van de toepassing. Bij toepassingen waarbij bijvoorbeeld alleen de ligging van maispercelen of het onderscheid tussen grasland en akkerbouw van belang is, worden andere eisen aan de kwaliteit van het LGN-bestand gesteld dan bij toepassingen waarbij een zo hoog mogelijke 'overall' classificatienauwkeurigheid is vereist. Over het algemeen is het verkrijgen van grondgebruiksgegevens uit satellietbeelden geen doel op zich, maar worden de gegevens gebruikt als een van de uitgangsbestanden die nodig zijn voor studies op het gebied van de waterhuishouding, bodem- en grondwaterbescherming of ruimtelijke ordening (5.1). De grondgebruiksgegevens worden dan gecombineerd met andere (digitale) gegevensbestanden, zoals bijvoorbeeld bodemkaarten of meteorologische gegevens. De toepasbaarheid van de LGN-databank wordt dan mede bepaald door de aard en de kwaliteit van de andere gegevensbestanden. Fouten in het LGN-bestand kunnen bij combinatie met andere bestanden worden versterkt maar ook worden gecompenseerd. Zo zal in hydrologische studies de verwarring tussen bepaalde grondgebruiksklassen niet van belang zijn, omdat het onderscheid waterhuishoudkundig niet relevant is. Bij combinatie van het LGN-bestand met de bodemkaart zijn classificatiefouten in stedelijke gebieden niet van belang, omdat deze gebieden op de bodemkaart in de klasse 'niet geclassificeerd' vallen. In zijn algemeenheid kan echter worden gesteld dat over de voortplanting van fouten bij combinatie van meerdere gegevensbestanden en over de gewenste nauwkeurigheid van de LGN-databank voor verschillende toepassingen nog weinig bekend is en nader onderzoek gewenst is.

In deze studie is er van uitgegaan dat, wil het LGN-bestand bruikbaar zijn, de nauwkeurigheid van de grondgebruiksgegevens groter moet zijn dan 70 à 80%. Dat sluit aan bij de nauwkeurigheid van de bodemkaart van Nederland (Marsman and De Gruijter, 1986). Dat geldt dan voor iedere schaal en alle aggregatieniveaus. Zo kan bijvoorbeeld in een bepaald gebied de nauwkeurigheid van het originele LGN-bestand met 25 x 25 meter pixels onvoldoende zijn om het bestand op pixel niveau te kunnen toepassen. Het bestand kan echter in hetzelfde gebied wel bruikbaar zijn indien kan worden volstaan met de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in het betreffende gebied. Bij de genoemde nauwkeurigheid van 70 à 80% wordt in principe gedacht aan de 'overall' classificatienauwkeurigheid. De classificatienauwkeurigheid van individuele klassen kan daar soms (aanzienlijk) van afwijken.

Aan de hand van de hier boven vermelde uitgangspunten en de resultaten van de validatie kan worden gesteld dat de LGN-databank over het algemeen zowel op het

niveau van de hoofd- als op het niveau van de subklassen bruikbaar is op **landelijk schaal**, met uitzondering van de delen van Limburg die zijn geclassificeerd met het satellietbeeld van 14 juni 1988 (3.4 en aanhangsel 2). In deze laatste gebieden is het LGN-bestand alleen bruikbaar op het niveau van de hoofdklassen, met uitzondering van een gebied met sluierbewolking ter grootte van enkele honderden hectare ten noorden van Sittard. In dat gebied, dat grotendeels foutief is geclassificeerd als bebouwd gebied en gras, is het LGN-bestand niet bruikbaar. Ook bij toepassingen op **regionale schaal** is het bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als op het niveau van de subklassen, in het grootste deel van Nederland bruikbaar wanneer kan worden volstaan met de oppervlakteverdeling van het grondgebruik in subgebieden die voornamelijk zijn gelegen in landbouw- of bosgebied. Men moet zich hierbij wel realiseren dat het in principe mogelijk is dat de nauwkeurigheid van een afzonderlijke klasse (aanzienlijk) kan afwijken van de genoemde 70 à 80%. Meestal betreft dat dan een grondgebruiksklasse met een relatief geringe oppervlakte. Wanneer de betreffende grondgebruiksklasse echter van groot belang is voor een bepaalde toepassing dan kan het gebruik van het LGN-bestand onnauwkeurige resultaten opleveren. In een aantal gebieden zijn zelfs voor een relatief groot aantal grondgebruiksklassen de verschillen tussen de oppervlakten in de LGN-databank en de CBS-landbouwstatistiek (aanzienlijk) groter dan 20 à 30% (3.3.3). In deze gebieden is de uit het LGN-bestand afgeleide oppervlakteverdeling van grondgebruiksklassen niet bruikbaar. Ook wanneer een subgebied voor een groot deel bestaat uit open natuurgebied (met name in de zandgebieden) en/of stedelijk gebied, kan de beperkte nauwkeurigheid van de uit het LGN-bestand afgeleide oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen toepassing in de weg staan. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat gras en kale grond in open natuurgebieden en stedelijk gebied niet kan worden onderscheiden van cultuurgrasland en kale landbouwgrond. Bij toepassingen in relatief kleine gebieden kunnen deze verwarringen echter gemakkelijk en snel interactief worden gecorrigeerd. Voor toepassing in grote gebieden kan het gebruik van een digitaal geografisch bestand met informatie over de ligging van stedelijk gebied en natuurgebieden uitkomst bieden.

Wanneer bij toepassingen op regionale schaal zowel de grootte (25 x 25 m) als de ligging van de originele pixels gehandhaafd blijft, dan varieert de nauwkeurigheid en/of betrouwbaarheid en derhalve de bruikbaarheid van het grondgebruiksbestand sterk over Nederland, zowel op het niveau hoofd- als op het niveau van de subklassen (3.2 en 3.3.1). Op lokaal niveau is het LGN-bestand niet bruikbaar.

In de volgende paragraaf wordt voor de 14 door het CBS onderscheiden hoofdlandbouwgebieden van Nederland op kwalitatieve wijze nader ingegaan op de toepasbaarheid van het originele LGN-bestand met pixels van 25 x 25 meter op regionale schaal.

3.6.2 Bruikbaarheid van het originele LGN-bestand op regionale schaal in de CBS-hoofdlandbouwgebieden

In deze paragraaf wordt voor de 14 CBS-hoofdlandbouwgebieden op kwalitatieve wijze ingegaan op het classificatieresultaat en met name de bruikbaarheid van het originele LGN-bestand met pixels van 25 x 25 meter op regionale schaal. De ligging van de hoofdlandbouwgebieden is weergegeven in figuur 4. Bij de bespreking van de bruikbaarheid van het LGN-bestand wordt onderscheid gemaakt tussen het niveau van de hoofdklassen en het niveau van de subklassen en tussen toepassing op pixelniveau (25 x 25 m) en toepassing van de oppervlakteverdeling van grondgebruiksklassen in subgebieden.

Bij het vaststellen van de bruikbaarheid van het LGN-bestand is uitgegaan van de resultaten van de:

- kwalitatieve validatie van de hoofdklassen (3.2);
- kwantitatieve validatie van de referentiegebieden (3.3.1, 3.3.2 en aanhangsel 2);
- de vergelijking van de LGN-databank met de CBS-landbouwstatistiek voor de hoofdlandbouwgebieden (3.3.3 en aanhangsel 3);
- de visuele vergelijking van het LGN-bestand met de originele satellietbeelden en de topografische kaart (1 : 50 000) voor een aantal representatieve kaartbladen per hoofdlandbouwgebied.

Van een groot aantal hoofdlandbouwgebieden zijn geen gedetailleerde referentiegegevens beschikbaar. Uitspraken over de bruikbaarheid van het LGN-bestand in deze gebieden zijn dan ook geheel gebaseerd op een kwalitatieve vergelijking van het LGN-bestand met topografische kaarten, de originele satellietbeelden en de CBS-landbouwstatistiek en op de tijdens de uitvoering van de classificatie en de validatie verkregen kennis van reflectieeigenschappen van de diverse grondgebruiksklassen. Met name over de reflectieeigenschappen van veel 'overige landbouwgewassen' is echter onvoldoende bekend. Wanneer hieronder wordt geconcludeerd dat het LGN-bestand in een bepaald gebied niet bruikbaar is op (bijvoorbeeld) pixelniveau dan geldt dat voor toepassingen waarbij alle grondgebruiksklassen van belang zijn. In dat geval kan het bestand voor één of meerdere afzonderlijke klassen of na samenvoeging van verschillende klassen wel voldoende nauwkeurig zijn en toepasbaar op pixelniveau.

Bij de bespreking van de bruikbaarheid van het LGN-bestand per hoofdlandbouwgebied worden voor alle in het betreffende hoofdlandbouwgebied gelegen referentiegebieden de waarden gegeven van de geografische en de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid (2.6.2 en 2.6.3). De waarden zijn van toepassing op alle pixels in het referentiegebied na toepassing van een 3 x 3 majority filter. Voor het referentiegebied Borssele zijn de grenspixels echter niet in beschouwing genomen bij de validatie.

De oppervlakte grasland en kale grond in de LGN-databank is over het algemeen aanzienlijk groter dan die in de CBS-landbouwstatistiek. Dit wordt met name veroorzaakt door de oppervlakten gras en kale grond die voorkomen binnen of grenzen aan stedelijk gebied en die voorkomen binnen natuurgebieden en niet in

landbouwkundig gebruik zijn. In paragraaf 3.3.3 is hier reeds uitvoerig op ingegaan. In deze paragraaf wordt daar niet voor ieder landbouwgebied op teruggekomen.

Bij de bespreking van de bruikbaarheid van het LGN-bestand per hoofdlandbouwgebied wordt onder de oppervlakte cultuurgrond verstaan de oppervlakte waarop landbouwgewassen worden geteeld met uitzondering van de oppervlakte glastuinbouw.

3.6.2.1 Noordelijk Zeekleigebied

Het grootste deel van het Noordelijk Zeekleigebied is geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 3 augustus 1986. Een brede strook langs de oost-grens van het Noordelijk Zeekleigebied valt buiten het beeld van 3 augustus 1986 en is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juli 1987. In een gebied van enkele tientallen km² ten oosten van het Lauwersmeer is vrij veel bewolking aanwezig op het beeld van 3 augustus 1986. Dit gebied is waarschijnlijk geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986. Dat blijkt echter niet uit de rapportage van DHV en ook niet uit plaat 1. Volgens plaat 1 zou het betreffende gebied zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986. Gezien de intensiteit van de aanwezige bewolking lijkt dat echter zeer onwaarschijnlijk.

In dit hoofdlandbouwgebied liggen geen referentiegebieden. Voor de kaartbladen 5 Oost, 6 Oost, 7 Oost en 13 is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart. De grotere akkerbouw- en graslandgebieden, de aaneengesloten bebouwde gebieden en de grotere wateroppervlakken en open natuurgebieden komen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Het Noordelijk Zeekleigebied bestaat voornamelijk uit akkerbouwgebied. Met name langs de zuidelijke grens van het in noord Friesland en noord Groningen gelegen deel van het Noordelijk Zeekleigebied komen echter grote oppervlakken met grasland voor. In de akkerbouwgebieden worden vooral granen, aardappelen en bieten en in mindere mate verschillende 'overige landbouwgewassen' verbouwd. De oppervlakte mais is zeer gering. In de grootschalige akkerbouwgebieden zijn de afzonderlijke percelen duidelijk herkenbaar. Met name in het akkerbouwgebied in noord Groningen komen veel verspreid liggende (groepjes) pixels voor die foutief zijn geclassificeerd als 'bebouwing en wegen'. Delen van enkele buitendijks gelegen graslandgebieden en een aantal gebieden met loofbos in het Lauwersmeergebied zijn geclassificeerd als 'overig natuurgebied'.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet in het Noordelijk Zeekleigebied vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland. Een deel van de 'overige landbouwgewassen' was overigens al geoogst op 3 augustus 1986. De kale landbouwpercelen zijn daarom voor een groot deel gehercodeerd naar 'overige landbouwgewassen'. Voor het gebied dat is geclassificeerd met het TM-

beeld van 14 juli 1987 moet bovendien rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen granen en bieten. Het classificatieresultaat van maïs, dat slechts in zeer beperkte mate voorkomt in het Noordelijk Zeekleigebied, is zeer slecht.

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is goed (aanhangsel 3).

Concluderend kan worden gezegd dat binnen de landbouwgebieden in het Noordelijk Zeekleigebied, die zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986, het LGN-bestand op het niveau van de subklassen bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In landbouwgebieden is het gebruik van het LGN-bestand op het niveau van de afzonderlijke pixels echter beperkt. In de gebieden waar aardappelen en gras beide verspreid over het gebied voorkomen en relatief grote oppervlakten beslaan en waar veel 'overige landbouwgewassen' aanwezig zijn is het bestand niet bruikbaar op pixelniveau. In delen van de akkerbouwgebieden waar voornamelijk aardappelen, bieten en granen voorkomen en waar de oppervlakte 'overige landbouwgewassen' beperkt is, zijn de genoemde akkerbouwgewassen met het TM-beeld van 3 augustus 1986 echter naar verwachting met redelijke tot hoge nauwkeurigheid en betrouwbaarheid geclassificeerd en is het LGN-bestand bruikbaar op pixelniveau.

Binnen de referentieklassse 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

In het gebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juli 1987 is het LGN-bestand voor regionale toepassingen niet bruikbaar op pixelniveau.

3.6.2.2 Hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders

De Hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders zijn voor het grootste deel geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 3 augustus 1986. Enkele gebieden in de IJsselmeerpolders, die op 3 augustus 1986 bewolkt waren, zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986. In dit hoofdlandbouwgebied liggen twee referentiegebieden: Biddinghuizen en Ens (figuur 1). Voor de kaartbladen 14 Oost, 16 West, 25 West, 26 West, 26 Oost en 31 West is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart.

De Hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders bestaan voornamelijk uit akkerbouwgebied. Verspreid over het hoofdlandbouwgebied komen echter grote oppervlakken met grasland voor. In de akkerbouwgebieden worden vooral granen, aardappelen en bieten veel verschillende 'overige landbouwgewassen' verbouwd. De oppervlakten maïs en boomgaarden zijn beperkt en komen met name voor in de

IJsselmeerpolders. Bolgewassen komen met name voor in de polders in Noord-Holland en in de Noordoostpolder.

De grotere akkerbouw- en graslandgebieden, de aaneengesloten bebouwde gebieden, de grotere wateroppervlakken en de bossen komen over het algemeen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Het onderscheid tussen loof- en naaldbossen vormt geen probleem. In het natuurgebied de Oostvaardersplassen zijn delen van het 'open natuurgebied' geclassificeerd als gras en kale grond. In de IJsselmeerpolders zijn enkele (delen van) jonge loofbossen en grienden geclassificeerd als 'overig natuurgebied', 'overige landbouwgewassen' en granen. Verder komen in enkele loofbossen verspreide (groepjes) pixels voor die zijn geclassificeerd als 'overige landbouwgewassen'. In de grootschalige akkerbouwgebieden zijn de afzonderlijke percelen duidelijk herkenbaar. Met name in de IJsselmeerpolders komen langs de randen van veel akkerbouwpercelen mixed pixels voor die foutief zijn geclassificeerd. Almere en omgeving zijn geheel geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni. Binnen de reeds bebouwde oppervlakken van Almere zijn een groot aantal verspreid voorkomende groepjes pixels als 'overige landbouwgewassen' geclassificeerd. De bouwterreinen rond Almere zijn grotendeels als kale grond geclassificeerd. In het deel van de IJsselmeerpolders dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986, is een deel van de granen geclassificeerd als loofbos. De boomgaarden in de IJsselmeerpolders vormen meestal grote aaneengesloten, duidelijk herkenbare complexen. Deze zijn aan de hand van de topografische kaart en de satellietbeelden interactief aan het bestand toegevoegd. Het classificatieresultaat van de boomgaarden is daarom redelijk tot goed. De kassen in dit hoofdlandbouwgebied zijn grotendeels geclassificeerd als 'bebouwing en wegen' (2.1).

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet in de Hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland. Een deel van de 'overige landbouwgewassen' was overigens al geogst op 3 augustus 1986. De kale landbouwpercelen zijn daarom in enkele gebieden gehercodeerd naar 'overige landbouwgewassen'. Lokaal moet rekening worden gehouden met verwarring tussen loofbossen en landbouwgewassen. Het classificatieresultaat van maïs, dat slechts in zeer beperkte mate voorkomt in de Hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders, is zeer slecht. Belangrijke bolgewassen zoals tulpen, hyacinten en narcissen zijn op 3 augustus reeds geogst, waardoor deze percelen over het algemeen slecht zijn te onderscheiden van de overige kale landbouwpercelen. Aan de hand van de CBS-landbouwstatistieken en de originele satellietbeelden zijn in de polders in Noord-Holland een aantal percelen met kale grond gehercodeerd naar bollen. Wegens gebrek aan referentiegegevens is het classificatieresultaat niet bekend. Wel kan in z'n algemeenheid worden gezegd dat het classificatieresultaat beter zal zijn naarmate er in betreffende strata minder andere reeds geogste gewassen voorkomen. In de Amsteldieppolders ten noordoosten van de Wieringermeerpolder zijn de boven genoemde bolgewassen naar verwachting nauwkeurig geclassificeerd. In de Noordoostpolder waren reeds zo veel geogste gewassen aanwezig dat er geen percelen met kale grond zijn

gehercodeerd naar bollen. In de polders in de kop van Noord-Holland en in de Noordoostpolder komen ook enkele honderden hectare voor met bolgewassen die begin augustus nog niet zijn geoogst, zoals lelies, gladiolen en irissen. Deze bolgewassen zijn waarschijnlijk voor een groot deel verward met andere landbouwgewassen.

Voor het referentiegebied Ens en het deel van het referentiegebied Biddinghuizen dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 66 en 72% (aanhangel 2). Voor het deel van het referentiegebied Biddinghuizen dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986 bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 62%.

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is redelijk (aanhangel 3). Met name de oppervlakte granen wordt in het LGN-bestand overschat. Voor een deel wordt dat veroorzaakt door de verspreid binnen stedelijk gebied voorkomende (groepjes) pixels die foutief zijn geclassificeerd als granen. Voor de in dit landbouwgebied gelegen referentiegebieden komen de oppervlakten van de grondgebruiksklassen in het LGN-bestand redelijk tot goed overeen met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen (aanhangel 2). Voor het referentiegebied Ens en het deel van het referentiegebied Biddinghuizen dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 83 en 88%. Voor het deel van het referentiegebied Biddinghuizen dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986 bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 71%.

Concluderend kan worden gezegd dat binnen de landbouwgebieden en de meeste bosgebieden in de Hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In de landbouw- en de meeste bosgebieden is het LGN-bestand voor de hoofdklassen ook bruikbaar op het niveau van de afzonderlijke pixels. In de meeste bosgebieden is het bestand ook voor de subklassen bruikbaar op pixelniveau. In landbouwgebieden is de bruikbaarheid op pixelniveau echter beperkt. In landbouwgebieden waar aardappelen en gras beide verspreid over het gebied voorkomen en relatief grote oppervlakten beslaan en waar veel bolgewassen en 'overige landbouwgewassen' aanwezig zijn, is het LGN-bestand niet bruikbaar op pixelniveau. In delen van de Hollandse Droogmakerijen en IJsselmeerpolders waar voornamelijk aardappelen, bieten en granen worden verbouwd en waar de oppervlakte 'overige landbouwgewassen' beperkt is, zijn de genoemde akkerbouwgewassen met het TM-beeld van 3 augustus 1986 echter naar verwachting met redelijke tot hoge nauwkeurigheid en betrouwbaarheid geclassificeerd en is het LGN-bestand bruikbaar op pixelniveau.

Voor de bruikbaarheid van het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, in de natuur- enkele bosgebieden moeten de klassen gras en kale grond in de Oostvaardersplassen worden gehercodeerd naar 'overig

natuurgebied' en moet lokaal de verwarring tussen loofbossen en landbouwgewassen ongedaan worden gemaakt. Binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.6.2.3 Zuidwestelijk Zeekleigebied

Het grootste deel van de provincie Zeeland en het in Zuid-Holland gelegen Goeree Overflakkee zijn geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 5 juli 1987 (plaat 1). Een smalle strook van Zeeland ten westen van de lijn Biervliet (Zeeuws Vlaanderen) - Noordwelle (Schouwen) is geclassificeerd met het TM-beeld van 20 augustus 1984 en het overige deel van het Zuidwestelijk Zeekleigebied, gelegen in het zuiden van Zuid-Holland en het noord-westen van Noord-Brabant, is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986. In dit hoofdlandbouwgebied liggen twee referentiegebieden: Borssele, geclassificeerd met het TM-beeld van 5 juli 1987 en Noord West Brabant, geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 (figuur 1). Het referentiegebied Noord West Brabant is van beperkte waarde omdat het geheel bestaat uit aardappelpercelen. Voor de kaartbladen 43 West, 44 West en 48 Oost is het LGN-bestand vergeleken met de originele satellietbeelden en de topografische kaart.

De aaneengesloten bebouwde gebieden, de grotere bos en wateroppervlakken en de landbouwgebieden komen over het algemeen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Grotere bosgebieden komen alleen voor in de Biesbosch en omgeving en in de duinen. Het onderscheid tussen loof- en naaldbomen vormt geen probleem. Grote delen van de slikken zijn geclassificeerd als gras, bos en kale grond en binnen de duinen zijn grote oppervlakken als grasland geclassificeerd. Het Zuidwestelijk Zeekleigebied bestaat grotendeels uit akkerbouwgebied. Lokaal worden enkele aaneengesloten graslandgebieden aangetroffen. Deze komen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Bijna alle akkerbouwgewassen komen in relatief grote oppervlakken voor. De oppervlakte maïs is vrij beperkt. Tussen de akkerbouwpercelen worden onregelmatig verspreid over het gebied boomgaarden en percelen met grasland en tuinbouwgewassen aangetroffen. De afzonderlijke percelen zijn niet altijd duidelijk herkenbaar in het LGN-bestand. In veel gebieden heeft het bestand een onrustig en gespikkeld uiterlijk. De boomgaarden vertonen spectrale verwarring met een groot aantal grondgebruiksklassen maar met name met gras en kale grond. De boomgaarden, die voornamelijk voorkomen als verspreid liggende afzonderlijke percelen, zijn daarom grotendeels aan de hand van de topografische kaart en het originele satellietbeeld interactief aan het bestand toegevoegd. Het classificatieresultaat is redelijk.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet in het deel van het Zuidwestelijk Zeekleigebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 5 juli 1987 vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen

aardappelen en (hoog) gras, tussen granen en bieten en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland. Een deel van de 'overige landbouwgewassen' was al op 5 juli 1987 al geogst en is geclassificeerd als kale grond. In het deel van het Zuidwestelijk Zeekleigebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 moet vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras, tussen bieten en maïs (met name in noord-west Noord-Brabant) en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland. Een deel van de 'overige landbouwgewassen' was al geogst op 3 augustus 1986 en is geclassificeerd als kale grond. In het deel van het Zuidwestelijk Zeekleigebied, tenslotte, dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 20 augustus 1984 moet vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland. De meeste granen en een deel van de aardappelen en de 'overige landbouwgewassen' waren echter al geogst op 20 augustus 1984 en zijn geclassificeerd als kale grond. De bieten en enkele 'overige landbouwgewassen' komen heel duidelijk naar voren op dit TM-beeld.

De geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Borssele bedraagt 59% (aanhangsel 2).

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is matig tot redelijk (aanhangsel 3). De oppervlakte maïs en bollen wordt sterk onderschat in het LGN-bestand. Beide gewassen komen echter slechts in beperkte mate voor. Voor aardappelen, bieten, granen, 'overige landbouwgewassen' en boomgaarden zijn de verschillen tussen de oppervlakten in de LGN-databank en de CBS-landbouwstatistiek kleiner dan 20 à 30%. Voor het referentiegebied Borssele, dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 5 juli 1987, komen de oppervlakten van de grondgebruiksklassen in het LGN-bestand goed overeen met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen (aanhangsel 2). De niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van dit referentiegebied bedraagt 84%.

Concluderend kan worden gezegd dat in de delen van het Zuidwestelijk Zeekleigebied die zijn geclassificeerd met de TM-beelden van 3 augustus 1986 en 5 juli 1987, het LGN-bestand in landbouw- en bosgebieden, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In deze landbouw- en de bosgebieden is het LGN-bestand voor de hoofdklassen ook bruikbaar op het niveau van de afzonderlijke pixels. In de meeste bosgebieden is het bestand ook voor de subklassen bruikbaar op pixelniveau. In landbouwgebieden is de bruikbaarheid op pixelniveau echter beperkt. Door de spectrale verwarring tussen met name aardappelen en (hoog) gras, tussen bieten en maïs (met name in noord-west Noord-Brabant), tussen bieten en granen (geldt alleen voor het 5 juli beeld) en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland zijn de subklassen in grote delen van de betreffende landbouwgebieden niet bruikbaar op pixelniveau.

In het deel van het Zuidwestelijk Zeekleigebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 20 augustus 1984 is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, in de landbouwgebieden alleen op het niveau van de hoofdklassen bruikbaar op regionale schaal. Dit wordt met name veroorzaakt door het grote aantal landbouwgewassen dat al geoogst is. In de bossen is het bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, bruikbaar op regionale schaal.

In de meeste open natuurgebieden in het Zuidwestelijk Zeekleigebied is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar wanneer de klassen gras, kale grond en bos in open natuurgebieden worden gehercodeerd naar 'overig natuurgebied'. Door de duidelijke bepaalde locaties van deze gebieden is deze hercodering eenvoudig en snel uit te voeren. Binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.6.2.4 Rivierkleigebied

Het Rivierkleigebied is geheel geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 3 augustus 1986. In dit hoofdlandbouwgebied liggen twee referentiegebieden: Betuwe en Ooijpolder (figuur 1). Voor de kaartbladen 33 Oost, 39 West, 39 Oost en 40 West is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart.

Het Rivierkleigebied bestaat grotendeels uit grasland. Daarnaast wordt ongeveer 10% van de oppervlakte cultuurgrond in beslag genomen door maïs, ongeveer 7% door de akkerbouwgewassen graan, aardappelen en bieten en ongeveer 6% door boomgaarden. De 'overige landbouwgewassen' zijn zeer divers maar beslaan een relatief geringe oppervlakte (circa 2% van de oppervlakte cultuurgrond). De maïs-, graan-, aardappel- en bietenpercelen komen regelmatig verspreid over het rivierkleigebied voor. De boomgaarden daarentegen zijn voornamelijk geconcentreerd in de Betuwe, het Land van Maas en Waal en de Kromme Rijnstreek.

Het LGN-bestand langs de IJssel heeft een homogeen uiterlijk. De aaneengesloten bebouwde gebieden, de bossen, de grotere wateroppervlakken en de landbouwgebieden komen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Loof- en naaldbossen zijn goed van elkaar onderscheiden. Het landbouwgebied bestaat voornamelijk uit grasland en regelmatig over het graslandgebied verspreide akkerbouwpercelen waar voornamelijk maïs wordt verbouwd. Het grootste deel van het LGN-bestand van het overige deel van het Rivierkleigebied heeft een zeer heterogeen uiterlijk. De aaneengesloten bebouwde gebieden komen weliswaar duidelijk naar voren maar binnen deze gebieden komen op grote schaal als granen en boomgaard

geclassificeerde (groepjes) pixels voor. De meeste bosgebiedjes zijn duidelijk waarneembaar in het LGN-bestand maar bevatten vaak als boomgaard geclassificeerde pixels. Grienden zijn vaak (gedeeltelijk) als een landbouwgewas geclassificeerd. Boomgaarden zijn bijna nergens als duidelijk herkenbare percelen geclassificeerd en worden op grote schaal verward met grasland, stedelijk gebied en loofbos. Daarnaast komen op grote schaal regelmatig over het gebied verspreide (goepjes) mixed pixels voor die foutief als boomgaard zijn geclassificeerd. Veel van deze pixels zullen echter verdwijnen na toepassing van een 3 x 3 majority filter. De grotere wateroppervlakken zijn goed geclassificeerd. De (mixed) pixels aan de oevers van de wateroppervlakken zijn echter vaak als kale grond, graan of bebouwing geclassificeerd.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras en tussen maïs en bieten. Hierboven is reeds de spectrale verwarring tussen boomgaarden en grasland, bebouwd gebied en loofbos en tussen granen en bebouwd gebied vermeld.

De geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van de referentiegebieden Betuwe en Ooijpolder bedraagt respectievelijk 54 en 69% (aanhangsel 2).

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is slecht (aanhangsel 3). Alleen de oppervlakten maïs zijn in beide bestanden precies gelijk. Dit is waarschijnlijk voor een deel toeval. In die gebieden waar bieten weinig voorkomen is maïs naar verwachting goed geclassificeerd. De oppervlakken van de overige gewassen verschillen sterk in beide bestanden. Voor de in dit landbouwgebied gelegen referentiegebieden Betuwe en Ooijpolder komen de oppervlakten van de grondgebruiksklassen in het LGN-bestand respectievelijk matig en goed overeen met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen (aanhangsel 2). De niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van beide referentiegebieden bedraagt respectievelijk 69 en 89%.

Concluderend kan worden gezegd dat in het rivierkleigebied langs de IJssel het LGN-bestand in landbouw- en bosgebieden, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In deze landbouw- en de bosgebieden is het LGN-bestand, zowel voor de hoofd- als de subklassen, ook bruikbaar op het niveau van de afzonderlijke pixels. In het overige deel van het rivierkleigebied is het LGN-bestand niet bruikbaar op regionale schaal. Wanneer echter de oppervlakken gras, kale grond, granen en boomgaarden die voorkomen binnen of grenzen aan stedelijk gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd en wanneer een 3 x 3 majority filter wordt toegepast dan zal het LGN-bestand over het algemeen in het overige deel van het rivierkleigebied wel bruikbaar zijn om op regionale schaal informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de hoofdklassen in subgebieden.

Binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de

vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.6.2.5 Lössgebied

Het Lössgebied is geheel geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 14 juni 1988. In dit hoofdlandbouwgebied ligt één referentiegebied: Reuver (figuur 1). Voor de kaartbladen 60 West en 62 West is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart. De aaneengesloten bebouwde gebieden, de bossen, de grotere wateroppervlakken en de landbouwgebieden komen over het algemeen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Loof- en naaldbossen zijn goed van elkaar onderscheiden. Doordat de opname vroeg in het groeizeizoen is gemaakt en de gewasontwikkeling als gevolg van het koude en natte voorjaar sterk is vertraagd, vertonen veel landbouwgewassen nog een onvolledige bodembedekking. Veel (delen van) landbouwpercelen zijn daarom als kale grond geclassificeerd. Bovendien verschilt de gewasontwikkeling van plaats tot plaats sterk als gevolg van wateroverlastschade. Hierdoor vertonen de meeste percelen een heterogeen reflectiepatroon. Het gevolg is dat veel landbouwgewassen elkaar spectraal in sterke mate overlappen en een betrouwbare classificatie van de afzonderlijke gewassen niet mogelijk is. Er zijn veelal geen duidelijke perceelsvormen te onderscheiden. Verspreid over het landelijk gebied zijn veel (groepjes) pixels die bestaan uit kale grond, geclassificeerd als 'bebouwing en wegen'. Boomgaarden komen in een zeer onregelmatig patroon in het bestand voor en worden waarschijnlijk gedeeltelijk verward met grasland, kale grond en bebouwing. Als gevolg van het bovenstaande is het algemene beeld van het databestand tamelijk onrustig. In een gebied van enkele honderden hectare ten noorden van Sittard is bovendien een lichte sluierbewolking aanwezig. In dit gebied is landbouwgebied geclassificeerd als stedelijk gebied en bos als grasland.

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is zeer slecht (aanhangsel 3).

Concluderend kan worden gezegd dat in het Lössgebied het LGN-bestand niet bruikbaar is op regionale schaal.

3.6.2.6 Noordelijk Weidegebied

Het Noordelijk Weidegebied is nagenoeg geheel geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 3 augustus 1986. Voor enkele kleine gebieden die op 3 augustus 1986 bewolkt waren, zijn TM-beelden van 16 juni en 12 augustus 1986 gebruikt. In dit hoofdlandbouwgebied liggen geen referentiegebieden. Voor de kaartbladen 10 Oost en 16 West is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld

en de topografische kaart. De aaneengesloten bebouwde gebieden, de grotere bos- en wateroppervlakken, en de landbouwgebieden komen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Langs de grote meren is vaak langs de oevers een strookje (mixed) pixels als 'bebouwing en wegen' geclassificeerd. Kleine bosjes zijn soms als een landbouwgewas geclassificeerd. De open natuurgebieden, voornamelijk moerasgebieden, zijn gedeeltelijk als gras en kale grond geclassificeerd. Open water afgewisseld met gras (riet) is overwegend geclassificeerd als een mengeling van overige natuur en loofhout. In deze moerasgebieden is bovendien een deel van de grienden en moerasbossen als 'overig natuurgebied' geclassificeerd en een deel van de open moerasgebieden als loofbos. Het landbouwgebied bestaat voornamelijk uit grasland (95% van de oppervlakte cultuurgrond). Met name in het zuiden van het landbouwgebied wordt kort gras soms als kale grond geclassificeerd. Lokaal worden enige aardappelen, bieten, granen en peulvruchten verbouwd. Deze gewassen beslaan gezamenlijk 2% van de oppervlakte cultuurgrond en komen voornamelijk geconcentreerd voor in enkele deelgebieden waarvan de ligging vrij nauwkeurig kan worden bepaald aan de hand van de topografische kaarten en het satellietbeeld, te weten een gebied in het uiterste noord-westelijke deel van het Noordelijk Weidegebied ten zuiden van Harlingen, een gebied rond Steenwijk en ten westen van Giethoorn en enkele deelgebieden in de Centrale weidestreek in Groningen. Daarnaast wordt met name in het zuidelijke deel van het Noordelijk Weidegebied enige maïs verbouwd. Deze maïs, die ongeveer 3% van de oppervlakte cultuurgrond beslaat, komt regelmatig verspreid over het gebied voor.

In de landbouwgebieden op de Waddeneilanden, die behoren tot het Noordelijk Weidegebied komt alleen grasland voor. De duinen en de overige open natuurgebieden op de eilanden zijn gedeeltelijk als grasland en kale grond geclassificeerd. De stranden zijn als kale grond geclassificeerd.

De overeenkomst tussen de oppervlakten van de verschillende gewassen in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is redelijk (aanhangsel 3). Met name de oppervlakten aardappelen en bieten worden in het LGN-bestand sterk overschat. De totale oppervlakte van deze gewassen is echter gering.

Concluderend kan worden gezegd dat in het Noordelijk Weidegebied het LGN-bestand in landbouwgebieden en bossen (buiten moerasgebieden) bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In deze landbouwgebieden en bossen (buiten moerasgebieden) is het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, ook op pixelniveau bruikbaar, met uitzondering van enkele deelgebieden waar aardappelen en gras en/of maïs en bieten relatief grote oppervlakten beslaan.

In de meeste moerasgebieden in het Noordelijk Weidegebied is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, niet bruikbaar wanneer geen hercodering in deze gebieden plaats vindt. Door de duidelijke bepaalde locaties van deze gebieden is deze hercodering eenvoudig en snel uit te voeren. Binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar

indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.6.2.7 Westelijk Weidegebied

Het Westelijk Weidegebied is geheel geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 3 augustus 1986. In dit hoofdlandbouwgebied liggen geen referentiegebieden. Voor de kaartbladen 9 West, 14 West, 19 West, 19 oost, 25 Oost, 31 West en 38 Oost is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart. De aaneengesloten bebouwde gebieden en de grotere bos- en wateroppervlakken, open natuurgebieden en grasland- en akkerbouwgebieden komen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Loof- en naaldbossen zijn over het algemeen goed van elkaar onderscheiden. De open natuurgebieden, met name de duinen, worden lokaal als gras en met name als kale grond geclassificeerd. De stranden zijn als kale grond geclassificeerd. In moerassige gebieden is open natuurgebied gedeeltelijk geclassificeerd als grasland en loofbos. In de omgeving van Maartensdijk zijn wolkschaduwten als bebouwd gebied en water geclassificeerd.

Het landbouwgebied bestaat voornamelijk uit grasland (87% van de oppervlakte cultuurgrond). In enkele deelgebieden komen oppervlakten van betekenis voor met (enkele van) de belangrijke akkerbouwgewassen aardappelen, bieten en granen en met 'overige landbouwgewassen' (inclusief tuinbouwgewassen). Deze gewassen beslaan gezamenlijk ongeveer 7% van de oppervlakte cultuurgrond. Aan de hand van de topografische kaarten, het satellietbeeld en de CBS-landbouwstatistiek kan de ligging van deze deelgebieden vrij nauwkeurig worden bepaald. Een deel van de 'overige landbouwgewassen' was al geogst op 3 augustus 1986. De kale landbouwpercelen zijn daarom in enkele gebieden gehercodeerd naar 'overige landbouwgewassen'. In de akkerbouwgebieden zijn de afzonderlijke percelen over het algemeen duidelijk herkenbaar in het LGN-bestand. De tuinbouwgebieden zijn over het algemeen kleinschaliger. In deze gebieden heeft het LGN-bestand vaak een heterogeen uiterlijk en zijn afzonderlijke percelen meestal niet meer herkenbaar. Maïs komt verspreid over een aantal gebieden voor. De totale oppervlakte maïs beslaat ongeveer 2% van de oppervlakte cultuurgrond. Slechts in een beperkt aantal deelgebieden komen maïs en bieten gezamenlijk voor. Bloembollen komen met name voor in de het noord-westelijke deel van Noord-Holland en op Texel en beslaan ongeveer 2% van de oppervlakte cultuurgrond. Belangrijke bolgewassen zoals tulpen, hyacinten en narcissen zijn op 3 augustus reeds geogst, waardoor deze percelen over het algemeen slecht zijn te onderscheiden van de overige kale landbouwpercelen. Aan de hand van de CBS-landbouwstatistieken en de originele satellietbeelden zijn in het noord-westelijke deel van Noord-Holland een aantal percelen met kale grond gehercodeerd naar bollen. Op Texel zijn geen bollen geclassificeerd. Wegens gebrek aan referentiegegevens is het classificatieresultaat niet bekend. Wel kan in z'n algemeenheid worden gezegd dat het classificatieresultaat beter zal zijn naarmate er in de betreffende strata

minder andere reeds geogste gewassen voorkomen. Met name in het Land van Zijpe zijn de boven genoemde bolgewassen naar verwachting nauwkeurig geclassificeerd. In het bovengenoemde deel van Noord-Holland komen ook enkele honderden hectare voor met bolgewassen die begin augustus nog niet zijn geogst, zoals lelies, gladiolen en irissen. Deze bolgewassen zijn waarschijnlijk voor een groot deel verward met andere landbouwgewassen. De boomkwekerijen, die op grote schaal voorkomen in de omgeving van Boskoop, zijn in het LGN-bestand opgenomen als 'overige landbouwgewassen'. Van de oppervlakte cultuurgrond in het Westelijk Weidegebied wordt ongeveer 1% in beslag genomen door boomgaarden. De boomgaarden komen gecontreerd voor in enkele deelgebieden, met name in Noordelijk West-Friesland en in het zuidoostelijke deel van het hoofdlandbouwgebied (met name het Gebied van IJssel en Oude Rijn, de Lopikerwaard en de Vijfherenlanden). De boomgaarden worden gedeeltelijk verward met loofbos, bebouwd gebied en grasland. Met name de grotere boomgaardcomplexen zijn met de hand ingevoerd. Daarnaast komen regelmatig verspreid over de betreffende gebieden (goepjes) mixed pixels voor die foutief als boomgaard zijn geclassificeerd. Veel van deze pixels zullen echter verdwijnen na toepassing van een 3 x 3 majority filter. De kassen in het Westelijk Weidegebied zijn voor het merendeel geclassificeerd als 'bebouwing en wegen'.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras, tussen maïs en bieten, tussen bolgewassen en kale grond en tussen 'overige landbouwgewassen' en een aantal akkerbouwgewassen en grasland.

De overeenkomst tussen de oppervlakten van de verschillende gewassen in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is redelijk (aanhangsel 3). Met name de oppervlakten granen, 'overige landbouwgewassen' en boomgaarden worden in het LGN-bestand sterk overschat. De totale oppervlakte van deze gewassen is echter gering.

Concluderend kan worden gezegd dat in het Westelijk Weidegebied het LGN-bestand in landbouwgebieden, bossen en begroeide open natuurgebieden bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In deze landbouwgebieden, bossen en begroeide open natuurgebieden is het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, ook op pixelniveau bruikbaar, met uitzondering van de deelgebieden waar aardappelen en gras en/of maïs en bieten verspreid over het gebied voorkomen en relatief grote oppervlakten beslaan en waar veel boomgaarden en 'overige landbouwgewassen' (met uitzondering van de boomkwekerijen bij Boskoop) aanwezig zijn. De aanwezigheid van boomgaarden is echter geen beperking meer voor gebruik op pixelniveau wanneer een 3 x 3 majority filter wordt toegepast.

Voor toepassing van het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, in open natuurgebieden met veel kale grond dient de klasse kale grond in deze gebieden te worden gehercodeerd. Door de duidelijk bepaalde locaties van deze gebieden is deze hercodering eenvoudig en snel uit te

voeren. Binnen de referentieklassse 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.6.2.8 Noordelijk Zandgebied

Het grootste deel van het Noordelijk Zandgebied is geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 3 augustus 1986. In het zuidelijke deel van het Noordelijk Zandgebied ligt een brede zuid-west noord-oost lopende strook die op 3 augustus 1986 bewolkt was. Deze strook is geclassificeerd met TM-beelden van 16 juni, 12 augustus en 13 september 1986 (plaat 1). Een apart gelegen deel van het Noordelijk Zandgebied dat grenst aan Duitsland (figuur 4) is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juli 1987. In dit hoofdlandbouwgebied liggen twee referentiegebieden: Schoonoord en Veenhuizen (figuur 1). Van het referentiegebied Veenhuizen, dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986, ligt het grootste deel in het Noordelijk Zandgebied en een klein deel in het hoofdlandbouwgebied Veenkoloniën. Het referentiegebied Schoonoord, dat gedeeltelijk is geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986 en gedeeltelijk met 2 TM-beelden, te weten die van 16 juni en 13 september 1986, ligt voor ongeveer de helft in het Noordelijk Zandgebied en voor de helft in het hoofdlandbouwgebied Veenkoloniën. Gezien het aanwezige grondgebruik in en rond deze referentiegebieden zijn de validatieresultaten voor beide hoofdlandbouwgebieden van belang. Voor de kaartbladen 6 Oost, 13, 17 West en 17 Oost is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart.

De landbouwgebieden in de in Friesland en Groningen gelegen delen van het Noordelijk Zandgebied, met uitzondering van het apart gelegen, aan Duitsland grenzende Westerwolde, en de landbouwgebieden in de noordelijke punt van Drenthe (Weidegebied van het Noorderveld) en in een gebied in het zuidwesten van Drenthe (Zuidwestelijk Weidegebied) bestaan voornamelijk uit grasland. Verspreid over deze gebieden komen enige maïs- en ,in mindere mate, aardappelpercelen voor. In het overige deel van het Noordelijk Zandgebied komen naast grasland grote oppervlakken voor met granen, aardappelen, bieten, maïs en overige 'landbouwgewassen' (met name peulvruchten).

In de delen van het Noordelijk Zandgebied die zijn geclassificeerd met de TM-beelden van 3 augustus, 16 juni, 12 augustus en 13 september 1986 komen de aaneengesloten bebouwde gebieden, de grotere bos- en wateroppervlakken, veel open natuurgebieden en de grotere grasland- en akkerbouwgebieden over het algemeen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Loof- en naaldbossen zijn over het algemeen goed van elkaar onderscheiden. Enkele wateroppervlakken zijn geclassificeerd als naaldhout. In veel open natuurgebieden zijn relatief grote oppervlakken als grasland en in veel mindere mate als kale grond geclassificeerd. De meeste akkerbouwgebieden hebben een onrustig uiterlijk en de vormen van de

afzonderlijke percelen zijn vaak niet duidelijk herkenbaar. In het graslandgebied langs de noordrand van het Noordelijk Zandgebied, ten zuiden van het Lauwersmeergebied, is in een gebied van ongeveer 150 km² een lichte, verspreid voorkomende sluierbewolking zichtbaar op het satellietbeeld. Hoewel het onderliggende grasland door de bewolking heen over het algemeen zichtbaar is, zijn de wolkjes op grote schaal als bebouwd gebied geclassificeerd.

In het deel van het Noordelijk Zandgebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 of 12 augustus 1986 wordt open bebouwd gebied verward met graan. Hierdoor zijn zowel binnen open bebouwd gebied pixels geclassificeerd als graan als binnen graanpercelen pixels geclassificeerd als bebouwd gebied.

In het deel van het Noordelijk Zandgebied dat is geclassificeerd met de TM-beelden van 16 juni en/of 13 september zijn veel verspreid voorkomende (groepjes) 'kale grond pixels' foutief als bebouwing geclassificeerd. Veel van deze foutief geclassificeerde pixels verdwijnen echter na toepassing van een 3 x 3 majority filter. Verder komen binnen bebouwd gebied verspreid liggende (groepjes) pixels voor die zijn geclassificeerd als een akkerbouwgewas. Oorspronkelijk waren deze pixels geclassificeerd als kale grond. De meeste kale grond is echter gehercodeerd naar een akkerbouwgewas.

In het apart gelegen deel van het Noordelijk Zandgebied (Westerwolde), dat grenst aan Duitsland en is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juli 1987, is het LGN-bestand wat onrustig en zijn de vormen van de afzonderlijke akkerbouwpercelen niet overal duidelijk te herkennen. In dit gebied zijn veel verspreid voorkomende (groepjes) mixed pixels op de grens van verschillende percelen of langs wegen en waterlopen foutief geclassificeerd als bebouwd gebied. Veel van deze pixels zullen verdwijnen na toepassing van een 3 x 3 majority filter. De meeste bossen in dit gebied zijn goed geclassificeerd. Enkele loofbosjes zijn als een landbouwgewas geclassificeerd. De aaneengesloten bebouwde gebieden komen over het algemeen goed naar voren in het bestand. Een aantal bebouwde gebieden met een open structuur zijn echter nauwelijks herkenbaar en voor een groot deel geclassificeerd als een landbouwgewas.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet in het deel van het Noordelijk Zandgebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras, tussen maïs en bieten en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland. Hierboven is reeds gewezen op de verwarring tussen graan en open bebouwd gebied. Bovendien komt lokaal, in sterk verdrogende gebieden, als gevolg van structuurverandering van het gewas extra spectrale verwarring voor tussen sterk verdrogende akkerbouwgewassen onderling en tussen sterk verdrogende akkerbouwgewassen en (kort) grasland.

Voor de gebieden die zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986 moet rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen gewassen die nog een onvolledige bodembedekking hebben, zoals aardappelen, bieten en maïs, tussen

vroege aardappelen en (hoog) gras en tussen granen en peulvruchten.

Voor de gebieden die zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986 moet rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen gewassen die al zijn geoogst, zoals granen, peulvruchten en een deel van de aardappelen en tussen late aardappelen en (hoog) gras. De bieten waren op het beeld van 13 september 1986 zeer goed herkenbaar, terwijl maïs over het algemeen een heterogeen reflectiepatroon vertoonde en daardoor slecht was te classificeren.

Voor het gebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juli 1987 moet rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras, tussen granen en bieten en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland.

Voor het referentiegebied Veenhuizen, dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986, bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 63% (aanhangsel 2). Voor het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met de TM-beelden van 16 juni en 13 september 1986 bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 60%, terwijl deze voor het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986 gelijk is aan 70%. Het laatste deelgebied is echter zeer klein en bestaat praktisch geheel uit aardappelen en bieten. Hierdoor kan het weliswaar niet als representatief worden beschouwd voor het betreffende stratum, maar wel voor het zeer kleine gebiedje dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986.

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is redelijk tot goed (aanhangsel 3). Voor de in dit landbouwgebied gelegen referentiegebieden komen de oppervlakten van de grondgebruiksklassen in het LGN-bestand goed overeen met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen (aanhangsel 2). Voor het referentiegebied Veenhuizen bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 83%. Voor het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met de TM-beelden van 16 juni en 13 september 1986 bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 90%, terwijl deze voor het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986 gelijk is aan 92%. Het laatste deelgebied is echter zeer klein en bestaat praktisch geheel uit aardappelen en bieten. Hierdoor kan het weliswaar niet als representatief worden beschouwd voor het betreffende stratum, maar wel voor het zeer kleine gebiedje dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986.

Concluderend kan worden gezegd dat binnen de landbouw- en bosgebieden in het Noordelijk Zandgebied (met uitzondering van het gebiedje dat is geclassificeerd met uitsluitend het satellietbeeld van 16 juni 1986) het LGN-bestand zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In deze landbouw- en bosgebieden is het LGN-bestand voor de hoofdklassen ook bruikbaar

op het niveau van de afzonderlijke pixels. In de bosgebieden is het bestand ook voor de subklassen bruikbaar op pixelniveau. In landbouwgebieden is de bruikbaarheid op pixelniveau echter beperkt tot de gebieden waar het grondgebruik grotendeels uit grasland bestaat (zie boven), met uitzondering van het graslandgebied langs de noordrand van het Noordelijk Zandgebied, ten zuiden van het Lauwersmeergebied, waar verspreid voorkomende sluibewolking op grote schaal als bebouwd gebied is geclassificeerd.

Voor de bruikbaarheid van het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, in de open natuurgebieden moeten de klassen gras en in mindere mate kale grond binnen open natuurgebieden worden gehercodeerd naar 'overig natuurgebied'. Door de duidelijk bepaalde locaties van deze gebieden is deze hercodering eenvoudig en snel uit te voeren. Binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.2.6.9 Oostelijk Zandgebied

De westelijke helft van het Oostelijk Zandgebied is geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 3 augustus 1986. In het noordwesten van dit gebied liggen enkele deelgebieden die op 3 augustus 1986 bewolkt waren. Deze gebieden zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986 (plaat 1). De oostelijke helft van het Oostelijk Zandgebied is geclassificeerd met het TM-beeld van 12 Augustus 1986. In dit hoofdlandbouwgebied liggen drie referentiegebieden: Hupsel, Mander en Wierden (figuur 1). De referentiegebieden Hupsel en Mander zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 12 augustus 1986 en het referentiegebied Wierden is gedeeltelijk geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 en gedeeltelijk met dat van 16 juni 1986. Voor de kaartbladen 22 West, 28 West, 33 Oost en 41 West is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart.

De aaneengesloten bebouwde gebieden, de bos- en wateroppervlakken, de open natuurgebieden en de landbouwgebieden komen over het algemeen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Loof- en naaldbossen zijn over het algemeen goed van elkaar onderscheiden. Open natuurgebied is lokaal als grasland en bebouwd gebied geclassificeerd en naaldbos is lokaal als bebouwd gebied geclassificeerd. In de omgeving van Varsseveld, Lichtenvoorde, Wierden en Hengelo zijn delen van landbouw- en bosgebieden deels als gevolg van niet opgemerkte bewolking en deels om onverklaarbare redenen als bebouwd gebied geclassificeerd. In een enkele kilometers brede strook langs de zuidrand van het Oostelijk Zandgebied tussen Dinxperlo en Montferland heeft het LGN-bestand een zeer onrustig uiterlijk. Hier komen verspreid over het landbouwgebied en binnen bebouwd gebied (groepjes) pixels voor die foutief zijn geclassificeerd als bebouwd gebied, boomgaard en graan. Volgens de topografische kaart is in dit gebied in het geheel geen

boomgaard aanwezig. Ten zuidoosten van Gendringen ontbreekt bovendien een stuk van het nederlands grondgebied ter grootte van enkele km². Het onrustige uiterlijk van het LGN-bestand in dit gebied is veroorzaakt doordat dit gebied in het stratum van het Rivierengebied valt.

Van de totale oppervlakte cultuurgrond in het Oostelijk Zandgebied wordt 73% in beslag genomen door grasland en 23% door maïs. De maïspcelen liggen over het algemeen regelmatig verspreid tussen het grasland. De overige 4% bestaat met name uit aardappelen en bieten en in mindere mate uit granen en 'overige landbouwgewassen'. Een groot deel van de aardappelen, bieten, granen en 'overige landbouwgewassen' komt geconcentreerd voor in twee deelgebieden in het noorden van het Oostelijk Zandgebied, te weten een gebied rond Westerhaar-Vriezenveensewijk en een gebied ten zuiden van Dedemsvaart. Deze gebieden liggen in een apart stratum. De overige pcelen met deze gewassen komen verspreid over het Oostelijk Zandgebied voor.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet in het Oostelijk Zandgebied vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras, tussen maïs en bieten en tussen (verdrogende) maïs en (kort) gras. De verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras en tussen maïs en bieten blijft grotendeels beperkt tot de twee genoemde deelgebieden in het noorden van het Oostelijk Zandgebied. De verwarring tussen (verdrogende) maïs en grasland is over het algemeen beperkt van omvang.

Voor de referentiegebieden Hupsel en Mander, die zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 12 augustus 1986, bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 85 en 77% (aanhangel 2). Voor het deel van het referentiegebied Wierden dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 83%, terwijl deze voor het deel van het referentiegebied Wierden dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986 gelijk is aan 80%.

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is redelijk tot goed (aanhangel 3). Met name de oppervlakten aardappelen en boomgaard worden enigszins overschat en de oppervlakte granen wordt enigszins onderschat in het LGN-bestand. De oppervlakten van deze gewassen zijn echter relatief gering. Voor de in dit landbouwgebied gelegen referentiegebieden komen de oppervlakten van de grondgebruiksklassen in het LGN-bestand goed overeen met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen (aanhangel 2). Voor de referentiegebieden Hupsel en Mander bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 95 en 93%. Voor het deel van het referentiegebied Wierden dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 94%, terwijl deze voor het deel van het referentiegebied Wierden dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986 gelijk is aan 92%.

Concluderend kan worden gezegd dat binnen de landbouw-, bos- en open

natuurgebieden in het Oostelijk Zandgebied, met uitzondering van een enkele kilometers brede strook langs de zuidrand van het Oostelijk Zandgebied tussen Dinxperlo en Montferland, het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In het grootste deel van het Oostelijk Zandgebied is het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, in de landbouw-, bos- en open natuurgebieden ook bruikbaar op het niveau van de afzonderlijke pixels. In een enkele kilometers brede strook langs de zuidrand van het Oostelijk Zandgebied tussen Dinxperlo en Montferland, in twee deelgebieden in het noorden van het Oostelijk Zandgebied, te weten een gebied rond Westerhaar-Vriezenveensewijk en een gebied ten zuiden van Dedemsvaart, en in enkele deelgebieden in de omgeving van Varsseveld, Lichtenvoorde, Wierden en Hengelo is het LGN-bestand niet bruikbaar op pixelniveau.

Binnen de referentieklassse 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.6.2.10 Centraal Zandgebied

Het Centraal Zandgebied is grotendeels geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 3 augustus 1986. Een gebied in het noordelijke deel van de Utrechtse Heuvelrug en een gebiedje in het noordoostelijke deel van het Centraal Zandgebied ten zuiden van Zwolle, die op 3 augustus 1986 bewolkt waren, zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986 (plaat 1). In dit hoofdlandbouwgebied liggen twee referentiegebieden: Rozendaalse bos en Oostereng (figuur 1). Beide referentiegebieden zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 en bestaan bijna geheel uit bos. Voor de kaartbladen 32 West, 32 Oost, 33 West, 39 Oost en 40 West is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart.

De aaneengesloten bebouwde gebieden, de bos- en wateroppervlakken, de open natuurgebieden en de landbouwgebieden komen over het algemeen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Loof- en naaldbossen zijn over het algemeen goed van elkaar onderscheiden. Sommige open natuurgebieden zijn voor grote delen als grasland en/of kale grond geclassificeerd en lokaal zijn open natuurgebied en naaldbos als bebouwd gebied geclassificeerd. Bebouwd gebied in bos is gedeeltelijk als bos geclassificeerd. In de landbouwgebieden ten zuidwesten van de Utrechtse heuvelrug, tussen Wageningen en Rhenen en langs de zuidrand van de Veluwe vindt enige spectrale verwarring plaats tussen boomgaarden, loofbomen, grasland en bebouwd gebied. In het gebied langs de zuidrand van de Veluwe komen verspreid over de bebouwde gebieden (groepjes) pixels voor die zijn geclassificeerd als graan.

Van de totale oppervlakte cultuurgrond in het Centraal Zandgebied wordt 82% in beslag genomen door grasland en 13% door maïs. De maïspcelen liggen over het algemeen regelmatig verspreid tussen het grasland. Op overige 5% van de oppervlakte cultuurgrond worden met name aardappelen, bieten, granen en 'overige landbouwgewassen' verbouwd. Een groot deel van deze gewassen komt geconcentreerd voor in enkele kleine deelgebieden in de landbouwgebieden Westelijke Veluwe, Oostelijke Veluwe en Veluwezoom. Aan de hand van de topografische kaart en de satellietbeelden kan de ligging van deze gebieden worden bepaald. De overige percelen met deze gewassen komen verspreid over het Centraal Zandgebied voor.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet in het Oostelijk Zandgebied vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras, tussen maïs en bieten en tussen (verdrogende) maïs en (kort) gras. De verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras en tussen maïs en bieten blijft grotendeels beperkt tot enkele deelgebieden op de Veluwe. De verwarring tussen (verdrogende) maïs en grasland is over het algemeen beperkt van omvang.

Voor de referentiegebieden Rozendaalse bos en Oostereng, die zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 en grotendeels uit bos bestaan, bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 86 en 87% (aanhangel 2).

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is goed (aanhangel 3). Met name de oppervlakte bieten wordt enigszins onderschat en de oppervlakte boomgaarden wordt enigszins overschat in het LGN-bestand. De totale oppervlakten van deze gewassen zijn echter gering. Voor de in dit landbouwgebied gelegen referentiegebieden komen de oppervlakten van de grondgebruiksklassen in het LGN-bestand goed overeen met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen (aanhangel 2). Voor de referentiegebieden Rozendaalse bos en Oostereng bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 90 en 96%.

Concluderend kan worden gezegd dat binnen de landbouw- en bosgebieden in het Centraal Zandgebied het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In het grootste deel van het Centraal Zandgebied is het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, in de landbouw- en bosgebieden ook bruikbaar op het niveau van de afzonderlijke pixels. In enkele deelgebieden in de landbouwgebieden op de Veluwe, waar aardappelen en gras en/of maïs en bieten verspreid over het gebied voorkomen en relatief grote oppervlakten beslaan, is het LGN-bestand waarschijnlijk niet bruikbaar op pixelniveau.

Voor toepassing van het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, in open natuurgebieden dienen de klassen gras en kale grond in deze gebieden te worden gehercodeerd naar 'overig natuurgebied'.

Door de duidelijke bepaalde locaties van deze gebieden is deze hercodering eenvoudig en snel uit te voeren. Binnen de referentieklassse 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.6.2.11 Zuidelijk Zandgebied

Het grootste deel van het Zuidelijk Zandgebied is geclassificeerd met behulp van het TM-beeld van 3 augustus 1986. Een smalle strook langs de oostrand van het Zuidelijk Zandgebied ter hoogte van Venlo en een gebiedje in de zuidoost hoek van het Zuidelijk Zandgebied ten zuiden van Roermond zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juni 1988. In dit hoofdlandbouwgebied liggen drie referentiegebieden: Oedenrode, Stevensbeek en Ulvenhout (figuur 1). Alle drie de referentiegebieden zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986.

Voor de kaartbladen 45 West, 50 West, 51 West, 52 West, 52 Oost, 57 Oost en 58 West is het LGN-bestand vergeleken met de originele satellietbeelden en de topografische kaart.

In het deel van het Zuidelijk Zandgebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 komen de aaneengesloten bebouwde gebieden, de bos- en wateroppervlakken, de open natuurgebieden en de landbouwgebieden over het algemeen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Loof- en naaldbossen zijn over het algemeen goed van elkaar onderscheiden. Sommige open natuurgebieden zijn voor grote delen als grasland en/of kale grond geclassificeerd. Lokaal zijn open natuurgebied en naaldbos als bebouwd gebied geclassificeerd, vindt verwarring plaats tussen water en naaldbos, wordt naaldbos als 'overig natuurgebied' geclassificeerd en open natuurgebied als loofhout. Lokaal worden ook in loofbos als landbouwgewas geclassificeerde pixels aangetroffen. Bebouwd gebied in bos is gedeeltelijk als bos en 'overig natuurgebied' geclassificeerd. Voor het classificatieresultaat van het deel van het Zuidelijk Zandgebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juni 1988 wordt verwezen naar de bespreking van het classificatieresultaat van het Lössgebied.

Van de totale oppervlakte cultuurgrond in het Zuidelijk Zandgebied wordt 53% in beslag genomen door grasland, 27% door maïs en 12% door de akkerbouwgewassen graan, aardappelen en bieten. Op de overige 8% van de oppervlakte cultuurgrond worden met name 'overige landbouwgewassen', waaronder veel tuinbouwgewassen, verbouwd. De gras- en maïspcelen komen verspreid over het gehele Zuidelijk Zandgebied voor. De aardappelen, bieten, granen en 'overige landbouwgewassen' komen ook bijna overal in het Zuidelijk Zandgebied voor. Wel variëren de dichtheden sterk tussen de verschillende landbouwgebieden. Zo worden relatief hoge dichtheden aardappelen, bieten, granen en 'overige landbouwgewassen' aangetroffen in noord en midden Limburg. Ook elders in het Zuidelijk

Zandgebied zijn aan de hand van de topografische kaart en de satellietbeelden een aantal deelgebieden aan te wijzen waar aardappelen, bieten, granen en/of 'overige landbouwgewassen' in relatief hoge dichtheden voorkomen. De dichtheden zijn echter niet groot genoeg en de spreiding is te groot om naast de strata in noord en midden Limburg nog andere strata in het Zuidelijk Zandgebied aan te wijzen (figuur 2). Om praktische redenen is het zeer grote stratum, dat het zandgebied in Noord-Brabant en een deel van Noord-Limburg omvat, tijdens de classificatie in kleinere gebieden opgesplitst. Een groot deel van de 'overige landbouwgewassen' was reeds geogst op 3 augustus 1986. Met name in de Maasvallei zijn kale landbouwpercelen op grote schaal gehercodeerd naar 'overige landbouwgewassen'. Elders is dat niet of nauwelijks gebeurd en is veel 'kale grond' in het LGN-bestand aanwezig. De 'overige landbouwgewassen' die nog op het veld stonden op 3 augustus 1986 waren zeer divers en vertoonden spectrale overlap met een groot aantal andere gewassen. In een aantal gebieden is de klasse 'overige landbouwgewassen' daarom niet geclassificeerd.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet in het deel van het Zuidelijk Zandgebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras, tussen maïs en bieten en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen, grasland en kale grond. Bovendien komt lokaal in sterk verdrogende gebieden, als gevolg van structuurverandering van het gewas, spectrale verwarring voor tussen sterk verdrogende akkerbouwgewassen onderling en tussen sterk verdrogende akkerbouwgewassen en (kort) grasland. De verwarring tussen de zeer veel voorkomende gewassen gras en (verdrogende) maïs is over het algemeen beperkt van omvang.

Voor de referentiegebieden Oedenrode, Stevensbeek en Ulvenhout bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 81, 67 en 81% (aanhangel 2). In deze referentiegebieden bestaat het grootste deel van het landbouwgebied uit gras- en maïspercelen.

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is matig (aanhangel 3). Met name de oppervlakten bieten en 'overige landbouwgewassen' worden sterk onderschat in het LGN-bestand. Voor de in dit landbouwgebied gelegen referentiegebieden komen de oppervlakten van de grondgebruiksklassen in het LGN-bestand goed overeen met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen (aanhangel 2). Voor de referentiegebieden Oedenrode, Stevensbeek en Ulvenhout bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 93, 85 en 95%.

Concluderend kan worden gezegd dat in de bosgebieden en binnen het grootste deel van het landbouwgebied in het Zuidelijk Zandgebied het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. Het bovenstaande is echter niet van toepassing op de landbouwgebieden waar bieten en 'overige landbouwgewassen' relatief grote oppervlakte

innemen. In de landbouwgebieden waar voornamelijk grasland en maïs voorkomen en in de bosgebieden is het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, ook bruikbaar op het niveau van de afzonderlijke pixels. In de landbouwgebieden waar aardappelen en gras en/of maïs en bieten en/of 'overige landbouwgewassen' verspreid over het gebied voorkomen en relatief grote oppervlakten beslaan, is het LGN-bestand echter niet bruikbaar op pixelniveau.

Voor de bruikbaarheid van het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, in de open natuurgebieden moeten met name de klassen gras en kale grond in deze gebieden worden gehercodeerd naar 'overig natuurgebied'. Door de duidelijk bepaalde locaties van deze gebieden is deze hercodering eenvoudig en snel uit te voeren. Binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakten gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen, die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

In het deel van het Zuidelijk Zandgebied dat is geclassificeerd met het satellietbeeld van 14 juni 1988 is het LGN-bestand niet bruikbaar op regionale schaal.

3.6.2.12 Veenkoloniën

Het hoofdlandbouwgebied Veenkoloniën bestaat uit twee gedeelten: een groot aaneengesloten gebied, gelegen in zuid Groningen en zuidoost Drenthe, en een apart gelegen gebiedje in het westen van Drenthe bij Smilde (figuur 4). Het noordelijke deel van de Veenkoloniën is geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986, het zuidoostelijke deel met het satellietbeeld van 14 juli 1987 en het midden-gedeelte met satellietbeelden van 16 juni 1986 en 13 september 1986 (plaat 1). Het apart gelegen gebiedje in het westen van Drenthe is geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986. In dit hoofdlandbouwgebied liggen drie referentiegebieden: Nieuw Buinen, Schoonoord en Veenhuizen (figuur 1). Het referentiegebied Nieuw Buinen is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juli 1987. Van het referentiegebied Veenhuizen, dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986, ligt slechts een klein gedeelte in de Veenkoloniën. Het grootste deel van dit referentiegebied ligt in het Noordelijk Zandgebied. Het referentiegebied Schoonoord, dat gedeeltelijk is geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986 en gedeeltelijk met 2 TM-beelden, te weten die van 16 juni en 13 september 1986, ligt voor ongeveer de helft in de Veenkoloniën en voor de helft in het Noordelijk Zandgebied. Gezien het aanwezige grondgebruik in en rond de twee laatste referentiegebieden zijn de validatieresultaten voor beide hoofdlandbouwgebieden van belang. Voor de kaartbladen 7 Oost, 17 West, 17 Oost en 18 is het LGN-bestand vergeleken met de originele satellietbeelden en de topografische kaart.

In het hoofdlandbouwgebied Veenkoloniën worden met name akkerbouwgewassen verbouwd. Granen, aardappelen en bieten beslaan respectievelijk 13, 36 en 19%

van de oppervlakte cultuurgrond. Maïs en 'overige landbouwgewassen' (vooral peulvruchten) komen met name voor op de Hondsrug en in het aangrenzende deel van het Drenthse Veenkoloniale gebied en beslaan respectievelijk 5 en 8% van de oppervlakte cultuurgrond. De overige 18% van de oppervlakte cultuurgrond wordt in beslag genomen door grasland. Gras komt verspreid over de hele Veenkoloniën voor, maar met name in het Drenthse en Groningse Veenkoloniale gebied is de dichtheid in enkele deelgebieden zeer gering.

In de Veenkoloniën komen de aaneengesloten bebouwde gebieden, de grotere bos- en wateroppervlakken, de open natuurgebieden en de landbouwgebieden over het algemeen duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Bossen komen voornamelijk op de Hondsrug voor en loof- en naaldbossen zijn over het algemeen goed van elkaar onderscheiden. Lokaal is bos als bebouwd gebied, open natuurgebied of een landbouwgewas geclassificeerd. Open natuurgebieden komen bijna uitsluitend op de Hondsrug en in het zuidelijke deel van het Drenthse Veenkoloniale gebied voor. Deze zijn vaak gedeeltelijk als gras en lokaal als een landbouwgewas geclassificeerd. Het grondgebruiksbestand van het in Groningen gelegen deel van de Veenkoloniën heeft een rustig uiterlijk en de afzonderlijke akkerbouwpercelen zijn meestal duidelijk herkenbaar. In het overige deel van de Veenkoloniën hebben de landbouwgebieden een onrustig uiterlijk en zijn de vormen van de afzonderlijke akkerbouwpercelen vaak niet duidelijk herkenbaar. In een groot deel van de Veenkoloniën komen lange en smalle percelen voor, waardoor het percentage grenspixels vaak hoog is. Een deel van deze grenspixels is foutief geclassificeerd.

Met name in het Drenthse deel van de Veenkoloniën, dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986, is open bebouwd gebied verward met graan. Hierdoor zijn zowel binnen open bebouwd gebied pixels geclassificeerd als graan als binnen graanpercelen pixels geclassificeerd als bebouwd gebied.

In het deel van de Veenkoloniën dat is geclassificeerd met de TM-beelden van 16 juni en/of 13 september 1986 zijn verspreid voorkomende (groepjes) 'kale grond pixels' soms foutief als bebouwing geclassificeerd. Veel van deze foutief geclassificeerde pixels verdwijnen echter na toepassing van een 3 x 3 majority filter. Verder komen binnen bebouwd gebied verspreid liggende (groepjes) pixels voor die zijn geclassificeerd als een akkerbouwgewas. Oorspronkelijk waren deze pixels geclassificeerd als kale grond. De meeste kale grond is echter gehercodeerd naar een akkerbouwgewas.

In het deel van de Veenkoloniën dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juli 1987 zijn verspreid voorkomende (groepjes) mixed pixels op de grens van verschillende percelen of langs wegen en waterlopen soms foutief geclassificeerd als bebouwd gebied. Veel van deze pixels zullen verdwijnen na toepassing van een 3 x 3 majority filter. In de aaneengesloten bebouwde gebieden komen veel (groepjes) pixels voor die zijn geclassificeerd als een landbouwgewas. Een aantal bebouwde gebieden met een open structuur zijn nauwelijks herkenbaar en voor een groot deel geclassificeerd als een landbouwgewas.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet in het

deel van de Veenkoloniën dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras, tussen maïs en bieten en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland. Hierboven is reeds gewezen op de verwarring tussen graan en open bebouwd gebied.

Voor de gebieden die zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986 moet vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen gewassen die nog een onvolledige bodembedekking hebben, zoals aardappelen, bieten en maïs, tussen vroege aardappelen en (hoog) gras en tussen granen en peulvruchten.

Voor de gebieden die zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986 moet vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen gewassen die al zijn geoogst, zoals granen, peulvruchten en een deel van de aardappelen en tussen late aardappelen en (hoog) gras. De bieten waren op het beeld van 13 september 1986 zeer goed herkenbaar, terwijl maïs over het algemeen een heterogeen reflectiepatroon vertoonde en daardoor slecht was te classificeren.

Voor het gebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juli 1987 moet vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras, tussen granen en bieten, tussen maïs en kort gras en tussen 'overige landbouwgewassen' en de belangrijke akkerbouwgewassen en grasland.

Voor de referentiegebieden Nieuw Buinen en Veenhuizen bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 65 en 63% (aanhangel 2). Voor het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met de TM-beelden van 16 juni en 13 september 1986 bedraagt de geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 60%, terwijl deze voor het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986 gelijk is aan 70%. Het laatste deelgebied is echter zeer klein en bestaat praktisch geheel uit aardappelen en bieten. Hierdoor kan het weliswaar niet als representatief worden beschouwd voor het betreffende stratum, maar wel voor het zeer kleine gebiedje dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986.

De overeenkomst tussen de oppervlakten in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is goed (aanhangel 3). Voor de in dit landbouwgebied gelegen referentiegebieden komen de oppervlakten van de grondgebruiksklassen in het LGN-bestand goed overeen met de oppervlakten van de betreffende referentieklassen (aanhangel 2). Voor de referentiegebieden Nieuw Buinen en Veenhuizen bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid respectievelijk 81 en 83%. Voor het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met de TM-beelden van 16 juni en 13 september 1986 bedraagt de niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid 90%, terwijl deze voor het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986 gelijk is aan 92%. Het laatste deelgebied is echter zeer klein en bestaat praktisch geheel uit aardappelen en bieten. Hierdoor kan het weliswaar niet als representatief worden beschouwd voor het betreffende stratum, maar wel voor het zeer kleine gebiedje dat is geclassificeerd met het TM-

beeld van 13 september 1986.

Concluderend kan worden gezegd dat binnen de landbouw- en bosgebieden in de Veenkoloniën (met uitzondering van het landbouwgebied dat is geënclassificeerd met uitsluitend het satellietbeeld van 16 juni 1986) het LGN-bestand zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In deze landbouw- en bosgebieden is het LGN-bestand voor de hoofdklassen ook bruikbaar op het niveau van de afzonderlijke pixels. In de meeste bosgebieden is het bestand ook voor de subklassen bruikbaar op pixelniveau. In landbouwgebieden is de bruikbaarheid op pixelniveau echter beperkt tot de akkerbouwgebieden die zijn geënclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986 en waar voornamelijk aardappelen, bieten en granen worden verbouwd.

Voor de bruikbaarheid van het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, in de open natuurgebieden moeten de klassen gras en in mindere mate 'landbouw' binnen open natuurgebieden worden gehercodeerd naar 'overig natuurgebied'. Door de duidelijk bepaalde locaties van deze gebieden is deze hercodering eenvoudig en snel uit te voeren. Binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.2.6.13 Overig Noord-Holland

Het hoofdlandbouwgebied Overig Noord-Holland is geheel geënclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986. In dit hoofdlandbouwgebied liggen geen referentiegebieden. Voor de kaartbladen 14 West, 19 West, 19 Oost, 24 en 25 West is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart.

De aaneengesloten bebouwde gebieden, de bossen, de wateroppervlakken, de open natuurgebieden en de grotere grasland- en tuinbouwgebieden komen meestal duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Loof- en naaldbossen zijn over het algemeen goed van elkaar onderscheiden. De open natuurgebieden in de duinen zijn lokaal als gras, kale grond en bebouwd gebied geënclassificeerd. Het strand is als kale grond geënclassificeerd. Kale landbouwpercelen zijn lokaal als bebouwd gebied geënclassificeerd.

Het landbouwgebied van Overig Noord-Holland bestaat voornamelijk uit grasland (56% van de oppervlakte cultuurgrond). Daarnaast komen relatief grote oppervlakken voor met open grond groente en bolgewassen (respectievelijk 15 en 13% van de oppervlakte cultuurgrond). De groenteteelt in de open grond komt verspreid over het hele hoofdlandbouwgebied voor, maar in twee deelgebieden komen de tuinbouwgewassen in zeer hoge dichtheid voor: de tuinbouwgebieden tussen Schagen en Alkmaar (de landbouwgebieden Geestmerambacht en het

Randgebied van Geestmerambacht) en in de Oostelijke punt van het hoofdlandbouwgebied (met name Polder het Grootslag). Een deel van de open grond groente was al geoogst op 3 augustus 1986. Kale landbouwpercelen zijn daarom in enkele deelgebieden op grote schaal gehercodeerd naar 'overige landbouwgewassen'. Er staat echter ook nog veel groente op het veld, met name kolen. Deze lijken spectraal sterk op bieten, maar zijn vanwege de geringe oppervlakte bieten in deze gebieden waarschijnlijk vrij goed geclassificeerd. Bolgewassen komen verspreid voor over het hele hoofdlandbouwgebied Overig Noord-Holland, met uitzondering van de polder Geestmerambacht. Van de totale oppervlakte bolgewassen bestaat 63% uit tulpen, hyacinten en narcissen. Deze waren op 3 augustus 1986 reeds geoogst, waardoor deze percelen over het algemeen slecht zijn te onderscheiden van de overige kale landbouwpercelen. Aan de hand van de CBS-landbouwstatistieken en de originele satellietbeelden zijn met name in Noord- en Zuid-Kennemerland percelen met kale grond gehercodeerd naar bollen. In deze gebieden liggen de meeste bollen in enkele complexen, direct achter de duinen, bij elkaar. In het overige deel van het hoofdlandbouwgebied Overig Noord-Holland zijn de percelen met tulpen, hyacinten en narcissen niet te onderscheiden van kale tuinbouwpercelen en op grote schaal gehercodeerd naar 'overige landbouwgewassen'. Verspreid over het hoofdlandbouwgebied komen ook enkele honderde hectare voor met bolgewassen die begin augustus nog niet zijn geoogst, zoals lelies, gladiolen en irissen. Deze bolgewassen zijn waarschijnlijk grotendeels geclassificeerd als 'overige landbouwgewassen'.

Van de akkerbouwgewassen komen alleen aardappelen in een oppervlakte van betekenis voor (6% van de oppervlakte cultuurgrond). De aardappelen komen met name voor in en rond de Polder Geestmerambacht en in het oostelijke deel van het hoofdlandbouwgebied Overig Noord-Holland, waar ze verspreid liggen tussen tuinbouw- en graslandpercelen.

Boomgaarden beslaan ongeveer 3% van de oppervlakte cultuurgrond en komen voornamelijk voor ten oosten van de lijn Hoorn-Benningbroek. De boomgaarden worden gedeeltelijk verward met grasland, kale grond en bebouwd gebied. Met name de grotere boomgaardcomplexen zijn redelijk geclassificeerd. Er komen echter verspreid over een groot deel van de oostelijk helft van het hoofdlandbouwgebied Overig Noord-Holland (goepjes) mixed pixels voor die foutief als boomgaard zijn geclassificeerd. Een deel van deze pixels zullen echter verdwijnen na toepassing van een 3 x 3 majority filter.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen aardappelen en (hoog) gras en tussen bolgewassen en 'overige landbouwgewassen'.

De overeenkomst tussen de oppervlakten van de verschillende gewassen in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is slecht (aanhangel 3). Met name de oppervlakten granen en 'overige landbouwgewassen' worden sterk overschat en de oppervlakten aardappelen en bolgewassen sterk onderschat in het LGN-bestand.

Concluderend kan worden gezegd dat in de bos- en open natuurgebieden en binnen

het grootste deel van het landbouwgebied in Overig Noord-Holland het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. Het bovenstaande is echter niet van toepassing op de landbouwgebieden waar bolgewassen en/of 'overige landbouwgewassen' relatief grote oppervlakten innemen, met uitzondering van Noord- en Zuid-Kennemerland. In de bos- en open natuurgebieden is het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, ook bruikbaar op het niveau van de afzonderlijke pixels. In de landbouwgebieden is het gebruik van de LGN-databank op pixelniveau echter beperkt. In de landbouwgebieden waar aardappelen en gras verspreid over het gebied voorkomen en relatief grote oppervlakten beslaan en waar relatief grote oppervlakten met bolgewassen, met uitzondering van Noord- en Zuid-Kennemerland, 'overige landbouwgewassen' of boomgaarden aanwezig zijn, is het LGN-bestand niet bruikbaar op pixelniveau. De aanwezigheid van boomgaarden is echter geen beperking meer voor gebruik op pixelniveau wanneer een 3 x 3 majority filter wordt toegepast.

Binnen de referentieklassse 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

3.2.6.14 Overig Zuid-Holland

Het hoofdlandbouwgebied Overig Zuid-Holland is geheel geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986. In dit hoofdlandbouwgebied liggen geen referentiegebieden. Voor de kaartbladen 24, 30 West en 30 Oost is het LGN-bestand vergeleken met het originele satellietbeeld en de topografische kaart.

De aaneengesloten bebouwde gebieden, de bossen, de wateroppervlakken, de open natuurgebieden en de landbouwgebieden komen meestal duidelijk naar voren in het LGN-bestand. Loof- en naaldbossen zijn over het algemeen goed van elkaar onderscheiden. Lokaal vindt er enige verwarring plaats tussen naaldbos en water. De open natuurgebieden in de duinen zijn lokaal als gras en bebouwd gebied en op wat grotere schaal als kale grond geclassificeerd. Het strand is als kale grond geclassificeerd. Kale landbouwpercelen zijn lokaal als bebouwd gebied geclassificeerd. Glastuinbouw is voornamelijk als bebouwd gebied geclassificeerd en in geringe mate als kale grond.

In het landbouwgebied van Overig Zuid-Holland worden voornamelijk grasland en bollenteelt aangetroffen. Deze gewassen beslaan respectievelijk 41 en 32% van de oppervlakte cultuurgrond. Van de totale oppervlakte bolgewassen bestaat 87% uit tulpen, hyacinten en narcissen, die op 3 augustus 1986 reeds geoogst waren. De bollen worden voornamelijk geteeld in enkele grote complexen die liggen in een strook achter de duinen tussen Heemstede en Wassenaar. Deze complexen met kale

grond steken op het TM-beeld van 3 augustus 1986 duidelijk af tegen de aangrenzende graslandgebieden en zijn gehercodeerd naar bollenteelt. Van de overige oppervlakte cultuurgrond wordt 18% in beslag genomen door 'overige landbouwgewassen' (met name open grond groente en bloemkwekerijgewassen) en 6% door de akkerbouwgewassen maïs, granen, aardappelen en bieten. Voorzover de 'overige landbouwgewassen' reeds geoogst waren op 3 augustus 1986 en in de omgeving van de bollencomplexen liggen, zijn ze gehercodeerd naar bollenteelt. De akkerbouwgewassen en een deel van de 'overige landbouwgewassen' liggen geconcentreerd in een klein gebied langs de zuidrand van het hoofdlandbouwgebied.

Wat betreft de classificatie van de afzonderlijke landbouwgewassen moet vooral rekening worden gehouden met spectrale verwarring tussen bolgewassen en 'overige landbouwgewassen.'

De overeenkomst tussen de oppervlakten van de verschillende gewassen in het LGN-bestand en de CBS-landbouwstatistieken is matig (aanhangel 3). Met name de oppervlakte 'overige landbouwgewassen' wordt sterk onderschat in het LGN-bestand. Daarnaast verschillen ook de oppervlakken maïs, aardappelen en granen in beide bestanden sterk van elkaar. De oppervlakten van deze laatste gewassen zijn echter gering.

Concluderend kan worden gezegd dat in de landbouw-, bos- en open natuurgebieden in Overig Noord-Holland het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, bruikbaar is om informatie te verkrijgen over de oppervlakteverdeling van de grondgebruiksklassen in subgebieden. In de bosgebieden en het grootste deel van de landbouwgebieden is het LGN-bestand, zowel op het niveau van de hoofd- als de subklassen, ook bruikbaar op het niveau van de afzonderlijke pixels. In de landbouwgebieden waar 'overige landbouwgewassen' een relatief grote oppervlakte innemen en in het akkerbouwgebiedje langs de zuidrand van het hoofdlandbouwgebied is het LGN-bestand niet bruikbaar op pixelniveau.

In de open natuurgebieden is het LGN-bestand alleen bruikbaar op pixelniveau indien de klassen kale grond en in mindere mate grasland en bebouwd gebied in de open natuurgebieden worden gehercodeerd naar 'overig natuurgebied'. Binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' is het LGN-bestand, zowel in de vorm van oppervlaktestatistieken als op pixelniveau, alleen bruikbaar indien de oppervlakken gras, kale grond en eventueel landbouwgewassen die voorkomen binnen of grenzen aan bebouwd gebied en niet in landbouwkundig gebruik zijn, worden gehercodeerd.

4 AANBEVELINGEN OM DE LGN-DATABANK TE VERBETEREN

Uit de resultaten van de validatie is gebleken dat de nauwkeurigheid en derhalve de bruikbaarheid van het LGN-bestand sterk over Nederland varieert. Dit is een van de factoren die operationele toepassing van de databank vaak nog in de weg staat. Een eventuele actualisering van de databank zal dan ook gepaard moeten gaan met een verbetering van de kwaliteit van de databank. In dit hoofdstuk komen een aantal methodieken aan de orde die de nauwkeurigheid van de databank kunnen verbeteren. Iedere verbetering zal kosten met zich mee brengen. Een eventuele operationele toepassing van de verschillende methodieken zal met name afhangen van het rendement van de methodiek; de kwaliteitsverbetering zal moeten opwegen tegen de kosten van de methodiek. De vraag welke nauwkeurigheid gewenst is voor verschillende toepassingen (3.6.1) speelt hierbij ook een grote rol. De verschillende methodieken kunnen worden onderverdeeld in technieken die direct betrekking hebben op de beeldverwerking en methoden waarbij satellietbeelden gecombineerd met andere digitale geografische bestanden worden toegepast. Een belangrijke aanbeveling die hieronder niet afzonderlijk aan de orde komt, is de verzameling van referentiegegevens. Zowel voor het classificatieproces zelf als voor de validatie is het van groot belang dat er voldoende betrouwbare referentiegegevens beschikbaar zijn. Tijdens de vervaardiging van de LGN-databank waren van een groot aantal gewassen en in een groot aantal gebieden geen of onvoldoende referentiegegevens beschikbaar. Dit heeft het classificatieresultaat negatief beïnvloed.

4.1 Beeldverwerkingstechnieken om de kwaliteit van de LGN-databank te verbeteren

4.1.1 Multitemporele classificatie

Een groot deel van de problemen die samenhangen met de spectrale verwarring tussen grasland en akkerbouwgewassen kan worden opgelost door naast een satellietbeeld uit het midden van het groeiseizoen ook een beeld te gebruiken uit de periode december tot en met mei, die hieraan vooraf gaat. In combinatie met het zomerbeeld zal afhankelijk van het opnametijdstip van het winter- of voorjaarsbeeld de classificatienauwkeurigheid van bouwland met wintergewassen ook aanzienlijk kunnen verbeteren. Mogelijk zijn er nog andere grondgebruiksklassen die met een aanvullend beeld uit een bepaalde periode beter kunnen worden geclassificeerd. Dit moet nader worden uitgezocht. Voor het winter- of voorjaarsbeeld kan zowel gebruik worden gemaakt van TM-beelden als van SPOT-beelden. Voor de zomerbeelden moet bij voorkeur gebruik worden gemaakt van TM-beelden vanwege de beschikbaarheid van banden in het midden-infrarood. Gezien de relatief lange periode waarin het winter- of voorjaarsbeeld kan worden verkregen, de mogelijkheid om de SPOT satelliet te kunnen programmeren en de mogelijkheid om naast TM-beelden van Landsat 5 ook beelden opgenomen door

Landsat-4 te bestellen is de kans een geschikt winter- of voorjaarsbeeld te krijgen zeer groot. De kans op geschikte TM-beelden in de periode juli tot en met begin augustus of een andere relatief korte periode is aanzienlijk geringer. Voor deze periode zal in ieder geval ook de Landsat 4 moeten worden ingezet. Daarnaast zal, gezien het belang van een zomerbeeld, ook de SPOT satelliet moeten worden geprogrammeerd. Wanneer in bepaald jaar toch alleen een geschikt winter- of voorjaarsbeeld wordt verkregen dan moet worden volstaan met de aktualisering van enkele klassen (bijv. grasland en akkerbouw). Praktisch is het uitvoeren van een multitemporale classificatie geen probleem, terwijl een aanzienlijke verbetering van het classificatieresultaat in landbouwgebieden mag worden verwacht. De kosten van de satellietbeelden en de beeldverwerking zullen echter aanzienlijk toenemen. Een beperkende factor blijft verder het verkrijgen van satellietbeelden uit het groeiseizoen.

4.1.2 Detaillering van de stratificatie

Een deel van de problemen die samenhangen met de spectrale verwarring tussen belangrijke grondgebruiksklassen kan worden opgelost door aanpassing van de stratificatie. Met behulp van de gedurende het LGN-project opgedane ervaring betreffende de spectrale verwarring tussen belangrijke grondgebruiksklassen kan de ligging van de stratumgrenzen worden geoptimaliseerd. Bovendien verdient het aanbeveling de grote strata verder onder te verdelen zodat gebieden worden verkregen die gemakkelijker zijn te overzien. Met beschikbare digitale geografische bestanden, zoals het BARS- en het CORINE-bestand (4.2.1 en 4.2.3), kan de stratificatie mogelijk verder worden gedetailleerd. Door de bestaande mogelijkheden om raster-, i.c. remote sensing bestanden geïntegreerd toe te passen met polygoonbestanden, i.c. stratumgrenzen, levert een verdere detaillering van de stratificatie technisch geen problemen op. Een toename van het aantal strata betekent echter een toename van het aantal afzonderlijk te classificeren gebieden. Daar tegenover staat dat door beperking van het aantal grondgebruiksklassen per stratum en door de toegenomen overzichtelijkheid van de afzonderlijke strata het proces van training en classificatie sneller kan worden uitgevoerd.

4.1.3 Visuele interpretatie van satellietbeelden en luchtfoto's

Binnen de referentieklassen 'bebouwing en wegen' en 'open natuurgebied' kunnen meerdere vormen van bodembedekking voorkomen (bijv. bomen, gras en kale grond). Bovendien komen binnen deze beide referentieklassen verschillende vormen van bodembedekking vaak op korte afstand van elkaar voor, waardoor het moeilijk is om representatieve trainingsgebieden aan te wijzen. Hierdoor vertonen deze klassen vaak een grote spectrale variatie, waardoor gemakkelijk spectrale overlap optreedt met andere grondgebruiksklassen. Door de intensiteit en de ruimtelijke variatie (textuur) van de reflectiewaarden en de ligging van de pixels in samenhang met de ligging van de aangrenzende grondgebruiksklassen (context)

zijn open natuurgebieden en aaneengesloten stedelijke gebieden echter over het algemeen visueel duidelijk herkenbaar op satellietbeelden, vooral wanneer met behulp van een beeldverwerkingssysteem een optimaal contrast is verkregen. De classificatienauwkeurigheid van de genoemde klassen kan daarom aanzienlijk worden verhoogd door aanvullende visuele interpretatie van de satellietbeelden. Hetzelfde geldt overigens voor andere klassen die enkel op basis van reflectiewaarden moeilijk zijn te onderscheiden en waar context en verschillen in textuur aanvullende informatie kunnen leveren (bijv. boomgaarden). Naast satellietbeelden kan hierbij ook worden gedacht aan het gebruik van luchtfoto's.

Technisch vormt het uitvoeren van visuele interpretatie van satellietbeelden en luchtfoto's geen probleem. Het is echter een tijdrovende en dure methode. Een voorwaarde is daarom dat de ligging van de te onderscheiden grondgebruiksklassen redelijk bekend is uit andere bronnen, zoals de landbouwstatistiek en de topografische kaart. Daarnaast speelt het belang van de betreffende klasse voor verschillende toepassingen een grote rol. Bij het analyseren van de mogelijkheden van visuele interpretatie van satellietbeelden kunnen de ervaringen opgedaan in het kader van het CORINE-project (4.2.3) een belangrijke rol spelen.

4.1.4 Toepassing van drempelwaarden bij de automatische classificatie

Bij de in het LGN-project toegepaste classificatiemethodiek worden alle pixels geclassificeerd. Nietemin kan het voorkomen dat (mixed) pixels spectraal sterk afwijken van alle gedefinieerde trainingsgebieden. De waarschijnlijkheid dat de pixel werkelijk tot de toegewezen klasse behoort is dan gering. Het is mogelijk om na afloop van de classificatie alle pixels waarvan de waarschijnlijkheid dat ze tot de toegewezen klasse behoren lager is dan een opgegeven drempelwaarde in een "verwerpingsklasse" met waarde nul te stoppen. Voor het referentiegebied Ulvenhout is op kwalitatieve wijze nagegaan of deze methodiek bruikbaar is voor de LGN-classificatie. Hieruit bleek dat toepassing van drempelwaarden op 'homogene' klassen zoals grasland en maïs tot gevolg heeft dat er op grote schaal 'gaten' vallen binnen grasland en maïspcelen. Er worden voornamelijk correct als gras en maïs geclassificeerde pixels in de verwerpingsklasse gestopt. Voor de heterogene klasse bebouwd gebied werden wel positieve resultaten gevonden. Door het heterogene karakter van de klasse bebouwd gebied is het moeilijk representatieve trainingsgebieden met een relatief geringe spreiding in pixelwaarden te vinden. Hierdoor worden er vaak nogal wat pixels die in werkelijkheid tot een andere grondgebruiksklasse behoren als bebouwd gebied geclassificeerd. Veel van deze pixels vallen na toepassing van een drempelwaarde in de verwerpingsklasse. Naarmate de drempelwaarde lager is, komen echter niet meer in hoofdzaak de ten onrechte als bebouwd gebied geclassificeerde pixels in de verwerpingsklasse terecht maar ook steeds meer correct geclassificeerde 'bebouwd gebied' pixels. Bovendien neemt het aantal pixels in de verwerpingsklasse sterk toe. De optimale drempelwaarde, die moet worden gekozen, is niet eenduidig maar afhankelijk van de trainingsset en moet worden bepaald door 'trial and error'.

Hoewel de toepassing van drempelwaarden bij de classificatie waarschijnlijk redelijke resultaten op kan leveren voor heterogene klassen zoals bebouwd gebied en 'open natuurgebied' is de met deze methode te bereiken toename van de 'overall' classificatienauwkeurigheid beperkt. Bovendien neemt de benodigde opslag- en reken capaciteit sterk toe. Operationele toepassing van deze methode ligt daarom niet voor de hand.

4.1.5 Unsupervised classificatiemethoden

In de praktijk is gebleken dat wanneer een relatief klein gebied, bijv. met een oppervlakte van 100 km², afzonderlijk wordt geclassificeerd, het classificatieresultaat vaak aanzienlijk beter is dan wanneer het gebied onderdeel uitmaakt van een stratum met een aanzienlijk groter oppervlak dat in zijn geheel wordt geclassificeerd. Op het eerste gezicht ligt dat voor de hand. Het geeft echter wel aan dat het classificatieresultaat in het LGN-project geringer is dan op grond reflectieverschillen mogelijk is. De belangrijkste reden hiervoor is dat het in relatief kleine en daardoor overzichtelijke gebieden gemakkelijker is om trainingsgebieden aan te wijzen die representatief zijn voor alle voorkomende spectrale klassen dan in grote gebieden. Een tweede mogelijke reden is dat de spectrale signatuur van bepaalde gewassen verandert in de ruimte als gevolg van wisselende atmosferische omstandigheden of uiteenlopende gewasontwikkeling. De laatste reden zou met name in grote strata een rol kunnen spelen (zie ook 4.1.2). In de praktijk is ook gebleken dat wanneer hetzelfde gebied door verschillende personen wordt geclassificeerd de classificatieresultaten soms aanzienlijk kunnen verschillen.

Bovenstaande resultaten pleiten er voor de mogelijkheden te onderzoeken het classificatieresultaat minder afhankelijk te maken van de persoon die de classificatie uitvoert. Dat betekent dat met name de selectie van de trainingsgebieden objectiever moet worden. De toepassing van 'unsupervised' en de gecombineerde toepassing van 'unsupervised' en 'supervised' classificatiemethoden kunnen hierbij mogelijk van nut kan zijn. Technisch is het uitvoeren van unsupervised classificatiemethoden geen probleem. Er zijn echter veel verschillende methoden en bij veel methoden moeten waarden van bepaalde parameters door 'trial and error' worden bepaald, waardoor deze per gebied kunnen verschillen. De methode vereist bovendien dat voldoende, betrouwbare referentiegegevens beschikbaar zijn.

4.1.6 Niet-parametrische classificatiemethode

Bij de toegepaste classificatiemethode (maximum likelihood classification) wordt er van uitgegaan dat de reflectiewaarden van de trainingsgebieden normaal zijn verdeeld. In werkelijkheid is dat echter niet altijd het geval. In die gevallen zou een niet parametrische classificatiemethode betere resultaten kunnen opleveren dan de maximum likelihood classificatiemethode. Ook is het mogelijk om door interak-

tieve opschoning van de trainingsstatistieken een betere benadering van de normale verdeling te krijgen. In de literatuur zijn enige positieve resultaten gemeld van toepassing van bovenstaande methoden (o.a. Skidmore and Turner, 1988; Büttner et al., 1989). Toepassing van deze methoden vereist echter ontwikkeling van speciale software en met name de toepassing van een niet-parametrische classificatie vereist een zeer grote opslagcapaciteit. Over de mogelijkheden van beide methoden onder de specifieke Nederlandse omstandigheden valt nog weinig te zeggen. Hiervoor is nader onderzoek nodig. Gezien het onderzoeksmatige karakter van deze methoden is van operationele toepassing op korte termijn geen sprake.

4.1.7 Filter-technieken

Hoewel toepassing van een majority filter het classificatieresultaat aanzienlijk kan verbeteren, treden er ook een aantal ongewenste effecten op (2.5.3). Deze kunnen grotendeels worden voorkomen door bij de filtering rekening te houden met de gewenste minimale polygoongrootte en met voorkennis van optredende spectrale verwarring tussen verschillende grondgebruiksklassen.

Met name in akkerbouwgebieden treden soms op grote schaal misclassificaties op van mixed pixels langs perceelsgrenzen. Hierdoor verschijnen rond percelen randjes van een derde niet aanwezig gewas. Toepassing van 'smoothing' filters op het satellietbeeld voorafgaande aan de classificatie kan deze foutieve classificaties mogelijk voorkomen.

Voor de toepassing van bepaalde filtertechnieken zal speciale software ontwikkeld moeten worden. Soms zal echter ook gebruik kunnen worden gemaakt van reeds bestaande filters. Wanneer de betreffende filters eenmaal beschikbaar zijn en een significante verbetering van het classificatieresultaat blijken te bewerkstelligen dan zijn met operationele toepassing weinig extra tijd en kosten gemoeid.

4.1.8 Gebruik van textuur in een automatische classificatiemethode

Sommige grondgebruiksklassen zijn enkel op basis van reflectiewaarden moeilijk te onderscheiden waardoor met een automatische classificatiemethode slechte resultaten worden verkregen. Soms zijn deze klassen door de ruimtelijke variatie van de reflectiewaarden (textuur) en de ligging van de pixels in samenhang met de ligging van de aangrenzende grondgebruiksklassen (context) visueel wel duidelijk herkenbaar op het satellietbeeld. In deze gevallen kan het classificatieresultaat door aanvullende visuele interpretatie aanzienlijk worden verbeterd (4.1.3). Een visuele interpretatie is echter tijdrovend en moeilijk uitvoerbaar wanneer de betreffende klasse verspreid voorkomt over relatief grote gebieden (bijv. boomgaarden). In deze gevallen kan mogelijk tijdens de classificatie gebruik worden gemaakt van de textuur in het satellietbeeld. Naar het gebruik maken van textuureigenschappen in een automatische classificatieprocedure is reeds veel onderzoek gedaan. Aan de

hand van een literatuurstudie zou kunnen worden nagegaan wat de perspectieven van deze methoden zijn voor toepassing in Nederland. Operationele toepassing van een dergelijke methode op korte termijn wordt niet verwacht.

4.1.9 Radartechnieken

Vooraf in de zomer luister het opnametijdstip van een geschikt satellietbeeld zeer kritisch. Door de geringe overkomstfrequentie en het regelmatig optreden van bewolking wordt de operationele toepassing van optische satellietssystemen beperkt. Voor radar satellietssystemen, zoals de recent gelanceerde eerste 'European Remote sensing Satellite' (ERS-1) en de 'Japanese Earth Resources Satellite' (JERS-1), geldt deze beperking niet. Op dit moment verkeert de toepassing van radarbeelden voor het uitvoeren van gewasclassificaties nog in een experimenteel stadium. Vooraf wanneer deze radarbeelden worden gebruikt in combinatie met optische satellietbeelden, zijn de mogelijkheden van deze radarbeelden echter veelbelovend.

4.2 Gecombineerde toepassing van satellietbeelden met andere digitale geografische bestanden

Er zijn diverse andere digitale geografische bestanden in Nederland beschikbaar die informatie geven over bepaalde vormen van grondgebruik. Door deze bestanden te combineren met de originele satellietbeelden of met het daaruit afgeleide grondgebruiksbestand kan een groot deel van de problemen die samenhangen met de spectrale verwarring tussen verschillende grondgebruiksklassen en met het verschil tussen bodembedekking en bodemgebruik (3.5) worden opgelost. Bovendien kunnen door combinatie van verschillende bestanden mogelijk relevante nieuwe grondgebruiksklassen worden gedefiniëerd (bijv. stedelijk groen).

Door de bestaande mogelijkheden om raster-, polygoon- en lijnbestanden geïntegreerd toe te passen levert de combinatie van verschillende digitale geografische bestanden technisch geen problemen op. In deze paragraaf laten we enkele digitale geografische bestanden die reeds beschikbaar zijn of in de nabije toekomst beschikbaar komen kort de revue passeren.

4.2.1 BARS-bestand

Het Basis Bestand Ruimtelijke Structuren (BARS-bestand) is vervaardigd door de Rijksplanologische Dienst en bevat gedetailleerde informatie over het grondgebruik binnen met name stedelijk gebied, natuurgebied en gebieden met een recreatieve functie. Het BARS-bestand is gedigitaliseerd vanaf kaarten met schaal 1 : 25 000 en is voor heel Nederland beschikbaar in de vorm van een polygonen bestand. Omdat het LGN-bestand in de eerste plaats een landbouwkundig bestand is vullen

beide bestanden elkaar uitstekend aan. Het BARS-bestand kan worden gebruikt om klassen in het LGN-bestand selectief te hercoderen. Daarnaast biedt het BARS-bestand mogelijkheden voor een gedetailleerde stratificatie van de satellietbeelden, voorafgaande aan de classificatie. Door combinatie van beide bestanden wordt een aanzienlijke verbetering van de kwaliteit van het LGN-bestand verwacht, met name op het niveau van de hoofdklassen.

4.2.2 Topografische kaart en kadastrale bestanden

In Nederland zijn topografische kaarten beschikbaar op verschillende schalen. Deze kaarten zijn of komen in de nabije toekomst in digitale vorm beschikbaar (Vrijkotte, 1990). De thematische informatie op deze kaarten biedt mogelijkheden om klassen in het LGN-bestand selectief te hercoderen (Van der Laan, 1988) en om, voorafgaande aan de classificatie, een (gedetailleerde) stratificatie van de satellietbeelden uit te voeren. Door combinatie van beide bestanden wordt een aanzienlijke verbetering van de kwaliteit van het LGN-bestand verwacht, met name op het niveau van de hoofdklassen.

Voor toepassingen waarbij grondgebruiksgegevens met een zeer hoge nauwkeurigheid vereist zijn, biedt gedetailleerde topografische informatie veel mogelijkheden. Voor de classificatie van landbouwgewassen zijn met name (gedigitaliseerde) perceelsgrenzen van groot belang. Er kan dan een zogenaamde per perceel classificatie worden uitgevoerd. Hierbij wordt er van uitgegaan dat binnen een perceel één gewas aanwezig is en dat de meerderheid van de pixels correct wordt geclassificeerd. Wanneer nu de perceelsgrenzen in polygoonvorm beschikbaar zijn, dan kan worden vastgesteld welke grondgebruiksklasse het meest is toegewezen aan de pixels binnen een perceel. Vervolgens wordt deze klasse toegewezen aan alle binnen het betreffende perceel voorkomende pixels. Bij studies in proefgebieden in Noord-Brabant en Flevoland zijn op deze wijze verbeteringen van de classificatienauwkeurigheid verkregen van respectievelijk 12 en 20% (Janssen et al., 1990). Voor een groot aantal landinrichtingsprojecten zijn op dit moment reeds gedetailleerde, digitale topografische bestanden, gebaseerd op de 1 : 10 000 topografische kaart, beschikbaar (het zogenaamde door RAET/LUM opgebouwde DIGTOP-bestand). Bovendien wordt in de periode 1990-1997 door de Topografische Dienst de topografische kaartserie 1 : 10 000 gedigitaliseerd. Deze bestanden zijn echter niet zonder meer geschikt voor het uitvoeren van per perceel classificaties, omdat niet alle percelen in polygoonvorm zijn opgeslagen. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of deze bestanden gemakkelijk en snel kunnen worden aangepast. Ook de mogelijkheden om niet aanwezige en gewijzigde gewasgrenzen op te sporen en aan het bestand toe te voegen moeten worden onderzocht.

Een ander interessant digitaal bestand dat momenteel wordt opgebouwd door het Kadaster is het Landmeetkundig Kartografisch Informatiesysteem. Dit bestand bevat geometrische gegevens over kadastrale percelen. Deze gegevens zijn opgeslagen in polygoonvorm en zijn daarom direct geschikt voor het uitvoeren van

een per perceel classificatie. Kadastrale percelen hoeven echter niet samen te vallen met gewasgrenzen. Onderzoek in een proefgebied in de Gelderse Vallei heeft aangetoond dat dit kadastrale bestand in principe goede mogelijkheden biedt om het classificatieresultaat te verbeteren (Janssen and Keeman, i.v.).

Vanwege de nog beperkte beschikbaarheid van geschikte digitale bestanden van perceelsgrenzen en de hoge kosten om deze bestanden te vervaardigen of aan te passen kan deze procedure op dit moment alleen worden toegepast voor relatief kleine gebieden. Alleen dan zal de verbetering van de classificatienauwkeurigheid opwegen tegen de toegenomen verwerkingskosten.

Hoewel lijnvormige elementen als wegen, waterlopen en spoorwegen visueel vaak goed op satellietbeelden zijn te onderscheiden, levert automatische classificatie vaak veel problemen op omdat deze lijnvormige elementen grotendeels uit mixed pixels bestaan. Er zijn echter reeds verschillende digitale bestanden beschikbaar met wegen, waterlopen en spoorwegen. Het opnemen van belangrijke (spoor)wegen en waterlopen in het LGN-bestand betekent niet alleen een (geringe) verbetering van het classificatieresultaat maar maakt het bestand overzichtelijker en vergroot de oriëntatiemogelijkheid aanzienlijk.

4.2.3 CORINE-grondgebruiksbestand

Naast het LGN-bestand is bij het DLO-Staring Centrum een tweede grondgebruiksbestand opgebouwd in het kader van het EG projekt 'CORINE' (COoRdination of Information on the Environment'; Van Middelaar and Thunnissen). De klassering van het CORINE-grondgebruiksbestand is gebaseerd op ecologische en landschappelijke verschillen en het bestand is vervaardigd door visuele interpretatie van satellietbeelden met ondersteuning van een aantal aanvullende geografische bestanden, waaronder de CBS-bodemstatistiek en de topografische kaart. Het CORINE-grondgebruiksbestand bestaat uit polygonen en heeft een schaal van 1 : 100 000. Het kleinste oppervlak dat nog apart is onderscheiden is 25 hectare en bij lijnvormige elementen is de minimale breedte 100 m. Het CORINE-bestand kan worden gebruikt om klassen in het LGN-bestand selectief te hercoderen en om, voorafgaande aan de classificatie, een stratificatie van de satellietbeelden uit te voeren. Vanwege de kleine schaal van het CORINE-bestand zal de verbetering van de kwaliteit van het LGN-bestand, die wordt verwacht door combinatie van beide bestanden, beperkt blijven. De extra kosten die gemoeid zijn met het gebruik van het CORINE-bestand zijn echter ook beperkt.

5 TOEPASSING VAN DE GRONDGEBRUIKSDATABANK

5.1 Algemeen

In deze paragraaf zal een algemeen overzicht worden gegeven van enkele belangrijke toepassingen van de LGN-databank. In paragraaf 5.2 wordt op een specifieke toepassing, namelijk het gebruik van grondgebruiksgegevens bij de voorbereiding en evaluatie van het bodem- en grondwaterbeschermingsbeleid, nader ingegaan.

Uit een inventarisatie onder gebruikers van de LGN-databank (hoofdstuk 7 en aanhangsel 5) blijkt dat er voor verschillende toepassingen, met name op het gebied van milieu, waterhuishouding en ruimtelijke ordening, een toenemende vraag is naar actuele grondgebruiksgegevens. Bij alle toepassingen speelt de mogelijkheid om de grondgebruiksgegevens te koppelen met andere geografische informatie in een geografisch informatiesysteem een grote rol. Een aantal voorbeelden zijn:

milieu

De grootschalige toevoer van verontreinigende stoffen aan het milieu via atmosferische depositie (zure regen), mest, slib, herbiciden, pesticiden etc. is de laatste jaren een grote bron van zorg. Voor onderzoek en beleid gericht op vermindering van deze verontreiniging is onder andere informatie over het grondgebruik nodig. Er bestaat namelijk een verband tussen het grondgebruik en de belasting met verontreinigende stoffen:

- Naaldbomen hebben een grotere filterende werking voor verzurende atmosferische depositie dan loofbomen;
- Overschotten aan dierlijke mest worden met name toegediend aan percelen met snijmaïs, omdat de opbrengst van snijmaïs niet nadelig wordt beïnvloed door een te veel aan mest;
- De toediending van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen is gewasafhankelijk;
- Het grondgebruik beïnvloedt de grootte van het neerslagoverschot en daardoor de concentratie aan verontreinigende stoffen in het bovenste grondwater.

waterhuishouding

In veel waterhuishoudkundige studies spelen de verdamping en de grondwateraanvulling een belangrijke rol. Op deze beide termen van de waterbalans heeft het grondgebruik grote invloed.

ruimtelijke ordening

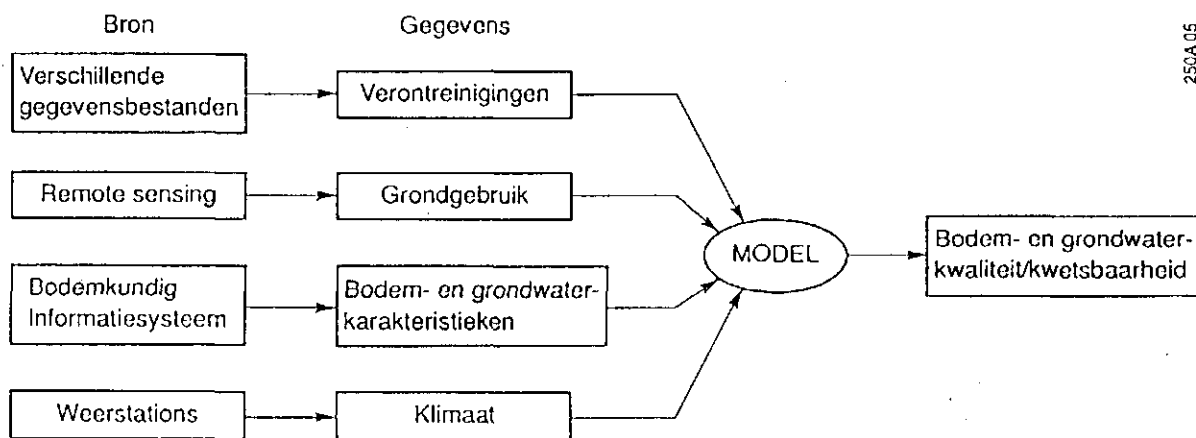
Bij het onderzoek naar tracélocaties van belangrijke infrastructurele werken, zoals wegen en spoorwegen, is informatie over het grondgebruik van groot belang.

Tenslotte dient nog het gebruik in grondgebruiksstatistieken te worden genoemd. Uit satellietbeelden afgeleide grondgebruiksgegevens kunnen mogelijk worden

gebruikt voor actualisering of nadere onderverdeling van grondgebruiksstatistieken.

5.2 Toepassing van de LGN-databank in bodem- en grondwater-beschermingsstudies

De grootschalige toevoer van diffuse verontreinigen aan het milieu is met name de laatste jaren een grote bron van zorg. Van overheidswege wordt dan ook in toenemende mate getracht om via wetgeving en ruimtelijk beleid de nadelige effecten te minimaliseren. Ter ondersteuning van het beleid en om de effecten van beleidsmaatregelen te kunnen evalueren worden regionale stoftransportmodellen ontwikkeld waarmee veranderingen in bodem- en grondwaterkwaliteit kunnen worden voorspeld bij een gegeven belasting aan verontreinigende stoffen (Schouwman et al., 1990). Toepassing van deze modellen vereist naast informatie over de geografische spreiding van het grondgebruik (5.1) ook invoergegevens over het weer en over de geografische spreiding van bodemkundige en hydrologische eigenschappen en de belasting met verontreinigende stoffen (figuur 5).



Figuur 5 Schematische opzet van de toepassing van een regionaal model om de bodem- en grondwaterkwaliteit te voorspellen (naar Schouwman et al., 1990)

Bodemkundige en hydrologische eigenschappen zijn van belang in verband met allerlei omzettings-, vastleggings- en mobilisatieprocessen in de bodem. In Nederland hebben we de beschikking over een gedigitaliseerde bodem- en grondwatertrappenkaart op schaal 1 : 50 000. Grondwatertrappen geven informatie over de fluctuatie en diepte van de grondwaterstand. Bovendien is een bodemkundig informatiesysteem (BIS) ontwikkeld waarin onder andere informatie is opgeslagen

over fysische en chemische eigenschappen van individuele bodemprofielen. De belasting met verontreinigende stoffen varieert sterk over Nederland en kan worden geschat aan de hand van onder andere het grondgebruik en de produktie en samenstelling van dierlijke mest. Meteorologische gegevens kunnen in voldoende mate worden verkregen via de regelmatig over het land verspreide meteorologische stations.

Automatische integratie van regionale stoftransportmodellen met uit remote sensing opnamen afgeleide grondgebruiksgegevens en met gegevensbestanden met informatie over bodem, grondwater en belasting aan verontreinigende stoffen maakt het mogelijk op snelle wijze de kwaliteit van bodem en grondwater te voorspellen als functie van verschillende belastingsscenario's. De schematische opzet van een dergelijk modelconcept is weergegeven in figuur 5.

6 KOSTEN/BATEN-ANALYSE

Door DHV Consultants BV is een kosten-baten analyse van de LGN-databank uitgevoerd (DHV Consultants BV, 1990). De relevante hoofdstukken en paragrafen uit het betreffende rapport zijn integraal opgenomen in aanhangsel 4. Enkele hoofdstukken en paragrafen uit het rapport die informatie bevatten die reeds in het onderhavige eindrapport is gegeven en een bijlage met een technische beschrijving van de integratie van de LGN-databank in een geografisch informatiesysteem zijn niet in aanhangsel 4 opgenomen.

De gekoppelde begrippen kosten en baten hebben betrekking op de vraag of er behoefte is aan de in het LGN-bestand vastgelegde informatie. Een dergelijke vraag is eenduidig te beantwoorden wanneer er één concrete afnemer van het produkt is. Deze afnemer stelt zich daartoe de volgende vragen:

- Voldoet het produkt aan de kwaliteitseisen?
- Zijn de kosten van het produkt met de kwaliteit in overeenstemming?
- Is het produkt operationeel en kan de afnemer er over beschikken wanneer dat gewenst is?
- Kan de afnemer op een zinvolle wijze met de geleverde informatie omgaan?

Voor (delen van) het LGN-bestand en daarvan afgeleide bestanden bestaan echter veel verschillende (potentiële) afnemers, die ieder voor zich de bovengenoemde vragen op een andere manier beantwoorden. Dit maakt een eenduidige beantwoording van bovenomschreven vragen onmogelijk. In de kosten-baten analyse is getracht namens de verschillende categorieën (potentiële) afnemers afzonderlijk een antwoord op de vragen te geven. De volgende categorieën afnemers zijn onderscheiden:

- Nationale onderzoekslaboratoria en beleidscentra op het gebied van milieu, landbouw, ruimtelijke ordening en defensie
- Het Centraal Bureau voor de Statistiek
- Provinciale overheden
- Gemeentelijke overheden
- Waterschappen
- Nutsbedrijven
- Bedrijfsschappen
- Zware industrie en agribusiness ondernemingen
- Atlasproducenten
- Beheerders van commerciële databanken
- Onderwijs

De analyse van de kosten en baten voor de verschillende categorieën afnemers wordt sterk bemoeilijkt omdat het LGN-bestand meestal niet in de plaats komt van bestaande gegevensbestanden en omdat het LGN-bestand nieuwe toepassingen mogelijk maakt. In deze gevallen bestaat er geen referentiekader ten aanzien van

kosten en baten. In deze paragraaf wordt verder alleen ingegaan op de kosten die zijn gemoeid met de vervaardiging van de LGN-databank.

De vervaardiging van de huidige LGN-databank, inclusief de validatie en methodiekontwikkeling, heeft ongeveer f 1.000.000,- gekost. Dit komt neer op ongeveer f 0,3 per hectare.

In het rapport van de kosten-baten analyse zijn door DHV de kosten geschat van de vervaardiging van een actuele versie van de LGN-databank, waarbij alleen gebruik wordt gemaakt van satellietbeelden, en van vervaardiging van een verbeterd bestand, dat verkregen kan worden door combinatie van de LGN-databank met de topografische kaart. Uitgaande van de kosten die zouden gelden bij uitvoering in 1990 worden de kosten van vervaardiging van de LGN-databank voor heel Nederland met behulp van satellietbeelden uit de zomer geschat op f 700.000,-. Wanneer naast satellietbeelden uit de zomer ook gebruik wordt gemaakt van satellietbeelden uit de voorafgaande winter of het voorafgaande voorjaar dan worden de kosten van vervaardiging van de LGN-databank geschat op f 850.000,-. De kosten van vervaardiging van een verbeterd LGN-bestand, dat verkregen kan worden door combinatie van de LGN-databank met de topografische kaart, wordt geschat op f 1.027.500,-. De kosten van de uitvoering van een validatie van het verkregen grondgebruiksbestand zijn niet in de schatting opgenomen.

Aan de hand van de uitgevoerde kosten-baten analyse wordt geconcludeerd dat het op dit moment nog niet mogelijk is de LGN-databank op strikt commerciële basis te realiseren. Hierbij wordt het grootste probleem niet zo zeer gevormd door de financiële draagkracht van de potentiële afnemers, maar veeleer door de onbekendheid bij de gebruikers van de toepassingsmogelijkheden van het LGN-bestand. Het overtuigen van de betrokken organisaties blijkt in de praktijk echter tot enorme acquisitiekosten te leiden, die niet op redelijke termijn kunnen worden terugverdiend.

7 EVALUATIE VAN DE LGN-DATABANK

De eerste versie van de LGN-databank bevat waardevolle gegevens voor een groot aantal toepassingen op landelijke en regionale schaal. In een aantal gebieden en voor een aantal toepassingen staat de beperkte nauwkeurigheid van de databank toepassingen op regionale schaal echter nog in de weg (3.6.2). Er zijn verschillende methodieken voorhanden om de nauwkeurigheid (van een geactualiseerde versie) van de databank aanzienlijk te verhogen (hoofdstuk 4). Gezien de tegenvallende resultaten van de acquisitieactiviteiten en omdat er nog geen sprake is van een commercieel produkt (hoofdstuk 6 en aanhangsel 4) is het echter gewenst om voordat met een vervolgproject wordt gestart meer inzicht te hebben in de ervaringen van de gebruikers met de eerste versie van de databank en in de belangstelling voor een actualisering van de databank. Hiertoe is op verzoek van de Beleids Commissie Remote Sensing door DHV Consultants BV en het DLO-Staring Centrum een evaluatie van het LGN-project uitgevoerd. Met alle gebruikers van de LGN-databank is een evaluatiegesprek gevoerd. Bij dit gesprek was zowel een vertegenwoordiger van het DLO-Staring Centrum als van DHV aanwezig. Voorafgaande aan het gesprek was een notitie toegezonden over de doelstelling van de evaluatie en met een samenvatting van de voorlopige resultaten van de validatie. Tevens was een enquêteformulier bijgesloten. Tijdens de evaluatiegesprekken werd het enquêteformulier ingevuld. De vraagstelling in de enquête heeft zich geconcentreerd rond de volgende punten:

- De besluitvorming rond de aanschaf van de data, de aflevering en de computertechnische verwerking ervan;
- De bruikbaarheid van de data voor de diverse toepassingen;
- De uitwisseling van gebruikerservaring;
- De belangstelling voor een actualisering van het LGN-bestand.

De resultaten van de evaluatiegesprekken zijn vastgelegd in een rapport dat integraal is opgenomen in aanhangsel 5. Het enquêteformulier en een lijst met de namen van de geënquêteerde instanties zijn als bijlagen bij het evaluatierapport gevoegd.

Het Programmabureau van de BCRS heeft na lezing van het evaluatierapport en nadere mondelinge toelichting van DHV en het DLO-Staring Centrum verzocht het rapport op de volgende onderdelen aan te vullen:

- "Uit de ontvangen enquêteformulieren en andere informatie waarover u beschikt dient u de toepassingen te beschrijven waarover ieder van de geënquêteerden de LGN-gegevens heeft gebruikt";
- "De bevindingen ten aanzien van de gebleken gebruikersmogelijkheden van de afzonderlijke geënquêteerden behoren in de vorm van algemene conclusies in het rapport te worden opgenomen. Deze conclusies hebben betrekking op:
 - gewenste frequentie voor actualisering;
 - de vereiste nauwkeurigheid, zo mogelijk uitgedrukt in kwantitatieve zin;
 - wensen inzake produktverbetering".

De door het Programmabureau gewenste aanvullingen zijn opgesteld door DHV en als extra bijlage bij het evaluatierapport gevoegd (aanhangsel 5).

Uit de uitgevoerde evaluatie van de LGN-databank kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Over het algemeen wordt positief geoordeeld over de LGN-databank en de gebruiksmogelijkheden;
- Een hogere nauwkeurigheid c.q. betrouwbaarheid is veelal gewenst. De vereiste nauwkeurigheid c.q. betrouwbaarheid voor de verschillende toepassingen kon echter niet worden gekwantificeerd;
- De klasse glastuinbouw is van dermate groot belang dat deze niet mag ontbreken;
- Het is gewenst de LGN-databank te actualiseren. De gewenste frequentie voor actualisering varieert maar de meest genoemde frequentie bedraagt één maal per 5 jaar.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Er bestaat een toenemende vraag naar actuele grondgebruiksgegevens voor toepassingen op het gebied van milieubeheer, waterbeheer en ruimtelijke ordening. Bij de meeste toepassingen speelt de mogelijkheid om de grondgebruiksgegevens te koppelen met andere geografische informatie in een Geografisch Informatie Systeem een grote rol. Uit het LGN-project is gebleken dat satellietbeelden een belangrijke rol kunnen spelen bij het verkrijgen van actuele grondgebruiksgegevens in digitale vorm.

De bruikbaarheid van het LGN-bestand is afhankelijk van de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van de grondgebruiksgegevens, de aard van de toepassing en van de schaal waarop de gegevens worden gebruikt. De gegevens uit de LGN-databank zijn goed toe te passen op nationale schaal. De toepasbaarheid op regionale schaal varieert sterk over het land, afhankelijk van het grondgebruik, de gewasontwikkeling, de grootte en vorm van de grondgebruiksklassen en de opnamedatum en kwaliteit van de satellietbeelden. Als de exacte ligging van het grondgebruik van minder belang is, is het mogelijk de oppervlakteverdeling van de verschillende grondgebruiksklassen te bepalen voor deelgebieden: bijvoorbeeld waterwingebieden of gebieden met een bepaalde bodemeenheid. De nauwkeurigheid en derhalve de bruikbaarheid van deze oppervlaktestatistieken zijn over het algemeen hoog.

Gebruikers hebben aangegeven dat een actualisering van het bestand nodig is en dat de nauwkeurigheid moet worden verbeterd. Er zijn nog veel methoden en technieken beschikbaar om de nauwkeurigheid te verbeteren. Met onderzoek en demonstratieprojecten moet worden uitgezocht welke methoden en technieken het hoogste rendement hebben met het oog op operationele toepassing. De kwaliteitsverbetering van de LGN-databank zal moeten opwegen tegen de kosten van operationele toepassing van de betreffende methoden en technieken. Hierbij speelt de vraag welke nauwkeurigheid gewenst is voor verschillende toepassingen een grote rol. Hier is weinig over bekend, ook bij de verschillende gebruikers van het LGN-bestand. Omdat de gewenste nauwkeurigheid in belangrijke mate bepalend is voor de produktiekosten is het gewenst hier meer inzicht in te krijgen.

De analyse van de kosten en baten van de LGN-databank wordt sterk bemoeilijkt doordat er verschillende categorieën (potentiële) gebruikers van de LGN-databank zijn, die ieder verschillende eisen aan het bestand stellen, en doordat de LGN-databank meestal niet in de plaats komt van bestaande gegevensbestanden en nieuwe toepassingen mogelijk maakt. Uit de analyse blijkt dat het op dit moment nog niet mogelijk is de LGN-databank op strikt commerciële basis te realiseren. Hierbij wordt het grootste probleem niet zo zeer gevormd door de financiële draagkracht van de potentiële afnemers, maar veeleer door de onbekendheid bij de gebruikers van de toepassingsmogelijkheden van het LGN-bestand. Het overtuigen van de betrokken organisaties blijkt in de praktijk echter tot enorme acquisitiekosten te leiden. Nietemin is het gewenst de acquisitieactiviteiten te intensiveren. Het is hierbij van groot belang over goed voorlichtingsmateriaal te beschikken. De

resultaten van nader onderzoek en demonstratieprojecten moeten daarom niet alleen in rapporten en wetenschappelijke artikelen worden gepubliceerd, maar ook in op de (potentiële) gebruikers gerichte produktfolders.

LITERATUUR

- Anuta, P.E., Bartolucci, L.A., Dean, M.E., Lozano, D.F., Malaret, E., McGillen, C.D., Valdez, J.A. and Valenzuela, C.R., 1984. Landsat-4 MSS and Thematic Mapper data quality and information content analysis. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-22, 3, 222-236.
- Bregt, A.K., Ankum, L.A., Denneboom, J. and van Randen, Y., 1989. Gridded soil map of the Netherlands: gridding error. In: R.J.A. Jones and B. Biagi (editors). *Computerization of land use data. Proceedings of a symposium in the Community Programme for Coordination of Agricultural Research, held in Pisa, Italy, on 20-22 May 1987 (Luxembourg: Commission of the European Communities)*, 110-117.
- Büttner, G., Hajós, T. and Korándi, M., 1989. Improvements to the effectiveness of supervised training procedures. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 6, 1005-1013.
- CBS, 1986. *Landbouwtelling*.
- Chen, S.C., Batista, G.T. and Tardin, A.T., 1986. Landsat TM band combinations for crop discrimination. *Symposium on Remote Sensing for resources development and environmental management, held in Enschede, The Netherlands on 25-29 August 1986, Vol. I, (Rotterdam: Balkema)*, 211-214.
- DeGloria, S.D., 1984. Spectral variability of Landsat-4 Thematic Mapper and Multispectral Scanner; Data for selected crop and forest cover types. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-22, 3, 303-311.
- DHV Consultants BV, 1990. *Kosten Baten Analyse Landelijke Grondgebruiks classificatie van Nederland*. Amersfoort, DHV Consultants BV.
- Droesen, W.J. en Jaarsma, M.N., 1990. *Toepassing van remote sensing in de landinrichtingspraktijk; Eindrapport Ulvenhout Galder*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 48.
- Epema, G.F., 1987. New information of second-generation LANDSAT satellites for agricultural applications in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Sciences*, 35, 497-504.
- Genderen, J.L. van, Lock, B.F. and Vass, P.A., 1978. Remote sensing: statistical testing of thematic map accuracy. *Proceedings of the Twelfth International Symposium on Remote Sensing of the Environment, Environmental Research Institute of Michigan*, pp. 3-14.
- Gurney, C.M. and Townshend, J.R.G. 1983. The use of contextual information in the classification of remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49, 1, 55-64.
- Irons, J.R., Markham, B.L., Nelson, R.F., Toll, D.L., Williams, D.L., Latty, R.S. and Stauffer, M.L., 1985. The effects of spatial resolution on the classification of Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*, 6, 8, 1385-1403.
- Janssen, L.F., Jaarsma, M.N. and van der Linden, E.T.M., 1990. Integrating topographic data with remote sensing for land cover classification. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56, 11, 1503-1506.
- Kasteren, H.W.J. van en Uenk, D., 1975. *Spectrale reflectie van enige landbouw gewassen in relatie tot hun aard en structurele opbouw*. Delft, NIWARS, NIWARS publikatie 32. NIWARS, Delft.

- Kenk, E., Sondheim, M. and Yee, B., 1988. Methods for improving accuracy of thematic mapper ground cover classifications. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 14, 1, 17-31.
- Kirchhof, W., Mauser W. and Stiebig, H.J., 1985. Untersuchung des informations gehaltes von Landsat-Thematic-Mapper- und Spot-Multiband-Bilddaten des Gebietes Freiburg. Köln, Germany, Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Forschungsbericht DFVLR-FB 85-49.
- Kootwijk, E.J. van, 1989. Inventarisatie van de vergrassing van de Nederlandse heide. Arnhem, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, RIN-rapport 89/1.
- Kootwijk, E.J. van en Voet, H. van der, 1989. De kartering van heidevergrassing in Nederland met behulp van Landsat Thematic Mapper satellietbeelden. Arnhem, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, RIN-rapport 89/2.
- Laan, F.B. van der, 1988. Improvements of classification results from a satellite image using context information from a topographic map. *Proceedings 16th Intern. Congress ISPRS, Kyoto, Japan, 17, Part B8 VII, 98-108.*
- Marsman, B.A. en de Gruijter, J.J., 1986. Quality of soil maps; a comparison of soil survey methods in a sandy area. Wageningen, Soil Survey Institute, Soil Survey Papers, 15.
- Price, J.C., 1984. Comparison of the information content of data from Landsat-4 Thematic Mapper (TM) and the Multi-spectral Scanner (MSS). *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-22, 3, 272-281.
- Schouwman, O.F., Breeuwsma, A. and Thunnissen, H.A.M., 1990. Use of remote sensing and geographic information systems in soil and groundwater vulnerability assessment. *Proceedings of the 9th Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL), held in Espoo, Finland, 27 June-1 July 1989 (Luxembourg: Commission of the European Communities), 54-60.*
- Sheffield, C., 1985. Selecting band combinations from multispectral data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 50, 5, 607-617.
- Skidmore, A.K. and Turner, B.J., 1988. Forest mapping accuracies are improved using a supervised nonparametric classifier with SPOT data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 10, 1415-1421.
- Steur, G.G.L., de Vries, F. en van Wallenburg, C., 1985. Bodemkaart van Nederland 1 : 250 000. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.
- Townshend, J.R.G., 1984. Agricultural land cover discrimination using thematic mapper spectral bands. *International Journal of Remote Sensing*, 5, 4, 681-698.
- Vrikkotte, G.A.M., 1990. Automatisering bij de topografische Dienst. *Kartografisch tijdschrift*, XVI, 3, 41-46.

NIET-GEPUBLICEEERDE BRONNEN

- Janssen, L.F. and Keeman, D.M., i.p. Integration of remotely sensed data and cadastral ownership boundaries for land inventory purposes. Wageningen, Wageningen Agricultural University.
- Middelaar, H.J. van and Thunnissen, H.A.M., i.p. The CORINE land cover data base of the Netherlands. Wageningen, The DLO-Winand Staring Centre, Report.

Thunnissen, H.A.M., Jaarsma, M.N. and Schouwman, O.F., 1992. Land cover inventory in the Netherlands using remote sensing; application in a soil and groundwater vulnerability assesment system. *International Journal of Remote Sensing* (accepted).

AANHANGSELS

	blz.
1 Samenstelling van de LGN-begeleidingsgroep	121
2 Validatie van de referentiegebieden	123
3 Vergelijking van de LGN-databank met de landbouwstatistieken van het CBS voor de 14 CBS-hoofdlandbouwgebieden	179
4 Kosten-baten analyse	185
5 Evaluatie van de LGN-databank	203

AANHANGSEL 1 SAMENSTELLING VAN DE LGN-BEGELEIDINGSGROEP

E. Bregman
Provincie Drenthe
Dienst Water en Milieuhygiëne

B. Overmars
Provincie Gelderland
Dienst Ruimte, Wonen en Groen

H. Reimerinck
Provincie Overijssel
Hoofdgroep Ruimtelijke
Ordering en Inrichting

M. Visscher
Provincie Noord-Brabant
Bureau Landmeetkundige Zaken

J. Duijsings
Provincie Limburg
Hoofdgroep Ruimtelijke Ordering
en Volkshuisvesting

L. Tiggelaar
Provincie Flevoland
Afdeling Ruimtelijke Ordering
en Volkshuisvesting

L. Bunschoten
Centraal Bureau voor de Statistiek
Afdeling Landbouwstatistiek

B. Kusse
Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieuhygiëne
Laboratorium Bodem en Grondwater

W. de Jong
Rijks Planologische Dienst
Afdeling Informatievoorziening

G. Arnold
Rijkswaterstaat
DBW/RIZA

G. v.d. Kolff
Programmabureau BCRS

R. Beck
DHV Consultants BV

H. Thunnissen
DLO-Staring Centrum

AANHANGSEL 2 VALIDATIE VAN DE REFERENTIEGEBIEDEN

INHOUD	blz.
Inleiding	124
Betuwe	125
Biddinghuizen	128
Borssele	133
Ens	136
Hupsel	138
Mander	140
Nieuw Buinen	143
noordwest Brabant	145
Oedenrode	146
Oostereng	149
Ooijpolder	151
Reuver	154
Rozendaalse bos	156
Schoonoord	158
Stevensbeek	162
Ulvenhout	166
Veenhuizen	168
Wierden	172

Inleiding

In dit aanhangsel worden per referentiegebied de resultaten van de kwantitatieve validatie gegeven. De ligging van de referentiegebieden is gegeven in figuur 1. Voor de gebruikte validatiemethoden wordt verwezen naar 2.6.2 en 2.6.3. De resultaten van de validatie worden onder andere gepresenteerd in de vorm van 'confusion matrices'. In deze matrices wordt voor de verschillende referentiegebieden per referentieklassie aangegeven welk percentage van de pixels correct en welk percentage foutief is geclassificeerd. Bovendien wordt zichtbaar hoe de foutief geclassificeerde pixels zijn verdeeld over de overige grondgebruiksklassen. Het percentage van een bepaalde referentieklassie dat correct is geclassificeerd geeft de classificatienauwkeurigheid van de betreffende klasse weer. Een classificatienauwkeurigheid van 90% voor gras betekent dus dat van de oppervlakte gras in het referentiegebied 90% correct als grasland is geclassificeerd. De classificatienauwkeurigheden zijn in de confusion matrices met 'vette' cijfers weergegeven. In de onderste regel van de confusion matrices is per klasse in het grondgebruiksbestand de classificatiebetrouwbaarheid weergegeven. De classificatiebetrouwbaarheid geeft aan welk percentage van de pixels dat is geclassificeerd als een bepaalde grondgebruiksklasse ook werkelijk tot die grondgebruiksklasse behoort. Een classificatiebetrouwbaarheid van 60% voor gras betekent dus dat slechts 60% van de als gras geclassificeerde pixels in het referentiegebied ook werkelijk grasland is. De oppervlakte grasland wordt derhalve aanzienlijk overschat. De referentieklassie '(gemengd) bos' kan niet worden onderverdeeld in naald- en loofbos (2.3.2). Daarom zijn bij aanwezigheid van deze klasse bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd.

In de confusion matrices van de verschillende referentiegebieden zijn voor alle referentieklassen en voor alle klassen in het grondgebruiksbestand ook de totale oppervlakten in hectare weergegeven. Bij de interpretatie van de percentages in de confusion matrices dienen steeds deze totale oppervlakten in ogenschouw te worden genomen. Wanneer bijvoorbeeld in een referentiegebied van 500 ha de classificatienauwkeurigheid van grasland 20% bedraagt, terwijl in totaal slechts 10 ha grasland aanwezig is, dan is de relevantie van de classificatienauwkeurigheid twijfelachtig. In paragraaf 3.4, waar een overzicht wordt gegeven van de classificatieresultaten van de referentiegebieden, worden daarom ook alleen die klassen beschouwd die minimaal 10% van de oppervlakte van het referentiegebied of meer dan 100 ha beslaan.

De confusion matrices geven de resultaten van de classificatie weer na toepassing van een 3 x 3 majority filter (2.5.3). Bij de vervaardiging van de confusion matrices zijn de grenspixels niet in beschouwing genomen (2.6.2). De resultaten van de classificatie van de grenspixels worden apart gepresenteerd.

Voor ieder referentiegebied wordt zowel voor de grenspixels en de overige pixels afzonderlijk als voor alle aanwezige pixels de zogenaamde 'geografische overall classificatienauwkeurigheid' gegeven. De geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid wordt berekend door het totale aantal correct geclassificeerde (grens- of overige) pixels te delen door het totale aantal (grens- of overige) pixels in het

referentiegebied. Hierbij is de referentieklaſſe '(gemengd) bos' als goed geclaſſificeerd beſchouwd als de betreffende pixels zijn geclaſſificeerd als loof- of naaldbos. De aanduiding 'geografisch' betekent dat de claſſificatienauwkeurigheid is bepaald aan de hand van een pixelgewijze vergelijking van het geclaſſificeerde beeld met de referentiekaart, d.w.z. dat de (geografische) ligging van de pixels in de beſchouwing is betrokken. Voor een aantal toepassingen is de exacte ligging van de pixels echter niet van belang en is men slechts geïntereſſeerd in de aanwezige oppervlakten van de grondgebruiksklaſſen per deelgebied. Daarom zijn ook voor alle referentiegebieden de oppervlakten van de klaſſen in LGN-databank vergeleken met de oppervlakten van de betreffende klaſſen in het referentiegebied. Het resultaat is aangeduid als de 'niet geografische overall claſſificatienauwkeurigheid' (2.6.3). Indien de klaſſe '(gemengd) bos' aanwezig is, zijn bij de berekening van niet geografische 'overall' claſſificatienauwkeurigheid alle bosoppervlakken ſamengevoegd.

De verſchillende referentiegebieden worden hieronder in alfabetiſche volgorde beſproken.

Referentiegebied Betuwe

Het referentiegebied Betuwe ligt tussen de Waal en de Utrechtſe heuvelrug en ſtrekt zich ongeveer uit van Amerongen tot Ooſterbeek. De referentiepercelen beſlaan in totaal ca 500 ha., verdeeld over diverse deelgebiedjes. In het gebied komen veel boomgaarden voor. De referentieklaſſe boomgaard is ten behoeve van de validatie onderverdeeld in hoogſtam- en laagſtamboomgaarden. Verder zijn grasland en de belangrijkste akkerbouwgewaſſen aanwezig, zij het vaak in (zeer) geringe oppervakten. Tenslotte komt 37 ha boomkwekerijen voor. Hoewel de boomkwekerijen in het LGN-beſtand ſamengevoegd zijn met de referentieklaſſe 'overige landbouwgewaſſen' (2.1), is deze klaſſe in dit referentiegebied afzonderlijk gevalideerd. De claſſificatie is uitgevoerd met het Landsat-TM beeld van 3 augustus 1986. De referentiegegevens zijn verzameld door het Landbouwschap Gelderland. Deze zijn gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van het ſatellietbeeld. Bij de validatie is met name aandacht beſteed aan de boomgaarden. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 7 en 8.

De claſſificatienauwkeurigheid van de **boomgaarden** is ſlecht (54,2 en 40,6% voor reſpectievelijk de laagſtam- en hoogſtamboomgaarden). De boomgaarden worden voor een relatief groot deel verward met gras en bebouwing. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de aanwezigheid van reſpectievelijk gras en kale grond onder de fruitbomen. Verder worden met name de hoogſtamboomgaarden en in mindere mate de laagſtamboomgaarden verward met loofhout. Aangenomen mag worden dat de ſpectrale verwarring van boomgaarden met loofhout toeneemt naarmate de geſlotenheid van het kronendak van de boomgaarden toeneemt. Door deze optredende ſpectrale verwarring waren de boomgaarden moeilijk automatisch te claſſificeren. Ze zijn daarom gedeeltelijk aan de hand van de topografische kaart en het ſatellietbeeld interactief aan het

grondgebruiksbestand toegevoegd.

Het classificatieresultaat van **gras** is zeer matig.

Aardappelen en **bieten** hebben een hoge classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid.

Mais en **granen** worden weliswaar zeer nauwkeurig geclassificeerd, maar de classificatiebetrouwbaarheid is zeer laag. Beide gewassen beslaan echter een zeer geringe oppervlakte.

De referentieklassse '**overige landbouwgewassen**' is zeer divers en vertoont spectrale overlap met een groot aantal grondgebruiksklassen.

De **boomkwekerijen** zijn voor het grootste deel geclassificeerd als 'bebouwing en wegen' en voor een aanzienlijk deel als boomgaard. Vaak is de bodembedekking van de boomkwekerijgewassen gering en wordt, net als bij de fruitbomen, de waarneembare kale grond verward met bebouwing. Boomkwekerijen met een relatief hoge bodembedekking zijn spectraal niet te onderscheiden van boomgaarden met een hoge bodembedekking en loofbos.

Van het totaal aantal pixels bestaat 35% uit grenspixels. Hiervan is 46% correct geclassificeerd (tabel 7). Een aanzienlijk deel van de grenspixels grenzen aan een polygoon met onbekend grondgebruik. Hierdoor is niet vast te stellen is of de pixel fout geclassificeerd is, of dat er alleen sprake is van een geringe verschuiving van de grens. Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 6%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 3%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 54%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 69%.

Tabel 7 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Betuwe, geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	46%	52%	52%	55%	50%	54%
percentage grenspixels: 35%						

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van 3 x 3 majority filter: 69%

Tabel 8 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Betuwe na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie-grond-gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:										
	gras	maïs	aard-appelen	bieten	granen	overige landbouw-gewassen	kale grond	boom-gaard	loof bos	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	60,2	7,6	5,5	-	0,7	-	2,2	11,7	4,0	6,1	37
maïs	8,6	89,7	1,7	-	-	-	-	-	-	-	4
aardappelen	0,6	16,9	81,0	-	0,2	-	-	0,9	-	0,4	30
bieten	5,8	7,4	1,6	81,3	0,2	-	-	2,8	0,2	0,2	31
granen	0,3	-	0,3	-	91,6	0,7	-	-	-	5,7	9
overige landbouwgewassen	-	0,5	8,0	12,2	25,8	25,8	10,8	1,4	-	12,2	13
boomgaard (laagstam)	19,0	0,3	0,1	0,3	6,9	-	-	54,2	7,9	11,3	130
boomgaard (hoogstam)	14,4	0,3	1,0	-	1,0	-	-	40,6	23,2	19,5	19
boomkwe-rijen	-	11,6	0,2	-	0,2	-	-	17,5	4,2	60,3	37
bebouwing en wegen*	2,1	-	-	-	5,7	-	15,5	2,1	-	74,6	12
bouwland	-	97,3	-	-	-	-	-	1,4	-	-	5
totaal (ha)	55	23	28	27	22	4	4	90	18	55	325
betrouw-baarheid (%)	40,7	14,2	84,7	92,7	39,9	94,9	0,0	86,1	0,0	16,2	

* inclusief tuinen, parken e.d.

Referentiegebied Biddinghuizen

Referentiegebied Biddinghuizen ligt in Oostelijk Flevoland en beslaat 4649 ha. Het is een grootschalig akkerbouwgebied. Aardappelen, bieten, granen en 'overige landbouwgewassen' zijn de belangrijkste gewassen. Daarnaast komen relatief kleine oppervlakten gras en maïs voor. De referentiegegevens zijn afkomstig van het Rentambt in Oostelijk Flevoland. De referentiekaart is gecontroleerd en zonodig gecorrigeerd aan de hand van de satellietbeelden. Een deel van het referentiegebied (2061 ha) is geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986. Het overige deel (2588 ha), waarvan het satellietbeeld van 3 augustus 1986 bewolkt was, is geclassificeerd met het satellietbeeld van 16 juni 1986. De classificatieresultaten van beide deelgebieden zijn afzonderlijk gevalideerd en gepresenteerd. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 9 tot en met 12. De classificatie van de Flevopolders is voornamelijk uitgevoerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986. Een flink deel van Zuidelijk Flevoland en een klein deel van Oostelijk Flevoland zijn geclassificeerd met het satellietbeeld van 16 juni 1986.

Classificatieresultaat van het deel van het referentiegebied Biddinghuizen dat is geclassificeerd met het satellietbeeld van 16 juni 1986.

Het classificatieresultaat van **grasland** is gering (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 55,5 en 26,4%). Op de enkele, verspreid liggende percelen grasland staat over het algemeen hoog gras. Deze percelen vertonen spectrale verwarring met (vroeg) aardappelen en 'overige landbouwgewassen' (met name erwten). De totale oppervlakte grasland in het referentiegebied is echter gering.

Granen en erwten zijn de enige akkerbouwgewassen die op 16 juni grotendeels de bodem bedekken. Het classificatieresultaat van de granen is redelijk (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 72,2 en 99,4%). Opvallend is de spectrale verwarring van granen met loofhout. Maar liefst 69 ha granen is als loofhout geclassificeerd. Deze verwarring wordt veroorzaakt doordat een aantal relatief jonge percelen met loofhout in de Flevopolders een relatief hoge reflectie in het nabij infrarood vertonen. Het is niet duidelijk of de boomsoort hierbij een rol speelt. Door de ligging en vorm van de graan- en loofhout percelen zijn beide klassen visueel echter zeer goed van elkaar te onderscheiden. Verder treedt enige verwarring op tussen granen en (vroeg) aardappelen. De erwten zijn over het algemeen goed geclassificeerd.

De **aardappelen en bieten** zijn redelijk tot goed geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 87,3 en 61,2 voor aardappelen en van respectievelijk 74,5 en 92,4% voor bieten). De meeste aardappelen en alle bieten vertonen een onvolledige bodembedekking op 16 juni 1986 maar zijn over het algemeen reeds duidelijk te onderscheiden van kale grond. Wel treedt spectrale verwarring op tussen aardappelen en 'overige landbouwgewassen' met een geringe bodembedekking. Omdat de bieten over het algemeen een iets hogere bodembedekking hebben dan de aardappelen valt de onderlinge verwarring nogal mee. Toch is nog ca. 27%

van de bieten als aardappelen geclassificeerd. Een klein deel van de aardappelpercelen vertoont op 16 juni reeds een relatief hoge bodembedekking en dat verklaart de verwarring met (hoog) grasland en granen.

Maïspcelen komen nauwelijks voor en vertonen op 16 juni nog een zeer geringe bodembedekking. De meeste **'overige landbouwgewassen'** vertonen ook een zeer geringe bodembedekking. Daarom zijn maïs en **'overige landbouwgewassen'** op grote schaal als kale grond en aardappelen geclassificeerd.

De klasse **water** in het referentiegebied wordt gevormd door enkele kanalen. Hoewel deze visueel goed zijn te onderscheiden op het satellietbeeld bestaan zij bijna geheel uit mixed pixels, die voor een groot deel foutief zijn geclassificeerd. Het correct geclassificeerde water betreft een vijver.

De referentieklassse **'bebouwing en wegen'** bestaat geheel uit boerderijen. Deze zijn visueel matig te onderscheiden. Het visuele onderscheid van de boerderijen berust meer op de vorm en de ligging langs wegen dan op spectrale verschillen. Geen enkele van **'boerderij pixels'** is geclassificeerd als **'bebouwing en wegen'**. De boerderijen komen spectraal sterk overeen met kale grond en worden daarom grotendeels geclassificeerd als gewassen met een geringe bodembedekking. De wegen zijn visueel goed te onderscheiden, maar bestaan bijna geheel uit mixed pixels, die foutief zijn geclassificeerd.

Van het totaal aantal pixels bestaat 33,2 % uit grenspixels. Ondanks de relatief grote akkerbouwpercelen is het percentage grenspixels relatief hoog vergeleken met andere referentiegebieden. Dat komt doordat de meeste wegen en waterlopen afzonderlijk gedigitaliseerd zijn, waardoor deze uit een dubbele rij grenspixels bestaan. Bijna alle gedigitaliseerde wegen en waterlopen zijn niet in het referentiegebied opgenomen maar bij de achtergrond getrokken. Van de grenspixels is slechts 41,8% correct geclassificeerd. (tabel 9). Het grote aantal foutief geclassificeerde grenspixels is duidelijk zichtbaar op het geclassificeerde beeld. Rond veel percelen bevindt zich een randje pixels dat als een derde gewas is geclassificeerd. Veel fouten betreffen ook grenspixels die grenzen aan polygonen met onbekend grondgebruik. Over het algemeen betreffen deze polygonen de niet in de referentiekaart opgenomen wegen en waterlopen. Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) **'overall'** classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 6%. De (geografische) **'overall'** classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 4%.

De (geografische) **'overall'** classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 62%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) **'overall'** classificatienauwkeurigheid 71%.

tabel 9 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Biddinghuizen geassocieerd met het satellietbeeld van 16 juni 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	42%	48%	66%	69%	58%	62%

percentage grenspixels: 33%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels die zijn geassocieerd met het TM-beeld van 16 juni 1986 na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 71%

tabel 10 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Biddinghuizen na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 16 juni 1986)

referentie-grond-gebruik	percentage pixels geassocieerd als:									
	gras	aard-appelen	bieten	granen	overige landbouwgewassen	kale grond	loof bos	water	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	55,5	3,0	-	0,5	38,8	1,0	1,3	-	-	25
maïs	23,2	20,7	-	-	-	74,2	2,6	-	-	10
aardappelen	5,8	87,3	2,9	-	0,7	0,8	2,5	-	-	458
bieten	0,1	21,4	74,5	-	1,4	2,3	0,3	-	-	445
granen	1,7	8,0	1,7	72,2	2,0	0,3	13,4	0,7	0,1	514
overige landbouwgewassen	0,8	39,5	1,7	0,6	30,5	25,4	1,6	-	-	266
water	-	-	-	-	-	-	-	100,0	-	3
bebouwing en wegen*	8,8	63,7	7,4	0,9	0,9	1,9	16,3	-	-	13
totaal (ha)	53	653	359	373	111	91	88	3	-1734	
betrouwbaarheid (%)	26,4	61,2	92,4	99,4	73,1	0,0	0,0	34,9	0,0	

* inclusief tuinen, parken e.d.

Classificatieresultaat van het deel van het referentiegebied Biddinghuizen dat is geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986.

Grasland wordt slecht geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 44,9 en 17,9%). Op de enkele, verspreid liggende percelen grasland staat over het algemeen kort gras. Deze percelen vertonen spectrale verwarring met (reeds geoogste) granen en 'overige landbouwgewassen'. De totale oppervlakte grasland in het referentiegebied is echter gering. De wat meer aaneengesloten gelegen graslandcomplexen elders in Oostelijk Flevoland worden over het algemeen goed geclassificeerd.

Maïs komt nauwelijks in de Flevopolders voor en het was moeilijk geschikte trainingsgebieden te vinden. In het referentiegebied zijn de enkele percelen maïs voornamelijk als aardappelen geclassificeerd.

De aardappelen en bieten zijn goed geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 88,0 en 87,5% voor aardappelen en van respectievelijk 86,4 en 96,9% voor bieten).

Het classificatieresultaat van de **granen** is redelijk tot goed (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 83,5 en 66,9%) en van de '**overige landbouwgewassen**' slecht (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 36,2 en 64,1%). De granen en 'overige landbouwgewassen' vertonen vooral onderling spectrale verwarring. Granen zijn slecht te onderscheiden van uien. Bovendien is een deel van de granen en de 'overige landbouwgewassen' reeds geoogst, waardoor onderlinge verwarring optreedt en bovendien verwarring met kort gras.

Net als op het 16 juni beeld zijn de **kanalen en wegen** visueel goed te onderscheiden op het satellietbeeld maar zij bestaan bijna geheel uit mixed pixels, die foutief zijn geclassificeerd.

Ook op het 3 augustus beeld bestaat de referentie klasse '**bebouwd gebied**' geheel uit boerderijen. Deze zijn visueel over het algemeen goed te onderscheiden, maar meer vanwege de vorm en de ligging langs wegen dan vanwege de spectrale signatuur. Geen enkele van de 'boerderij pixels' is geclassificeerd als 'bebouwd oppervlak'. Spectraal komen de boerderijen sterk overeen met kale grond en afgerijpte granen.

Van het totaal aantal pixels bestaat 32,6 % uit grenspixels. De verklaring van het relatief hoge aantal grenspixels is reeds gegeven bij de analyse van het 16 juni beeld. Van de grenspixels is 55,7% correct geclassificeerd (tabel 11). Het grote aantal foutief geclassificeerde grenspixels is evenals op het classificatieresultaat van het 16 juni beeld duidelijk zichtbaar op het geclassificeerde beeld van 3 augustus 1986. Rond veel percelen bevindt zich een randje pixels dat als een derde gewas is geclassificeerd. De overige fouten betreffen met name grenspixels die grenzen aan wegen en waterlopen. Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 7%. De (geografische) 'overall'

classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 4%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 72%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 88%.

tabel 11 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Biddinghuizen geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	56%	63%	74%	77%	68%	72%

percentage grenspixels: 33%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels die zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986 na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 88%

tabel 12 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Biddinghuizen na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:									
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	granen	overige landbouw- gewassen	loof- bos	water	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	44,9	-	0,8	3,2	26,0	20,0	5,3	-	-	24
maïs	6,3	-	80,1	-	0,6	12,5	0,6	-	-	10
aardappelen	4,3	0,1	88,0	1,3	3,0	2,7	0,8	-	-	410
bieten	1,3	0,1	6,3	86,4	1,9	3,8	0,1	0,1	-	371
granen	1,6	-	1,6	1,0	83,5	11,9	0,3	0,1	-	295
overige landbouwgewassen	6,0	0,6	5,4	0,3	36,2	50,3	0,7	-	-	253
bebouwing en wegen*	34,9	-	3,4	2,2	27,6	30,6	1,5	-	-	17
totaal (ha)	60	2	412	331	368	198	8	1	-	1381
betrouw- baarheid (%)	17,9	0,0	87,5	96,9	66,9	64,1	0,0	0,0	-	

* inclusief tuinen, parken e.d.

Referentiegebied Borssele

Het referentiegebied Borssele ligt in het zuidelijke gedeelte van Zuid-Beveland en beslaat 2696 ha. Het is een akkerbouwgebied met verspreid voorkomende graslandpercelen en boomgaarden. De grondgebruikclassificatie is uitgevoerd met een Landsat-TM beeld van 5 juli 1987. De referentiegegevens zijn door medewerkers van het Staring Centrum verzameld in de tweede helft van september 1987. Veel gewassen waren toen reeds geoogst en daarom moest het gewas vaak worden vastgesteld aan de hand van gewasresten op het veld. Door tijdgebrek is de referentiekaart niet meer gecontroleerd aan de hand van het satellietbeeld en/of luchtfoto's en zijn de grenspixels niet afzonderlijk gevalideerd. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in tabel 13.

Gras is zeer slecht geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 23,9 en 47,6%). Er treedt met name spectrale verwarring op met aardappelen, granen, 'overige landbouwgewassen' en boomgaarden. Aan de hand van een globale visuele interpretatie van het satellietbeeld lijkt met name de verwarring tussen gras en granen nogal onwaarschijnlijk. Mogelijk is op een aantal graanpercelen na de oogst gras ingezaaid.

Omdat maïs in het referentiegebied weinig voorkomt en de bodembedekking van maïs op

5 juli 1987 nog gering was, was het moeilijk voor maïs representatieve trainingsgebieden aan te wijzen. Hierdoor is maïs grotendeels geclassificeerd als kale grond en 'bebouwing en wegen'.

Het classificatieresultaat van **aardappelen** is redelijk tot goed (de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid bedragen beide 73,6%). Spectrale verwarring treedt met name op met hoog gras en verder in geringe mate met bieten, granen en 'overige landbouwgewassen'. Visueel zijn aardappelen duidelijk te onderscheiden van granen en bieten. De geringe onderlinge verwarring berust waarschijnlijk grotendeels op fouten in de referentiekaart.

Bieten zijn slecht tot matig geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 54,3 en 71,4%). Bieten vertonen met name spectrale verwarring met de granen en in mindere mate met 'overige landbouwgewassen'.

De **granen** zijn matig tot goed geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 80,2 en 64,9%). De granen zijn op 5 juli 1987 nog niet afgerijpt en vertonen daardoor in tegenstelling tot de afgerijpte granen op het beeld van 3 augustus 1986 nog een relatief hoge reflectie in het nabij-infrarood. De granen vertonen met name spectrale verwarring met bieten en in iets mindere mate met 'overige landbouwgewassen'.

De '**overige landbouwgewassen**' zijn slecht geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 41,4 en 40,3%). De 'overige landbouwgewassen' zijn zeer divers, gedeeltelijk al googst en vertonen een grote spectrale variatie. Hierdoor treedt spectrale verwarring op met verschillende gewassen en kale grond.

De classificatienauwkeurigheid van de **boomgaarden** is matig (64,8%). Spectraal vertonen boomgaarden overlap met een groot aantal grondgebruiksklassen, met name gras en kale grond. Hierdoor was het niet mogelijk ze automatisch te classificeren. De klasse fruitbomen is daarom aan de hand van de topografische kaart en het satellietbeeld interactief aan het grondgebruiksbestand toegevoegd. Dat verklaart de relatief hoge classificatiebetrouwbaarheid (87,6%).

De **bebouwingskernen** komen duidelijk naar voren in het grondgebruiksbestand. Er worden echter nogal wat verspreid voorkomende 'kale grond pixels' foutief als 'bebouwing en wegen' geclassificeerd.

Van het totaal aantal pixels in het referentiegebied Borselle bestaat 30% uit grenspixels. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied zonder grenspixels bedraagt na toepassing van een 3 x 3 majority filter 59%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied zonder grenspixels en na filtering 84%.

tabel 13 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Borssele na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 5 juli 1987)

percentage pixels geclassificeerd als:										
referentie- grond- gebruik	gras	maïs	aard- appelen	bieten	granen	overige landbouw- gewassen	kale grond	boom- gaard	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	23,9	-	14,2	3,6	28,9	15,3	9,1	3,1	1,8	273
maïs	7,8	-	1,4	5,6	9,7	1,4	56,5	1,0	16,5	36
aardappelen	5,0	-	73,6	3,3	5,4	5,9	2,7	1,8	2,3	327
bieten	3,5	-	3,9	54,3	18,3	6,8	3,5	0,9	8,8	272
granen	2,1	-	4,2	3,5	80,2	5,1	1,9	0,7	2,0	496
overige landbouwgewassen	4,5	-	2,4	7,9	26,9	41,4	11,8	1,2	4,0	183
boomgaard	8,5	-	3,6	1,4	5,9	2,1	9,9	64,8	3,9	258
bebouwing en wegen*	9,3	-	4,9	4,9	5,3	2,8	11,8	3,3	57,8	27
totaal (ha)	137	-	327	207	614	188	125	191	85	1873
betrouw- baarheid (%)	47,6	-	73,6	71,4	64,9	40,3	0,0	87,6	18,4	18,4

* inclusief tuinen, parken e.d.

Referentiegebied Ens

Referentiegebied Ens ligt in het zuiden van de Noordoostpolder en beslaat ca. 1507 ha. Het grootste deel van het referentiegebied bestaat uit grote, rechthoekige landbouwpercelen. Verder ligt in het oosten van het referentiegebied een gebiedje met een groot aantal zeer kleine percelen. De belangrijkste gewassen zijn gras, aardappels, bieten, granen en 'overige landbouwgewassen'. Daarnaast komen kleine oppervlakken voor met maïs en bollen. De bollen worden met name geteeld op de kleine percelen in het oosten van het referentiegebied. Voor de classificatie is gebruik gemaakt van het satellietbeeld van 3 augustus 1986. De referentiegegevens komen van het "Rentambt Noordoostpolder". De referentiegegevens zijn vergeleken met luchtfoto's en satellietbeelden en hoefden nauwelijks te worden gecorrigeerd. Bij projectie van de gedigitaliseerde referentiekaart op het geometrisch gecorrigeerde satellietbeeld bleek dat het (geclassificeerde) satellietbeeld, zowel in de x- als in de y-richting, twee pixels was verschoven. De oorzaak van deze systematische verschuiving is onduidelijk. Wanneer bij de validatie geen rekening wordt gehouden met deze verschuiving dan worden langs veel percelen de randen ten onrechte als foutief geclassificeerd beschouwd. Daarom zijn ten behoeve van de validatie de coördinaten van de referentiekaart aangepast aan het geclassificeerde beeld. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 14 en 15.

De confusion matrix (tabel 15) laat zien dat de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van de verschillende grondgebruiksklassen sterk uiteenloopt. De classificatienauwkeurigheid van **gras** en **granen** is (zeer) hoog (respectievelijk 89,4 en 91,6%). Vanwege de foutieve classificaties van met name maïs, aardappels en bollen als gras en van 'overige landbouwgewassen' en 'bebouwing en wegen' als granen is de classificatiebetrouwbaarheid van deze gewassen, met name van de granen, echter aanzienlijk lager (80,2 en 68,9% voor respectievelijk gras en granen).

Maïs wordt zeer slecht geclassificeerd. Er treedt vooral verwarring op met gras en aardappels. De maïspercelen zijn over het algemeen klein. Omdat de totale oppervlakte maïs in de Noordoostpolder gering is, is bij het aanwijzen van optimale trainingsgebieden weinig aandacht besteed aan maïs.

Aardappels worden matig geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 62,7 en 63,2%). Een groot deel van de aardappels wordt foutief geclassificeerd als (hoog) gras, granen en 'overige landbouwgewassen'. De belangrijkste oorzaken hiervan zijn spectrale verwarring van nog op het veld staande aardappelen met hoog gras en enkele 'overige landbouwgewassen' en van reeds geogoste aardappels met granen en geogoste 'overige landbouwgewassen'.

Bieten worden redelijk geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 74,0 en 91,5%). Vooral aan de randen van percelen worden mixed pixels met name geclassificeerd als aardappels en als 'overige landbouwgewassen'.

Het classificatieresultaat van de 'overige landbouwgewassen' is slecht (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 41,8 en 42,9%). Deze gewassen worden voor een aanzienlijke deel geclassificeerd als granen en aardappels en in mindere mate als gras. De klasse 'overige landbouwgewassen' is divers van karakter en een deel van de betreffende gewassen is reeds geoogst.

Voor **bollen** zijn geen trainingsgebieden aangewezen in dit stratum. Ze worden overwegend geclassificeerd als 'overige landbouwgewassen' en gras en in mindere mate als granen. De bollen waren op het opnametijdstip al ten dele geoogst.

De klasse "bebouwing en wegen" bestaat geheel uit boerderijen en wordt zeer slecht geclassificeerd. Deze klasse bestaat bijna geheel uit mixed pixels, die zijn geclassificeerd als gras, granen en loofhout. Door de ligging langs wegen, de regelmatige vorm en de aanwezigheid van erfbeplanting (vaak bomenrijen) zijn de boerderijen over het algemeen visueel goed te onderscheiden op het satellietbeeld.

Door de relatief grote percelen in de polder, is het percentage grenspixels relatief laag, namelijk 27% (tabel 14). Na de verschuiving van de referentiekaart is 57 % van de grenspixels goed geclassificeerd. Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 7%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 5%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 66%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 83%.

tabel 14 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Ens, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	50%	57%	64%	69%	60%	66%

percentage grenspixels: 33%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van 3 x 3 majority filter: 83%

tabel 15 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Ens na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:								totaal (ha)
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	granen	overige landbouw- gewassen	loof- bos	bebouwing en wegen	
gras	89,4	0,8	4,1	0,1	1,2	3,5	0,8	-	335
maïs	23,2	25,8	35,1	-	1,5	3,9	4,5	-	31
aardappelen	9,6	-	62,7	0,3	9,2	15,9	1,8	0,5	193
bieten	3,9	0,5	6,2	74,0	3,2	8,9	3,3	0,1	131
granen	0,9	0,0	0,8	2,7	91,6	3,9	0,1	0,1	189
overige landbouwgewassen	6,8	0,3	22,4	2,0	24,6	41,8	1,9	0,3	150
bollen	32,5	1,3	3,8	0,6	12,4	43,1	5,6	0,7	42
bebouwing en wegen*	44,5	0,4	0,9	-	33,1	9,2	10,5	1,3	28
totaal (ha)	370	13	192	106	251	146	20	3	1100
betrouw- baarheid (%)	80,2	61,1	63,2	91,5	68,9	42,9	0,0	14,8	

* inclusief tuinen, parken e.d.

Referentiegebied Hupsel

Het referentiegebied Hupsel ligt in oost Gelderland en beslaat 1070 ha. Het gebied bestaat voornamelijk uit landbouwgebied en gras en maïs zijn de belangrijkste gewassen. De classificatie is uitgevoerd met een satellietbeeld van 12 augustus 1986. De referentiegegevens zijn verzameld door Rijkswaterstaat. De referentiekaart is gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van op 3 mei 1986 opgenomen zwart-wit luchtfoto's en een afdruk van de satellietbeelden. Op de luchtfoto's was het onderscheid tussen grasland en bouwland over het algemeen duidelijk waarneembaar. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 16 en 17.

Grasland en maïs zijn redelijk tot zeer goed geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 92,1 en 78,4% voor grasland en van respectievelijk 78,4 en 77,0% voor maïs). Het geclassificeerde satellietbeeld is één pixel in zuidelijke richting verschoven ten opzichte van de gedigitaliseerde referentiekaart. De reden hiervan is niet duidelijk. Hierdoor vallen echter nogal wat graslandpixels binnen maïspercelen en omgekeerd. Dit verklaart voor een groot deel de onderlinge verwarring van grasland en maïs en zorgt voor een geringe onderschatting van het classificatieresultaat. De onderlinge verwarring van beide gewassen wordt verder

veroorzaakt door spectrale overlap tussen verdrogende maïs en grasland.

De hoofdklasse **bos** wordt goed geclassificeerd. Open plekken in het bos worden met name geclassificeerd als gras.

De referentieklassse '**bebouwing en wegen**' betreft twee campings, een opslagterrein en een aantal boerderijen. De boerderijen zijn over het algemeen visueel goed herkenbaar op het satellietbeeld. De meeste worden ook als bebouwing geclassificeerd. Er worden echter ook nog al wat kale grond pixels ten onrechte als bebouwing geclassificeerd. Na filtering verdwijnen de meeste boerderijen. Delen van de referentieklassse 'bebouwing en wegen' bestaan uit grasland, bos en kale grond. Deze pixels zijn vaak grotendeels correct geclassificeerd, maar worden bij de validatie als fout aangemerkt.

Van het totaal aantal pixels bestaat 34,4 % uit grenspixels. Hiervan is 73% correct geclassificeerd (tabel 16). Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 7%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 5%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 85%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 95%.

tabel 16 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Hupsel, geclassificeerd met het satellietbeeld van 12 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	73%	80%	82%	87%	79%	85%

percentage grenspixels: 34%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van 3 x 3 majority filter: 95%

tabel 17 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Hupsel na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 12 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:								totaal (ha)
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	kale grond	loof- bos	naald- bos	bebouwing en wegen	
gras	92,1	3,9	-	0,1	0,2	1,6	0,4	1,8	546
maïs	15,5	78,4	0,2	3,6	-	2,2	0,1	0,3	112
aardappelen	13,3	35,0	-	-	41,7	-	-	10,0	4
bieten	-	100,0	-	-	-	-	-	-	1
(gemengd) bos	14,8	1,9	-	-	-	69,3	11,4	2,6	26
bebouwing en wegen*	44,1	12,2	-	-	10,8	6,1	2,2	24,7	17
totaal (ha)	532	114	0	5	4	30	5	16	706
betrouw- baarheid (%)	94,5	77,0	0,0	0,0	0,0	59,9**		26,2	

* inclusief tuinen, parken e.d.

** omdat (gemengd)bos niet kan worden onderverdeeld in naald- en loofbos zijn bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd

Referentiegebied Mander

Referentiegebied Mander ligt in noord oost Overijssel en beslaat 771 ha. In het noord oosten van het gebied ontbreekt een strook van enkele tientallen hectare langs de grens met Duitsland in het classificatieresultaat. In het landbouwgebied zijn alleen grasland en maïs aanwezig. Het westelijk deel van het gebied is open en vrij grootschalig, terwijl het oostelijk deel wordt gekenmerkt door kleinschaligheid en een groot aantal houtwallen. De classificatie is uitgevoerd met een satellietbeeld van 12 augustus 1986. De referentiegegevens zijn door Stichting voor Bodemkartering verzameld het kader van een grondwaterbeschermingsstudie. De referentiekaart is gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van op 18 februari 1986 opgenomen zwart-wit luchtfoto's en een afdruk van het satellietbeeld. Op de luchtfoto's was het onderscheid tussen grasland en bouwland niet duidelijk waarneembaar. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 18 en 19.

Grasland en maïs zijn redelijk tot goed geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 85,9 en 81,9% voor grasland en van respectievelijk 78,4 en 88,3% voor maïs). Deze gewassen worden met name onderling enigszins verward. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door verdroging van de maïs. Hierdoor verandert de gewastructuur, waardoor de spectrale signatuur van maïs overlap gaat vertonen met die van kort grasland. Grasland- en maïspixels die als bos worden

geclassificeerd liggen voornamelijk langs bosranden en houtwallen. De invloed van bosranden en houtwallen blijkt zich vaak over meerdere pixels uit te strekken. Waarschijnlijk speelt de invloed van schaduw hier een rol.

Loofbos en **naaldbos** worden matig tot redelijk geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 75,4 en 72,1% voor loofbos en van respectievelijk 69,5 en 61,0% voor naaldbos). Verwarring vindt met name onderling plaats. Het classificatieresultaat van de hoofdklasse bos is dan ook goed. De onderlinge verwarring van naaldbos en loofbos treedt met name daar op waar de bossen een heterogene structuur hebben. Daar komen soms verspreide loofbomen voor binnen percelen met naaldbomen en omgekeerd. Ook dichtheidsverschillen binnen de bossen veroorzaken spectrale verwarring. Daarnaast worden verspreide bomen binnen de referentieklassse 'overig natuurgebied' als loof- of naaldbos geclassificeerd.

Het classificatieresultaat van de referentieklassse 'overig natuurgebied' is matig (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 64,9 en 77,5%). Dit wordt met name veroorzaakt doordat verspreide boomgroepen binnen de klasse 'overig natuurgebied', die meestal correct als loofbos of naaldbos worden geclassificeerd, bij de bepaling van de classificatienauwkeurigheid als foutief geclassificeerd worden beschouwd. Het classificatieresultaat wordt verder negatief beïnvloed doordat spectraal vaak geen onderscheid kan worden gemaakt tussen gras in natuurgebieden en cultuurgrasland.

De referentieklassse '**bebouwing en wegen**' bestaat bijna geheel uit verspreid liggende boerderijen. De boerderijen zijn over het algemeen visueel goed herkenbaar op het satellietbeeld. De meeste worden ook als bebouwing geclassificeerd met uitzondering van de kleinere boerderijen. Er worden echter ook nog al wat verspreide pixels (meestal kale grond) ten onrechte als bebouwing geclassificeerd. Na filtering verdwijnen de meeste boerderijen.

Van het totaal aantal pixels bestaat 32,3 % uit grenspixels. Hiervan is 66% correct geclassificeerd (tabel 18). De 'fouten' betreffen over het algemeen de niet afzonderlijk gedigitaliseerde houtwallen. Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 8%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 6%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 77%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 93%.

tabel 18 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Mander, geclassificeerd met het satellietbeeld van 12 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	66%	74%	73%	79%	71%	77%
percentage grenspixels: 32%						

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 93%

tabel 19 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Mander na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 12 augustus 1986)

referentie-grond-gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:								
	gras	maïs	aard-appelen	kale grond	loof-bos	naald-bos	overig natuur-gebied	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	85,9	6,5	1,9	0,6	2,3	1,0	0,9	1,0	203
maïs	15,3	78,4	-	-	2,9	1,5	0,6	0,9	169
loofbos	6,4	2,8	-	-	75,4	13,5	1,5	-	66
naaldbos	5,0	3,1	-	-	17,1	69,5	5,0	-	43
overig	11,0	2,5	-	1,5	5,2	14,9	64,9	-	37
natuurgebied*									
bebouwing en wegen**	43,5	-	-	-	-	-	-	25,0	6
totaal (ha)	213	150	4	2	69	49	31	5	524
betrouwbaarheid (%)	81,9	88,3	0,0	0,0	72,1	61,0	77,5	30,0	

* inclusief verspreide bomen en struiken

** inclusief tuinen, parken e.d.

Referentiegebied Nieuw Buinen

Het referentiegebied Nieuw Buinen ligt in het oosten van de provincie Drenthe, ten zuiden van Stadskanaal. Het gebied wordt gekenmerkt door lange, smalle percelen met aardappelen en bieten als belangrijkste gewassen. Het grootste deel van het referentiegebied is geclassificeerd met behulp van beelden uit 1986. Een oppervlakte in het oosten van het gebied is geclassificeerd met behulp van een TM-beeld van 14 juli '87. De referentiegegevens zijn in 1987 verzameld door de Stichting voor Bodemkartering, zodat maar een deel (630 ha) van de referentiegegevens bruikbaar is voor de validatie. De referentiegegevens zijn voornamelijk gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van het satelietbeeld. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 20 en 21.

Gras heeft een zeer hoge classificatienauwkeurigheid (93,8%), maar beslaat slechts een geringe oppervlakte. Doordat delen van de oppervlakken met maïs, aardappelen, bieten en 'overige landbouwgewassen' als grasland zijn geclassificeerd is de classificatiebetrouwbaarheid van gras zeer gering (36,1%).

Op 14 juli 1987 was de bodembedekking van **maïs** nog gering. Dit verklaart de grote spectrale verwarring van maïs met (kort) gras en de lage classificatienauwkeurigheid van maïs (27,8%).

Het grootste deel van de oppervlakte van het referentiegebied bestaat uit aardappelen en bieten. Het classificatieresultaat van de **aardappelen** is goed (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 85,3 en 90,9%). Er treedt met name enige spectrale verwarring op met (hoog) grasland en bieten. Verder vertonen delen van enkele aardappelpercelen een sterk afwijkende spectrale signatuur (wateroverlastschade ?), waardoor spectrale verwarring optreedt met (kort) gras. **Bieten** worden matig geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 72,4 en 69,1%). Eén bietenperceel lijkt spectraal sterk op aardappelen. Dat verklaart grotendeels de spectrale verwarring tussen aardappelen en bieten. Mogelijk betreft dit een fout in de referentiegegevens. Verder treedt enige spectrale verwarring op met granen en 'overige landbouwgewassen'. Tenslotte worden langs de randen van de aardappel- en bietenpercelen veel (mixed) pixels geclassificeerd als gras.

Het classificatieresultaat van de **granen** is slecht (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 39,3 en 66,7%). Bijna alle graanpercelen in het referentiegebied zijn zeer smal en bestaan grotendeels uit mixed pixels. Deze pixels zijn vaak foutief geclassificeerd als gras, aardappelen en met name bieten.

De '**overige landbouwgewassen**' zijn zeer slecht geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 18,1 en 43,2%). Ze komen spectraal sterk overeen met bieten. Daarnaast hebben ook hier de randeffecten grote invloed op het classificatieresultaat.

Doordat er sprake is van lange en vaak smalle percelen in dit referentiegebied is het

percentage grenspixels erg groot, namelijk ca. 40%. Hiervan is slechts 50% goed geclassificeerd (tabel 20). Toepassing van het majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 7%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 9%.

Het grote aantal grenspixels en het slechte classificatieresultaat van deze pixels vormen een belangrijke reden voor de relatief lage 'overall' classificatienauwkeurigheid. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 65%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 81%.

tabel 20 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied nieuw Buinen, geclassificeerd met het satellietbeeld van 14 juli 1987

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	50%	57%	62%	71%	57%	65%

percentage grenspixels: 40%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 81%

tabel 21 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Nieuw Buinen na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 14 juli 1987)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:							totaal (ha)
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	granen	overige landbouw- gewassen	bebouwing en wegen	
gras	93,8	0,7	4,5	0,0	0,0	0,2	0,9	29
maïs	58,2	27,8	2,2	5,8	0,3	0,0	5,8	23
aardappelen	11,3	0,1	85,3	0,8	0,2	1,8	0,6	185
bieten	7,4	0,1	10,8	72,4	4,6	3,0	1,8	85
granen	8,0	1,0	9,6	34,7	39,3	5,1	0,6	26
overige landbouwgewassen	18,9	0,0	7,9	52,4	2,7	18,1	0,0	30
totaal (ha)	75	7	174	89	15	13	5	378
betrouw- baarheid (%)	36,1	90,0	90,9	69,1	66,7	43,2	27,7	

Referentiegebied noordwest Brabant

Het referentiegebied noordwest Brabant ligt in het noordwestelijke zeekleigebied van de provincie Noord-Brabant, waar voornamelijk akkerbouwgewassen worden geteeld. Het referentiegebied omvat echter alleen een aantal verspreid liggende aardappelpercelen. De validatie van dit gebied geeft derhalve zeer beperkte informatie. De referentiegegevens zijn verzameld in opdracht van de Plantenziektkundige Dienst en zijn gecontroleerd aan de hand van het Landsat-TM satelietbeeld van 3 augustus 1986. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 22 en 23.

De classificatienauwkeurigheid van de **aardappelen** is zeer matig (58,4%). Maar liefst 27% van de aardappels wordt geclassificeerd als grasland. Spectraal komen aardappelen overeen met hoog gras. Omdat in dit akkerbouwgebied veel meer aardappelpercelen voorkomen dan percelen met hoog gras, had bij de keuze van de trainingsgebieden de nadruk meer moeten liggen op de classificatie van aardappelen. Het classificatieresultaat zou dan aanzienlijk beter zijn geweest. Een klein deel van de aardappelen vertoont duidelijk verwelkingsverschijnselen of is reeds geoogst, waardoor spectrale verwarring optreedt met 'overige landbouwgewassen' en kale grond.

Toepassing van het 3 x 3 majority filter heeft nauwelijks invloed op het classificatieresultaat (tabel 22). De grenspixels zijn niet nader geanalyseerd. Weglating van de grenspixels doet de classificatienauwkeurigheid met circa 7% toenemen.

tabel 22 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied noord west Brabant, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

classificatie- nauwkeurigheid	zonder grenspixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
	58%	58%	50%	51%

tabel 23 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid van de aardappelen in het referentiegebied noord-west Brabant na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:							
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	granen	overige landbouw- gewassen	kale grond	totaal (ha)
aardappelen	27,1	0,0	58,4	0,1	3,8	3,6	6,1	526
totaal (ha)	142,6	0,0	306,9	5,1	19,7	18,6	32,6	526

Referentiegebied Oedenrode

Het referentiegebied Oedenrode ligt in het midden van de provincie Noord- Brabant en beslaat 1410 ha. Het gebied bestaat voornamelijk uit landbouwgebied en gras en maïs zijn de belangrijkste gewassen. Daarnaast komen enige oppervlakken met bos en bebouwd gebied voor. De referentiegegevens zijn door medewerkers van het Staring Centrum in het veld verzameld. De referentiekaart is gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van op 26 mei 1986 opgenomen zwart-wit luchtfoto's en een afdruk van het Landsat-TM beeld van 3 augustus 1986. Op de luchtfoto's was het onderscheid tussen grasland en bouwland duidelijk waarneembaar. De classificatie is uitgevoerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 24 en 25.

Het classificatieresultaat van **grasland en maïs** is goed tot zeer goed (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 90,6 en 91,4% voor grasland en van respectievelijk 81,6 en 92,4% voor maïs). Beide gewassen worden onderling in

geringe mate verward. Dit wordt deels veroorzaakt door verdroging van de maïs. Hierdoor verandert de gewastructuur, waardoor de spectrale signatuur van maïs overlap gaat vertonen met die van kort grasland. Daarnaast worden veel (mixed) pixels waarin wegen liggen, die door grote maïsoppervlakken lopen, als grasland geïnclassificeerd. Opvallend is de (geringe) misclassificatie van maïs als aardappelen. Waarschijnlijk speelt hierbij verdroging een rol. De oppervlakken maïs die foutief als bieten worden geïnclassificeerd betreffen over het algemeen homogene percelen zonder duidelijk zichtbare sporen van verdroging. De spectrale verwarring wordt veroorzaakt door de relatief hoge reflectie van bieten in de midden-infrarode band (TM-band 5, zie 3.4). In theorie onderscheidt de reflectie van bieten zich van maïs door een relatief lage reflectie in het midden-infrarode deel van het spectrum. Deze lage midden-infrarode reflectie wordt veroorzaakt door het hoge watergehalte van de bietenbladeren. Bij een hoge verdampingsvraag neemt het vochtgehalte van de bladeren echter af, waardoor de midden-infrarode reflectie toeneemt. Verder vindt enige verwarring tussen hoog gras en aardappelen plaats.

Het enigste **boomkwekerij**perceel in het referentiegebied heeft een relatief hoge bodembedekking en wordt in z'n geheel als loofbos geïnclassificeerd.

De **loofbos**percelen in het referentiegebied zijn bijna geheel als naaldbos geïnclassificeerd. Dit hangt waarschijnlijk samen met een niet optimale keuze van de trainingsgebieden. Bij een goed gekozen contrastversterking zijn de loofbospercelen duidelijk te onderscheiden van de naaldbospercelen. De **naaldbos**percelen zijn zeer goed geïnclassificeerd (classificatienauwkeurigheid van 94,5%). Opvallend is dat de referentieklassie (gemengd) bos bijna geheel is geïnclassificeerd als naaldbos. Dat versterkt het vermoeden dat bij de toewijzing van 'bospixels' naaldbos is 'bevoorreed' door een suboptimale keuze van de trainingsgebieden. Wanneer alleen de hoofdklassie bos wordt beschouwd dan is het classificatieresultaat zeer goed.

Open natuurgebieden op de referentiekaart bestaan voornamelijk uit relatief kleine open gebieden in het bos. Deze gebieden vertonen een lage reflectie en zijn voornamelijk verward met bos.

De referentieklassie '**bebouwing en wegen**' bestaat geheel uit verspreid liggende boerderijen. De boerderijen zijn over het algemeen visueel goed herkenbaar op het satellietbeeld. De meeste worden ook als bebouwing geïnclassificeerd. Een deel van de pixels binnen deze referentieklassie wordt geïnclassificeerd als het aangrenzende gewas (grasland en maïs). Na filtering verdwijnt een deel van de boerderijen.

Van het totaal aantal pixels bestaat 27% uit grenspixels. Hiervan is 66% goed geïnclassificeerd (tabel 24). Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 7%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 5%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na

filtering 81%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 93%.

tabel 24 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Oedenrode, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	66%	73%	79%	84%	75%	81%

percentage grenspixels: 27%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 93%

tabel 25 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Oedenrode na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:									
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	kale grond	loof- bos	naald- bos	overig natuur- gebied	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	90,6	3,0	3,5	-	1,0	0,4	0,3	0,3	1,0	434
maïs	7,0	81,6	5,5	4,0	0,2	1,1	0,3	-	0,3	344
boomkwekerij	3,7	7,4	-	-	-	88,9	-	-	-	2
overige	27,7	47,2	-	7,3	15,4	-	2,1	-	0,5	12
landbouwgewassen										
loofbos	-	0,2	-	-	-	10,9	88,5	-	0,4	31
naaldbos	1,1	0,9	0,1	0,4	0,3	1,1	94,5	1,2	-	64
(gemengd) bos	2,2	0,6	-	0,1	-	6,0	91,1	-	-	120
overig	3,2	-	-	-	6,3	29,9	38,6	22,1	-	8
natuurgebied*										
bebouwing en wegen**	35,7	13,0	-	-	6,1	-	2,2	5,7	37,4	14
totaal (ha)	430	303	34	15	9	21	203	5	11	1029
betrouw- baarheid (%)	91,4	92,6	0,0	0,0	0,0		93,1***	35,4	47,6	

* inclusief verspreide bomen en struiken

** inclusief tuinen, parken e.d.

*** omdat (gemengd)bos niet kan worden onderverdeeld in naald- en loofbos zijn bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd

Referentiegebied Oostereng

Het referentiegebied Oostereng ligt ten oosten van Bennekom in het zuidwestelijk deel van de Veluwe. Het betreft hier een bosgebied met overwegend naaldhout en een kleiner deel gemengd bos en loofhout. Voor de classificatie is gebruik gemaakt van het TM-beeld van 3 augustus 1986. De referentiegegevens zijn verzameld door de afdeling Remote Sensing van het Staring Centrum. Deze gegevens zijn vergeleken met luchtfoto's en satelietbeelden. De referentiegegevens behoeften bijna niet te worden aangepast. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 26 en 27.

Over het algemeen zijn loof- en naaldbossen spectraal goed van elkaar te onderscheiden. Een aanzienlijk deel (26%) van het loofbos is geclassificeerd als naaldbos. Deze classificatie 'fouten' komen ten dele voor aan de randen van bospercelen, omdat de ligging van de grenzen in een bos vaak moeilijk nauwkeurig kunnen worden bepaald. Bovendien is langs perceelsgrenzen vaak sprake van mixed pixels. Verder lijkt de spectrale signatuur

van enkele loofbospercelen sterk op die van naaldbos en gemengd bos. Het is niet duidelijk of dit fouten in de referentiekaart betreffen. De totale oppervlakte loofbos beslaat echter maar 19 ha. Wanneer loofhoutlanen breed genoeg zijn (dubbele rijen en breed uitgegroeid), komen ze in de classificatie naar voren. De classificatienauwkeurigheid van de naaldbossen is zeer hoog (95,8%).

Het **gemengde bos** bestaat voor een groot deel uit mixed pixels van loof- en naaldbomen en is voornamelijk geclassificeerd als loofbos en naaldbos. Analyse van het veldwerk en het classificatieresultaat wijst er op dat, wanneer het aandeel loofhout groter is dan ca. 55%, gemengd bos als loofbos wordt geclassificeerd. Omdat in de meeste percelen met gemengd bos in het referentiegebied de naaldbomen overheersen, is het grootste deel van het gemengd bos als naaldbos geclassificeerd. De referentieklassen 'gemengd' bos is als goed geclassificeerd beschouwd als de betreffende pixels zijn geclassificeerd als loof- of naaldbos.

Open plekken in het bos zijn veelal geclassificeerd als 'overige natuur'.

Het percentage grenspixels is door de overwegend kleine bospercelen relatief hoog, namelijk 37%. Het percentage goed geclassificeerde grenspixels bedraagt 78 %. Toepassing van het majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 3%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 87%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 96%.

tabel 26 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Oostereng, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	78%	81%	81%	91%	84%	87%

percentage grenspixels: 37%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van 3 x 3 majority filter: 96%

tabel 27 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Oostereng bos na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	pixels geclassificeerd als:				totaal (ha)
	gras	loofbos	naaldbos	overig natuur- gebied	
kale grond	13,3	20,0	23,3	43,3	2
loofbos	1,6	68,4	26,1	3,6	19
naaldbos	0,0	3,2	95,8	0,7	99
gemengd bos	1,0	16,4	80,2	3,3	38
Totaal (ha)	1	23	130	3	158
betrouw- baarheid (%)	0,0	94,6*		0,0	

* omdat (gemengd) bos niet kan worden onderverdeeld in naald- en loofbos zijn bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd.

Referentiegebied Ooijpolder

Het referentiegebied Ooijpolder ligt in het rivierenlandschap ten oosten van Nijmegen, begrensd door de Waal, de steile rand van de stuwwal en de landgrens van West-Duitsland. Het beslaat 2670 ha. Kenmerkend zijn de vele waterpartijen in de vorm van strangen en wielen, tichelgaten en zand- en grindgaten met de daarbij behorende grienden, struwelen etc.. Deze liggen binnen een intensief gebruikt landbouwgebied dat in beslag genomen wordt door grasland, bouwland en enige boomgaarden. De referentiegegevens zijn verzameld in opdracht van de Landinrichtingsdienst. Binnen de akkerbouw is alleen onderscheid gemaakt tussen bouwland en maïs. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 28 en 29.

De referentieklaas boomgaard is onderverdeeld in hoogstam- en laagstamboomgaarden. De referentiegegevens zijn gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van zwart/wit luchtfoto's van 26 mei 1986 en het Landsat-TM beeld van 3 augustus 1986. Op de luchtfoto's kon over het algemeen duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen grasland en bouwland. De classificatie is uitgevoerd met het Landsat-TM beeld van 3 augustus 1986. Omdat op de referentiekaart alle akkerbouwgewassen, behalve maïs, zijn samengenomen, zijn, ten behoeve van de validatie, de klassen aardappelen, bieten en granen in het geclassificeerde beeld ook samengevoegd. Voor deze gewassen wordt dus gevalideerd op een hoger hiërarchisch niveau. In het centrale deel van het referentiegebied komen op het satelietbeeld enkele wolken met hun schaduw voor. Het grondoppervlak dat door deze wolken en schaduw wordt bedekt, is niet of slechts met gering contrast

waarneembaar. Dit beïnvloedt het classificatieresultaat negatief. Deze deelgebieden zijn zo veel mogelijk visueel geclassificeerd.

Het classificatieresultaat van **grasland** is goed tot zeer goed (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 87,1 en 92,7%). Er treedt alleen enige verwarring van belang op met bouwland. Hierbij spelen naast spectrale verwarring tussen enkele gewassen waarschijnlijk ook verdroging, verwelking en oogst van gewassen een rol.

Maïs wordt zeer slecht geclassificeerd. Het wordt vooral name verward met de overige akkerbouwgewassen, hierbij speelt waarschijnlijk verdroging een rol. Verder wordt maïs voor een klein deel foutief geclassificeerd als fruitbomen en loofhout.

Hoewel de **boomgaarden** door de textuur in het de ligging over het algemeen visueel goed waarneembaar zijn op het satellietbeeld, is het classificatieresultaat slecht tot matig. Afhankelijk van de kroonsluiting en de aanwezigheid van gras en/of kale grond onder de fruitbomen vindt spectrale verwarring plaats met vooral gras, loofhout en bebouwing. Daarnaast worden in het landbouwgebied nogal wat mixed pixels, vooral langs wegen, als boomgaard geclassificeerd.

De verzamelklasse **bouwland** is matig geclassificeerd. Hierboven is reeds gewezen op de optredende verwarring met gras en maïs.

De referentieklassse '**overig natuurgebied**' (voor een groot deel buiten het referentiegebied gelegen) bestaat voornamelijk uit grienden en bomen langs oevers, water en extensief gebruikte graslanden. Deze gebieden worden behalve als 'overig natuurgebied' vooral geclassificeerd als loofhout, water en gras.

Buiten het referentiegebied worden oevers van de Waal en van zand- en grindwinplassen (vaak mixed pixels) en bouwterreinen grotendeels geclassificeerd als kale grond en bebouwing.

Water wordt goed geclassificeerd. Waar loofbomen langs oevers voorkomen, wordt een deel als loofhout geclassificeerd.

De aaneengesloten '**bebouwing**' wordt goed geclassificeerd. De boerderijen zijn visueel matig waarneembaar op het satellietbeeld en zijn ook maar gedeeltelijk als bebouwing geclassificeerd. Ze worden spectraal vooral verward met kale grond. Bovendien worden nogal wat 'kale grond' pixels ten onrechte als bebouwing geclassificeerd.

Van het totaal aantal pixels bestaat 30% uit grenspixels. Hiervan is 46% correct geclassificeerd (tabel 28). Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 8%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 5% tot 76%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 69%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het LGN-bestand worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 89%.

tabel 28 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Ooijpolder, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	46%	54%	71%	76%	63%	69%

percentage grenspixels: 30%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van 3 x 3 majority filter: 89%

tabel 29 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Ooijpolder na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie grond- gebruik	percentage geclassificeerde pixels										
	gras	maïs	overige landb. gewas.	kale grond	boom- gaard	bouw- land	loof- hout	overig natuur- gebied	water	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	87,1	0,6	-	0,8	2,9	4,6	1,5	-	0,1	2,4	1056
maïs	5,5	33,1	-	-	13,1	30,7	12,7	-	0,4	4,4	31
boomgaard (hoogstam)	16,2	-	-	-	67,6	1,9	7,4	-	-	7,0	50
boomgaard (laagstam)	25,0	-	-	-	53,6	-	21,4	-	-	-	4
bouwland	11,2	13,7	3,6	3,0	3,9	59,0	1,4	-	0,8	3,6	501
loofhout	6,1	1,4	-	-	8,4	1,9	74,3	3,7	2,3	1,9	13
overig natuurgebied*	14,1	8,5	-	0,3	7,2	5,6	53,5	5,1	2,4	3,2	23
water	0,3	-	-	0,6	1,6	6,7	6,4	2,7	81,4	0,4	75
bebouwing en wegen**	6,9	0,4	0,1	2,4	3,2	5,6	1,6	0,0	0,5	80,1	112
totaal (ha)	992	88	18	29	98	368	60	4	72	140	1869
betrouw- baarheid (%)	92,7	11,7	0,0	0,0	36,5	80,4	16,2	30,1	84,0	64,3	

* inclusief verspreide bomen en struiken.

** inclusief tuinen, parken e.d.

Zuid Limburg (referentiegebied Reuver)

Van het zuidelijk deel van Limburg (ten zuiden van Roermond) zijn geen onbewolkte beelden uit 1986 beschikbaar. Voor de classificatie van dit gebied is een TM-beeld gebruikt van 14 juni 1988 (plaat 1). In dit beeld waren in de omgeving van Roermond complete rijen pixels systematisch verschoven. Deze fouten zijn zoveel mogelijk gecorrigeerd, maar ondanks dat komen lokaal nog verschuivingen voor ter grootte van enkele pixels. De beschikbare referentiegegevens komen van de provincie Limburg en zijn opgenomen in 1988. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 30 en 31.

Doordat de opname vroeg in het groeizeizoen is gemaakt en de gewasontwikkeling als gevolg van het koude en natte voorjaar sterk is vertraagd, vertonen veel gewassen nog een onvolledige bodembedekking. Bovendien kan als gevolg van wateroverlastschade de gewasontwikkeling van plaats tot plaats sterk verschillen. Hierdoor vertonen de meeste percelen een heterogeen reflectiepatroon. Het gevolg is dat veel landbouwgewassen elkaar

spectraal in sterke mate overlappen en een betrouwbare classificatie van de verschillende gewassen niet mogelijk is. Voor één referentiegebied (Reuver) is het classificatieresultaat van een drietal (geaggregeerde) klassen kwantitatief vastgesteld. Daarnaast is, om toch een indruk te krijgen van de bruikbaarheid van het bestand, het classificatieresultaat van de hoofdklassen kwalitatief geëvalueerd door het classificatieresultaat te vergelijken met de topografische kaart.

In Zuid Limburg zijn drie referentiegebieden aanwezig. De classificatieresultaten van deze drie gebieden komen sterk met elkaar overeen. Daarom worden hier alleen de resultaten van het referentiegebied Reuver gegeven. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Reuver op het niveau van de subklassen bedraagt slechts 33% (tabel 30). Zoals hierboven reeds vermeld, is dit slechte classificatieresultaat het gevolg van de grote spectrale verwarring tussen de verschillende landbouwgewassen. Wanneer alleen de geaggregeerde klassen grasland, akkerbouw en 'bebouwing en wegen' worden beschouwd (de klassen bos, 'open natuurgebied' en water komen niet voor in het referentiegebied Reuver) dan bedraagt de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 45%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid voor de bovengenoemde klassen 69%.

In tabel 31 is de confusion matrix van de geaggregeerde klassen gegeven. Uit deze tabel blijkt dat ook grasland en akkerbouwgewassen op grote schaal met elkaar worden verward. De referentieklassse 'bebouwing en wegen' beslaat een relatief geringe oppervlakte en bestaat uit boerderijen en kassen. Deze grondgebruiksklasse wordt met name verward met grasland.

Uit een visuele vergelijking van het classificatieresultaat met de topografische kaart en het satellietbeeld blijkt dat de hoofdklassen landbouw, bos, (aaneengesloten) stedelijke bebouwing en water over het algemeen redelijk tot goed naar voren komen. Wel komen binnen de bebouwde gebieden veel verspreid liggende (groepjes van) pixels voor die zijn geclassificeerd als gras of kale grond. Verspreid voorkomende bebouwing (bijv. boerderijen) is slecht geclassificeerd en wordt op grote schaal verward met kale landbouwgrond. Hierdoor komen verspreid over het landelijk gebied veel (groepjes van) pixels voor die zijn geclassificeerd als 'bebouwing en wegen' en die in werkelijkheid zowel uit bebouwing als kale landbouwgrond bestaan. In een gebied van enkele honderden hectare ten noorden van Sittard is een lichte sluierbewolking aanwezig. Door de sluierbewolking heen is het grondgebruik duidelijk waarneembaar, waardoor het mogelijk is een visuele interpretatie van het gebied uit te voeren. Het gebied is echter automatisch geclassificeerd, waardoor landbouwgebied is geclassificeerd als stedelijk gebied, en bossen als grasland.

Het bovenstaande betekent dat in het gebied dat is geclassificeerd met het TM-beeld van 14 juni 1988 het LGN-bestand alleen bruikbaar is op het niveau van de hoofdklassen bij

toepassingen op landelijke schaal. Een uitzondering vormt een gebied van enkele honderden hectare ten noorden van Sittard, waar een lichte sluierbewolking aanwezig is. In dit gebied is het grondgebruiksbestand niet bruikbaar.

tabel 30 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Reuver geclassificeerd met het satellietbeeld van 14 juni 1988.

	originele klasse- indeling	hoog aggregatie- niveau
classificatie- nauwkeurigheid	33%	45%

tabel 31 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Reuver (opnamedatum TM-beeld: 14 juni 1988)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:			
	gras	akker- bouw	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	66,6	23,7	9,3	45
akkerbouw	59,3	30,5	0,1	81
bebouwing en wegen*	34,4	7,5	58,5	18
totaal (ha)	84	37	23	143
betrouw- baarheid (%)	36	32	45	

* inclusief verspreide bomen en struiken

Referentiegebied Rozendaalse bos

Het referentiegebied Rozendaalse bos ligt ten westen van Velp, in het zuidoostelijk deel van de Veluwe en beslaat een oppervlakte van 366 ha. Het gebied bestaat grotendeels uit bos en heide. Het bosgebied bestaat overwegend uit naaldbout en een kleiner deel uit gemengd bos en loofhout. Voor de classificatie is gebruik gemaakt van het TM-beeld van

3 augustus 1986. De referentiegegevens zijn verzameld door het Staatsbosbeheer. Deze gegevens zijn vergeleken met luchtfoto's en satellietbeelden. De referentiegegevens behoeften bijna niet te worden aangepast. Een deel van de naaldbossen heeft een open structuur. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 32 en 33.

Over het algemeen zijn **loof- en naaldbos** spectraal goed van elkaar te onderscheiden en de classificatienauwkeurigheid is hoog (83,8 en 82,7% voor respectievelijk loofbos en naaldbos). Een klein deel van het loofhout is geïnclassificeerd als naaldhout. Dit gebeurt ten dele aan de randen van de percelen en verder in een bosperceel waarvan het reflectiepatroon doet vermoeden dat er gemengd bos staat. De totale oppervlakte loofhout is echter klein waardoor eventuele fouten in de referentiegegevens zwaar wegen. Een relatief groot deel van de referentieklassie naaldhout is geïnclassificeerd als 'overige natuur'. Het betreft hier voornamelijk naaldbossen met een open structuur. Het **gemengde bos** bestaat voor een groot deel uit mixed pixels van loof- en naaldbomen en is voornamelijk geïnclassificeerd als loofbos en naaldbos. De referentieklassie 'gemengd' bos is als goed geïnclassificeerd beschouwd als de betreffende pixels zijn geïnclassificeerd als loof- of naaldbos.

De klasse **heide** is zeer goed geïnclassificeerd.

Het percentage grenspixels is door de overwegend kleine bospercelen relatief hoog, namelijk 38%. Het percentage goed geïnclassificeerde grenspixels bedraagt 78 %. Toepassing van het majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 2%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 86%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geïnclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 90%.

tabel 32 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Rozendaalse bos, geïnclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	78%	80%	88%	89%	84%	86%

percentage grenspixels: 38%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van 3 x 3 majority filter: 90%

tabel 33 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Rozendaalse bos na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:				totaal (ha)
	heide	loofbos	naaldbos	overige natuur	
heide	98,7	-	0,7	0,6	71
loofbos	-	83,8	16,4	-	10
naaldbos	0,4	2,4	82,4	14,8	122
gemengd bos	-	39,6	52,7	7,7	24
Totaal (ha)	70	20	116	20	227
betrouw- baarheid (%)	99,7		99,6*	0,0	

* omdat (gemengd) bos niet kan worden onderverdeeld in naald- en loofbos zijn bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd

Referentiegebied Schoonoord

Het referentiegebied Schoonoord ligt in het oosten van de provincie Drenthe, ten noordwesten van Emmen en beslaat 1267 ha. Aardappels, bieten en in mindere mate granen zijn de belangrijkste gewassen. Daarnaast komen kleine oppervlakten gras, maïs en overige landbouwgewassen (met name peulvruchten) voor. De referentiegegevens zijn verzameld door de Provincie Drenthe en Rijkswaterstaat. De gegevens zijn gecontroleerd en zonodig gecorrigeerd met behulp van de satellietbeelden. Visuele bestudering van de satellietbeelden en de referentiekaart doet echter voor een aantal percelen nogal wat twijfel rijzen over de nauwkeurigheid van de grenzen op de definitieve referentiekaart. Het grootste deel van het referentiegebied (985 ha) is geclassificeerd met beelden van van 16 juni en 13 september 1986. Het overige deel (282 ha) is geclassificeerd met een satellietbeeld van 13 september 1986. De classificatieresultaten van beide gebieden zijn afzonderlijk gevalideerd. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 34 tot en met 37.

Het TM-beeld van 16 juni 1986 is vroeg in het groeizeizoen opgenomen. Hierdoor vertonen veel gewassen nog een onvolledige bodembedekking. Dit geldt met name voor

de aardappelen, bieten, en maïs. Bij aardappelen wisselt bovendien de bodembedekking sterk. Waarschijnlijk is er sprake van vroege en late aardappelen. Gras, (winter)granen en peulvruchten vertonen over het algemeen een volledige bodembedekking op 16 juni 1986. Tijdens de opname van het TM-beeld van 13 september 1986 waren de granen, de peulvruchten en een deel van de aardappelen reeds geoogst. Een deel van de aardappelen stond nog op het veld, zij het in wisselende stadia van afsterving. Bieten, maïs en grasland bedekten de bodem nog volledig op 13 september 1986. De enkele maïspcelen vertoonden een zeer heterogeen reflectiepatroon.

Bestudering van de confusion matrices (tabellen 35 en 37) en foutenkaarten laat zien dat de belangrijkste gewassen, **aardappelen en bieten**, redelijk tot goed zijn geclassificeerd (de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid variëren tussen ca. 68 en 98%). De goede classificatie van de bieten berust geheel op het duidelijke onderscheid van dit gewas op het beeld van 13 september. Verwarring van bieten met andere gewassen (met name aardappelen) wordt waarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door beginnende oogstwerkzaamheden. Het classificatieresultaat van aardappelen wordt negatief beïnvloed door spectrale verwarring van aardappelen met een hoge bodembedekking met (hoog) gras, door onvolledige bodembedekking van veel aardappelen in het voorjaar (16 juni beeld), waardoor onder andere verwarring optreedt met maïs, en door reeds geoogste aardappelen in het najaar (13 september beeld), waardoor onder andere verwarring optreedt met geoogste granen en peulvruchten. Verder bestaat op het voorjaarsbeeld ook enige spectrale verwarring tussen (vroege) aardappelen enerzijds en granen en peulvruchten anderzijds.

Het classificatieresultaat van **grasland** is slecht tot matig. Dat wordt vooral veroorzaakt door spectrale verwarring van (hoog) gras met aardappelen (in voor- en najaar) en in mindere mate door verwarring van (hoog) gras met granen in het voorjaar.

Het classificatieresultaat van **maïs** is matig tot slecht. Op het voorjaarsbeeld is maïs slecht te onderscheiden van andere gewassen met een geringe bodembedekking, terwijl de maïspcelen op het najaarsbeeld een zeer heterogeen reflectiepatroon vertonen.

Granen en 'overige landbouwgewassen' (met name **peulvruchten**) zijn zeer slecht geclassificeerd. Dit wordt veroorzaakt doordat op het voorjaarsbeeld spectrale verwarring optreedt tussen (winter)granen, peulvruchten, (vroege) aardappelen en (hoog) gras, terwijl tijdens de najaarsopname de granen, peulvruchten en een deel van de aardappelen reeds waren geoogst en derhalve niet meer van elkaar waren te onderscheiden. De indruk bestaat echter dat door een optimale combinatie van de classificatieresultaten van beide beelden de granen aanzienlijk beter kunnen worden geclassificeerd. Met name granen en peulvruchten enerzijds en aardappelen en hoog gras anderzijds kunnen aan de hand van het juni beeld aanzienlijk beter van elkaar worden onderscheiden.

De grondgebruiksklasse **'bebouwing en wegen'** bestaat geheel uit boerderijen en vertoont grote spectrale verwarring met kale grond. Hierdoor is de klasse 'bebouwing en wegen' voornamelijk geclassificeerd als gewassen die een geringe bodembedekking hebben in het voorjaar of al geoogst zijn in het najaar, met name aardappelen, granen en maïs. De klasse

'bebouwing en wegen' bestaat bijna geheel uit grenspixels en wordt maar voor ca. 20% goed geclassificeerd. Na filtering en verwijdering van de grenspixels verdwijnt deze klasse geheel uit het geclassificeerde beeld. De boerderijen zijn ook visueel slecht waarneembaar op het satellietbeeld.

Classificatieresultaat van het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met de satellietbeelden van 16 juni en 13 september 1986.

Van het deel van het referentiegebied dat is geclassificeerd met de beelden van 16 juni en 13 september 1986 bestaat 36% uit grenspixels (tabel 34). Hiervan is 52% correct geclassificeerd. Een deel van de foutief geclassificeerde grenspixels betreft pixels die grenzen aan een polygoon met onbekend grondgebruik. Hierdoor is niet vast te stellen of de pixel fout geclassificeerd is, of dat er alleen sprake is van een verschuiving van de grens (de pixel kan geclassificeerd zijn als het grondgebruik van de aangrenzende polygoon met onbekend grondgebruik.) Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 8%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 5%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 60%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 90%.

tabel 34 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Schoonoord, geclassificeerd met satellietbeelden van 16 juni en 13 september 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	52%	60%	55%	60%	54%	60%

percentage grenspixels: 36%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels die zijn geclassificeerd met TM-beelden van 16 juni en 13 september 1986 na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 90%

tabel 35 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Schoonoord na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedata TM-beelden: 16 juni en 13 september 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:									
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	granen	overige landbouw- gewassen	kale grond	loof- bos	water	totaal (ha)
gras	40,4	2,3	45,1	3,9	5,3	2,6	-	0,3	-	24
maïs	8,1	51,9	31,7	6,8	-	1,1	-	0,2	-	40
aardappelen	5,5	2,6	73,3	12,2	3,5	2,4	0,2	0,1	0,1	284
bieten	2,2	2,0	17,4	73,3	3,0	0,5	1,0	0,3	-	168
granen	20,2	2,5	37,6	10,8	16,1	10,2	2,1	0,1	-	73
overige landbouwgewassen	2,1	1,8	46,8	7,1	16,7	20,1	5,5	-	-	27
kale grond	-	4,2	64,6	18,8	2,1	2,1	-	8,3	-	3
water	-	-	-	-	9,8	-	-	-	90,2	3
bebouwing en wegen*	6,2	13,2	51,9	3,1	22,5	0,8	-	2,3	-	8
totaal (ha)	48	36	307	172	32	22	9	2	3	630
betrouw- baarheid (%)	20,0	58,1	67,7	71,7	36,9	25,0	0,0	0,0	90,2	

* inclusief tuinen, parken e.d.

Classificatieresultaat van het deel van het referentiegebied Schoonoord dat is geclassificeerd met het satellietbeeld 13 september 1986

Van het deel van het referentiegebied dat is geclassificeerd met het satellietbeeld van 13 september 1986 bestaat 32% uit grenspixels (tabel 36). Hiervan is 52% correct geclassificeerd. Ook hier betreft een deel van de foutief geclassificeerde grenspixels pixels die grenzen aan een polygoon met onbekend grondgebruik. Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 10%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 6%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 70%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 92%.

tabel 36 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Schoonoord, geclassificeerd met het satellietbeeld van 13 september 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	52%	62%	67%	73%	62%	70%
percentage grenspixels: 32%						

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels die zijn geclassificeerd met het TM-beeld van 13 september 1986 na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 92%

tabel 37 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Schoonoord na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 13 september 1986)

referentie-grond-gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:								
	gras	maïs	aard-appelen	bieten	granen	overige landbouw-gewassen	kale grond	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	74,9	2,5	13,5	-	4,4	4,4	-	-	20
maïs	-	68,6	20,9	-	10,5	-	-	0,2	5
aardappelen	7,4	1,5	75,5	0,9	6,9	5,1	1,0	1,0	73
bieten	1,8	4,1	9,2	81,3	0,9	0,5	-	0,6	81
granen	7,6	-	73,6	0,0	12,3	1,9	4,7	-	7
overige landbouwgewassen	4,4	4,4	55,4	3,3	1,1	13,0	18,5	-	6
totaal (ha)	22	9	75	67	8	6	3	2	192
betrouwbaarheid (%)	67,5	42,0	73,7	98,4	9,5	12,1	-	0,0	

Referentiegebied Stevensbeek

Het referentiegebied Stevensbeek ligt in het noord-westen van de provincie Noord-Brabant en beslaat 1391 ha. Het grootste deel van het referentiegebied bestaat uit landbouwgebied. Gras en maïs zijn de belangrijkste gewassen. Daarnaast komen relatief geringe oppervlakten voor met aardappelen, bieten en overige landbouwgewassen. Midden in het

gebied ligt een relatief groot oppervlak met bos en open natuurgebied. De referentiegegevens zijn verzameld door de Waterleidingmaatschappij Oost Brabant". De referentiekaart is gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van op 26 mei 1986 opgenomen zwart-wit luchtfoto's en een afdruk van het Landsat-TM beeld van 3 augustus 1986. Op de luchtfoto's was het onderscheid tussen grasland en bouwland duidelijk waarneembaar. De classificatie is uitgevoerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 38 en 39.

Het classificatieresultaat van **grasland** is goed (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 81,0 en 80,8%). Zeer kort grasland wordt geclassificeerd als kale grond. Daarnaast worden maïs, aardappelen, bieten, overige landbouwgewassen' en 'bebouwing en wegen' gedeeltelijk foutief geclassificeerd als grasland.

Het classificatieresultaat van **maïs** is redelijk (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 72,7 en 76,9%). Maïs wordt gedeeltelijk als grasland geclassificeerd. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door verdroging van de maïs. Hierdoor verandert de gewastructuur, waardoor de spectrale signatuur van maïs overlap gaat vertonen met die van kort grasland. Daarnaast worden veel (mixed) pixels waarin wegen liggen, die door grote maïsoppervlakken lopen, als grasland geclassificeerd. De foutieve classificatie van 9% van het maïsoppervlak als loofbos wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een suboptimale keuze van de trainingsgebieden. Tenslotte wordt een relatief gering gedeelte van de oppervlakken aardappelen en 'overige landbouwgewassen' en een relatief groot deel van de oppervlakte bieten foutief als maïs geclassificeerd.

Het classificatieresultaat van **aardappelen** is matig (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 62,9 en 73,6%). Aardappelen worden vooral verward met (hoog) grasland en enigszins met maïs. Bij de verwarring tussen maïs en aardappelen speelt verdroging een rol.

Het classificatieresultaat van **bieten** is zeer slecht (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 8,8 en 43,1%). Bijna 73% van de oppervlakte bieten is geclassificeerd als maïs. Dit betreffen over het algemeen homogene percelen zonder duidelijk zichtbare sporen van verdroging. De spectrale verwarring wordt veroorzaakt door de relatief hoge reflectie van bieten in de midden-infrarode band (TM-band 5). In theorie onderscheidt de reflectie van bieten zich van maïs door een relatief lage reflectie in het midden-infrarode deel van het spectrum (zie 3.4). Deze lage midden-infrarood reflectie wordt veroorzaakt door het hoge watergehalte van de bietenbladeren. Bij een hoge verdampingsvraag neemt het vochtgehalte van de bladeren echter af, waardoor de midden-infrarood reflectie toeneemt.

De referentieklasse 'overige landbouwgewassen' vormt een heterogene groep gewassen die deels nog op het veld staan en deels al geoogst zijn. Deze gewassen vertonen spectrale verwarring met bijna alle overige grondgebruiksklassen.

Er komt enige verwarring voor tussen **loof-** en **naaldbos**. Dit is ten dele terug te voeren op de bijmenging van andere boomsoorten in veel bospercelen, terwijl alleen de hoofdboomsoort in de referentiegegevens vermeld wordt. Daarnaast worden een aantal bospercelen met een open structuur (kapvlaktes, jonge aanplant, geringe beplantingsdichtheid) als 'overig natuurgebied' geclassificeerd. Een aantal van deze bospercelen past wellicht beter in de referentieklassse 'open natuurgebied'.

De referentieklassse '**overig natuurgebied**' bestaat voor een groot deel uit open, nagenoeg boomloze gebieden, die spectraal niet zijn te onderscheiden van kale landbouwgrond.

De referentieklassse '**bebouwing en wegen**' bestaat grotendeels uit verspreid liggende boerderijen. De boerderijen zijn over het algemeen visueel goed herkenbaar op het satellietbeeld. De herkenbaarheid neemt echter sterk af in gebieden waar veel, vaak kleine kale landbouwpercelen aanwezig zijn. De meeste boerderijen worden geheel of gedeeltelijk als bebouwing geclassificeerd. Ze worden spectraal vooral verward met kale grond. Bovendien worden nogal wat 'kale grond' pixels ten onrechte als bebouwing geclassificeerd.

Tenslotte valt op dat de klasse 'kale grond' te sterk is vertegenwoordigd in het geclassificeerde beeld. Naast percelen met kale grond zijn ook (delen van) percelen met kort gras als kale grond geclassificeerd. Hieruit blijkt dat de trainingsgebieden voor kale grond te ruim zijn gekozen.

Van het totaal aantal pixels bestaat 33% uit grenspixels. Hiervan is 53% goed geclassificeerd (tabel 38). Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 12%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter slechts met 4%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 67%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 85%.

tabel 38 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Stevensbeek, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	53%	65%	64%	68%	60%	67%

percentage grenspixels: 33%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 85%

tabel 39 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Stevensbeek na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:									
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	kale grond	loof- bos	naald- bos	overig natuur- gebied	bebouwing en wegen	totaal (ha)
gras	81,0	3,4	1,5	0,1	8,6	3,4	0,2	0,2	1,8	251
maïs	11,3	72,7	1,5	0,4	2,1	9,0	1,0	0,3	0,3	227
aardappelen	18,7	9,8	62,9	1,5	2,7	2,9	-	-	1,6	35
bieten	9,1	72,5	0,2	8,8	4,3	3,5	-	-	1,7	38
granen	33,9	6,2	-	-	56,9	1,5	-	-	1,5	4
overige landbouwgewassen	10,8	17,7	1,2	9,3	36,7	7,7	0,8	5,9	9,9	31
loofbos	2,0	5,8	-	-	2,0	53,8	20,4	14,5	1,5	21
naaldbos	0,5	1,0	-	-	0,8	9,2	75,9	10,6	2,1	246
(gemengd) bos	0,3	0,5	-	-	3,5	17,9	56,2	16,2	5,2	25
overig natuurgebied*	3,1	-	-	-	64,2	2,2	10,9	18,6	0,6	20
bebouwing en wegen**	17,3	2,0	0,5	-	30,6	6,1	0,4	1,3	41,8	35
totaal (ha)	252	214	30	8	69	75	210	40	34	932
betrouw- baarheid (%)	80,8	76,9	73,6	43,1	0,0	76,1***	9,2	42,5		

* inclusief verspreide bomen en struiken

** inclusief tuinen, parken e.d.

*** omdat (gemengd)bos niet kan worden onderverdeeld in naald- en loofbos zijn bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd

Referentiegebied Ulvenhout

Het referentiegebied Ulvenhout ligt in het zandgebied van west Noord-Brabant, direct ten zuiden van Breda en beslaat 3868 ha. Het gebied bestaat voor een groot deel uit landbouwgebied en gras, maïs en tuinbouwgewassen zijn de belangrijkste landbouwgewassen. In dit gebied worden de zogenaamde 'Bredase teelten' verbouwd zoals aardbeien, asperges, spruiten, kool, winterwortel e.d. Daarnaast komen grote oppervlakten voor met bos en bebouwd gebied. Een zeer groot deel van de oppervlakte bos in het referentiegebied is niet nader onderverdeeld in naald- en loofbos en is daarom ondergebracht in de referentieklassse '(gemengd) bos'. De referentieklassse 'bebouwing en wegen' bestaat voornamelijk uit de bebouwde kommen van de dorpen Ulvenhout en Galder en uit een aantal over het gebied verspreid liggende boerderijen. De referentiekaart is door medewerkers van het Staring Centrum vervaardigd aan de hand van veldwerk en de interpretatie van false colour foto's van 14 augustus 1986. De classificatie is uitgevoerd met het Landsat-TM beeld van 3 augustus 1986. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 40 en 41.

Bij projectie van de referentiekaart over het (geclassificeerde) satellietbeeld bleek dat beide beelden ten opzichte van elkaar waren verschoven. De verschuiving is niet lineair en bedraagt soms enkele pixels. Vermoedelijk is dit het gevolg van de beperkte dichtheid en onregelmatige spreiding van de 'ground control points' die zijn gebruikt bij de geometrische correctie. Wanneer bij de validatie geen rekening wordt gehouden met deze verschuiving dan worden langs veel percelen randen ten onrechte als foutief geclassificeerd beschouwd. Daarom is uitsluitend ten behoeve van de validatie van het referentiegebied de geometrische correctie van het satellietbeeld aangepast. De overall classificatienauwkeurigheid verbeterde hierdoor met 5,7%. Voor de klasse maïs, die bestaat uit een groot aantal verspreide, relatief kleine percelen, bedroeg de verbetering zelfs meer dan 10%.

Het classificatieresultaat van **grasland** en **maïs** is goed tot zeer goed (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 93,5 en 83,8% voor grasland en van respectievelijk 85,8 en 88,6% voor maïs). Beide gewassen worden onderling enigszins verward. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door verdroging van de maïs. Hierdoor verandert de gewastructuur, waardoor de spectrale signatuur van maïs overlap gaat vertonen met die van kort grasland. Lokaal worden grasland en maïs pixels langs bosranden en houtwallen als bos geclassificeerd. Omdat relatief grote oppervlakken van de maïs, 'overige landbouwgewassen' en 'bebouwing en wegen' als grasland worden geclassificeerd, is de classificatiebetrouwbaarheid van grasland aanzienlijk lager dan de classificatienauwkeurigheid.

De referentieklassse '**overige landbouwgewassen**' bestaat uit een groot aantal verschillende tuinbouwgewassen. De klasse is spectraal zeer divers en vertoont grote spectrale overlap met andere gewassen. Daarnaast hebben een groot aantal overige landbouwgewassen een lage bodembedekking of zijn reeds geoogst, waardoor op grote

schaal spectrale overlap optreedt met (zeer) kort grasland en kale grond. Het was daarom het niet mogelijk deze klasse nauwkeurig te classificeren. Uiteindelijk zijn voor deze klasse geen trainingsgebieden aangewezen.

De bossen zijn zeer goed geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van 90% en hoger). Stukken open bos worden vaak foutief geclassificeerd als grasland of bebouwing.

De referentieklassse 'bebouwing en wegen' wordt matig geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 69,5 en 71,2%). De aaneengesloten bebouwing van de dorpen Ulvenhout en Galder is grotendeels goed geclassificeerd. Open, begroeide delen binnen de bebouwde kom worden echter voornamelijk als grasland geclassificeerd. Grasland binnen bebouwde gebieden kan spectraal niet worden onderscheiden van cultuurgrasland. De boerderijen zijn over het algemeen visueel goed herkenbaar op het satellietbeeld, al treedt er enige verwarring op met kale grond. De meeste boerderijen worden ook als 'bebouwing en wegen' geclassificeerd. Er worden echter ook nog al wat kale grond pixels ten onrechte als 'bebouwing en wegen' geclassificeerd. Na filtering verdwijnen de meeste boerderijen.

Van het totaal aantal pixels bestaat 34,5% uit grenspixels. Hiervan is 70% goed geclassificeerd (tabel 40). Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 6%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 4%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 81%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 95%.

tabel 40 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Ulvenhout, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	70%	76%	80%	84%	76%	81%

percentage grenspixels: 35%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van 3 x 3 majority filter: 95%

tabel 41 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Ulvenhout na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:								totaal (ha)
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	kale grond	loof- bos	naald- bos	bebouwing en wegen	
gras	93,5	1,2	0,6	-	1,3	2,7	0,1	0,5	1110
maïs	11,3	85,8	-	0,1	-	3,6	0,1	0,1	343
aardappelen	26,5	71,6	-	-	-	1,0	1,0	-	6
overige landbouwgewassen	60,5	9,9	0,2	1,8	13,8	3,8	0,9	6,1	133
overig natuurgebied*	4,7	-	-	-	9,0	8,1	27,0	51,2	13
loofbos	1,6	0,3	-	-	0,1	95,2	2,8	0,1	89
naaldbos (gemengd)	1,5	-	-	-	0,2	6,3	89,7	2,4	39
bos	3,5	-	-	-	0,8	38,5	54,1	2,9	596
bouwland	18,2	9,3	-	32,0	-	-	0,4	-	14
bebouwing en wegen**	23,4	0,6	-	-	4,4	1,9	0,2	69,5	171
totaal (ha)	1238	332	7	8	65	370	367	167	2514
betrouw- baarheid (%)	83,8	88,6	0,0	0,0	0,0		91,1***	71,2	

* inclusief verspreide bomen en struiken

** inclusief tuinen, parken e.d.

*** omdat (gemengd)bos niet kan worden onderverdeeld in naald- en loofbos zijn bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd

Referentiegebied Veenhuizen

Referentiegebied Veenhuizen ligt in noord west Drenthe en beslaat 3683 ha. Het noorden van het gebied bestaat voornamelijk uit landbouwgebied en het zuidelijk deel voornamelijk uit bos en natuurgebied. In het noordwestelijke deel van het landbouwgebied komen voornamelijk vrij grote akkerbouwpercelen voor, terwijl in het veel kleinschaliger noordoostelijke landbouwgebied grasland- en akkerbouwpercelen elkaar afwisselen. De classificatie is uitgevoerd met een satellietbeeld van 3 augustus 1986. De referentiegegevens zijn verzameld door de provincie Drenthe en Staatsbosbeheer. De

referentiekaart is gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van zwart-wit luchtfoto's, opgenomen in het begin van het groeiseizoen van 1986 en een afdruk van de satellietbeelden. Op de luchtfoto's was het onderscheid tussen grasland en bouwland niet duidelijk waarneembaar. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 42 en 43.

Grasland wordt matig geclassificeerd (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 61,8 en 51,7%). Bestudering van de confusion matrix (tabel 43) en de error map laat zien dat grasland op grote schaal wordt verward met aardappelen, 'overige landbouwgewassen' en 'overig natuurgebied'. De verwarring van grasland en aardappelen berust voor een groot deel op de spectrale gelijkenis van hoog grasland met aardappelen. Daarnaast worden reeds geoogste of verwelkte aardappelen verward met kort grasland. De klasse 'overige landbouwgewassen' betreft voornamelijk reeds geoogste of verwelkte gewassen waardoor spectrale verwarring met kort grasland optreedt. Tenslotte treedt spectrale verwarring op tussen grasland in natuurgebieden en cultuurgrasland.

Het classificatieresultaat van **maïs, aardappelen en bieten** is matig tot slecht (de classificatienauwkeurigheid varieert tussen 40,4 en 62,3% en de classificatiebetrouwbaarheid tussen 52,9 en 65,8%). De onderlinge verwarring van maïs, bieten en aardappelen treedt voornamelijk op op percelen met een heterogeen reflectiepatroon. Vermoedelijk spelen verwelking van de aardappelen en verdroging hier een rol. Daarnaast treedt ook verwarring op tussen vrij homogene maïs- en bietenpercelen. In theorie onderscheidt de reflectie van bieten zich van maïs door een relatief lage reflectie in het midden-infrarode deel van het spectrum (TM-band 5, zie 3.4). Deze lage midden infrarood reflectie wordt veroorzaakt door het hoge watergehalte van de bietenbladeren. Bij een hoge verdampingsvraag neemt het vochtgehalte van de bladeren echter af, waardoor de midden-infrarood reflectie toeneemt. Verder vertonen aardappelen spectrale verwarring met hoog gras en vertonen (verdogende) maïs en bieten enige spectrale verwarring met (kort) grasland. Tenslotte vindt enige spectrale verwarring plaats tussen maïs, aardappelen en bieten enerzijds en 'overige landbouwgewassen' anderzijds.

De classificatienauwkeurigheid van de **granen** is hoog (89%) en de classificatiebetrouwbaarheid matig (62,6%). Met name de klasse 'bebouwing en wegen' wordt voor een groot deel als granen geclassificeerd. De verwarring tussen (aaneengesloten) stedelijk gebied en granen is later grotendeels opgelost door gebruik te maken van de thermische band (2.4.1). In dit gebied is dat nog niet gebeurd. Dit verklaart de relatief geringe classificatiebetrouwbaarheid van de granen.

De klasse 'overige landbouwgewassen' neemt slechts een oppervlakte in van 10 ha en betreft hoofdzakelijk reeds geoogste of sterk verwelkte gewassen (met name erwten). De betreffende percelen hebben een zeer heterogeen reflectiepatroon en vertonen daardoor spectrale verwarring met bijna alle landbouwgewassen. Hierdoor is de classificatiebetrouwbaarheid zeer gering, namelijk 3,8%. Dat betekent dat de geclassificeerde oppervlakte 'overige landbouwgewassen' circa 12x(!) groter is dan de in werkelijkheid

in het referentiegebied aanwezige oppervlakte. Deze 'overclassificatie' had gemakkelijk kunnen worden voorkomen door een betere keuze van de trainingsgebieden of door de betreffende klasse niet mee te nemen in de classificatie.

Het classificatieresultaat van de **bossen** is goed tot zeer goed (de classificatienauwkeurigheid van loofbos, naaldbos en gemengd bos is respectievelijk 85,3, 89,1 en 96,5% en de classificatiebetrouwbaarheid van de hoofdklasse bos is 89,6%). Spectrale verwarring van enige betekenis treedt bijna alleen op binnen de hoofdklasse bos. Enige open plekken in het bos worden geclassificeerd als gras.

De classificatienauwkeurigheid van de referentieklassse '**overig natuurgebied**' is matig (60,35). Dit wordt met name veroorzaakt doordat spectraal vaak geen onderscheid kan worden gemaakt tussen gras in natuurgebieden en cultuurgrasland. Visueel zijn de natuurgebieden echter zeer duidelijk te onderscheiden van het aangrenzende landbouwgebied.

De **boerderijen** zijn over het algemeen visueel redelijk herkenbaar op het satellietbeeld. Bijna geen enkele boerderij wordt echter als 'bebouwing' geclassificeerd.

Van het totaal aantal pixels bestaat 28% uit grenspixels (tabel 42). Hiervan is 53% correct geclassificeerd. Een aanzienlijk deel van de 'foutief geclassificeerde' grenspixels betreft pixels die grenzen aan een polygoon met onbekend grondgebruik. Hierdoor is niet vast te stellen is of de pixel fout geclassificeerd is, of dat er alleen sprake is van een geringe verschuiving van de grens (de pixel kan geclassificeerd zijn als het grondgebruik van de polygoon met onbekend grondgebruik). De overige 'fouten' in de grenspixels betreffen voor een deel de niet in de referentiekaart opgenomen houtwallen. Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 6%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 4%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 63%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 83%.

tabel 42 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Veenhuizen, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatienauwkeurigheid	53%	59%	61%	65%	59%	63%

percentage grenspixels: 28%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 83%

tabel 43 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Veenhuizen na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:										
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	granen	overige landbouw- gewassen	kale grond	loof- bos	naald- bos	overig natuur- gebied	totaal (ha)
gras	61,8	0,9	18,2	0,5	1,1	12,5	2,7	0,9	0,4	1,0	580
maïs	5,3	40,4	28,5	18,4	0,6	5,8	0,3	0,4	0,2	0,1	143
aardappelen	20,6	4,7	62,3	3,9	1,7	4,8	1,3	0,4	0,1	-	359
bieten	5,7	3,4	21,4	54,3	2,0	10,1	2,6	0,3	0,2	-	102
granen	3,1	0,3	3,1	0,2	89,0	1,7	2,2	0,6	0,1	-	113
overige landbouwgewassen	18,7	-	9,0	9,0	14,2	49,0	-	-	-	-	10
loofbos	3,4	0,1	0,4	0,1	0,6	0,1	-	85,3	9,1	0,9	126
naaldbos (gemengd)	2,3	1,1	0,3	-	0,1	0,2	0,3	6,0	89,1	9,1	194
bos	1,7	0,3	0,1	-	0,5	0,1	0,2	23,7	72,8	0,6	280
overig natuurgebied*	32,7	0,1	0,2	-	0,4	0,3	2,2	2,0	2,4	59,8	671
bebou- wing en wegen**	13,1	0,4	2,5	1,2	62,7	1,9	18,0	0,1	0,2	-	61
totaal (ha)	693	88	402	105	160	122	53	208	407	444	2652
betrouw- baarheid (%)	51,7	65,8	55,6	52,9	62,6	3,8	0,0	89,6***	90,4		

* inclusief verspreide bomen en struiken

** inclusief tuinen, parken e.d.

*** omdat (gemengd)bos niet kan worden onderverdeeld in naald- en loofbos zijn bij de berekening van de classificatiebetrouwbaarheid alle bosoppervlakken samengevoegd

Referentiegebied Wierden

Het referentiegebied Wierden ligt in Overijssel even ten westen van Almelo en beslaat 1732 ha. Een deel van het gebied bestaat uit de bebouwde kom van Wierden. De rest van het gebied bestaat voornamelijk uit landbouwgebied met grasland- en maïspcelen. Voor een deel van het referentiegebied (878 ha) is gebruik gemaakt van het satellietbeeld van 3 augustus 1986. Het overige gebied (854 ha), waarvan het satellietbeeld van 3 augustus 1986 bewolkt was, is geclassificeerd met het satellietbeeld van 16 juni 1986. Het uitsnijden van de beelden is echter nogal onzorgvuldig gebeurd, waardoor op delen van het gebruikte 3 augustus beeld nog duidelijk bewolking aanwezig is. De referentiegegevens zijn door de Stichting voor Bodemkartering verzameld het kader van een grondwaterbeschermingsstudie. De referentiekaart is gecontroleerd en gecorrigeerd aan de hand van op 27 februari 1986 opgenomen zwart-wit luchtfoto's en een afdruk van de

satellietbeelden. Op de luchtfoto's was het onderscheid tussen grasland en bouwland niet duidelijk waarneembaar. Omdat voor de classificatie TM-beelden van twee datums zijn gebruikt, zijn de classificatieresultaten voor beide datums afzonderlijk geëvalueerd. De resultaten van de validatie zijn weergegeven in de tabellen 44 tot en met 47.

Classificatieresultaat van het deel van het referentiegebied Wierden dat is geïnclassificeerd met het satellietbeeld van 16 juni 1986

Op het 16 juni beeld is de bodembedekking van maïs nog zeer gering. Deze percelen zijn over het algemeen spectraal gemakkelijk van grasland te onderscheiden. De classificatieresultaten van gras en maïs zijn dan ook redelijk tot goed (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 89,8 en 90,0% voor grasland en van respectievelijk 83,7 en 61,0% voor maïs). Een aantal graslandpercelen zijn echter nog kaal op het juni beeld. Waarschijnlijk betreffen dit gescheurde graslandpercelen. Dit veroorzaakt voor een belangrijk deel de foutieve classificatie van grasland als maïs en de relatief lage classificatiebetrouwbaarheid van maïs. Daarnaast treedt enige spectrale verwarring op tussen maïs en (zeer) kort gras.

De referentieklassie 'bebouwing en wegen' omvat een deel van de bebouwde kom van Wierden en een aantal verspreid liggende boerderijen. De 'classificatiefouten' binnen de bebouwde kom betreffen open plekken met stedelijk groen. Bomen en gras in stadsparken en villawijken zijn spectraal niet te onderscheiden van bomen in natuurgebieden en cultuurgrasland. De boerderijen zijn visueel slecht tot matig herkenbaar op het juni beeld. Spectraal komen de boerderijen overeen met kale grond.

Van het totaal aantal pixels bestaat 31,6 % uit grenspixels. Hiervan is 71% correct geïnclassificeerd (tabel 44). Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 6%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 2%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 80%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geïnclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 92%.

tabel 44 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Wierden, geclassificeerd met het satellietbeeld van 16 juni 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	71%	77%	80%	82%	77%	80%

percentage grenspixels: 32%

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels, geclassificeerd met het TM-beeld van 16 juni 1986, na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 92%

tabel 45 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Wierden na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 16 juni 1986)

referentie-grond-gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:						totaal (ha)
	gras	maïs	loofbos	naaldbos	overig natuurgebied	bebouwing en wegen	
gras	89,8	9,7	0,4	-	-	-	368
maïs	15,3	83,7	-	-	-	-	86
loofbos	6,2	-	93,2	-	-	-	20
naaldbos	-	-	82,1	-	-	-	2
overig natuurgebied*	60,9	6,5	32,6	-	-	-	9
bebouwing en wegen**	17,0	8,4	15,4	-	-	58,9	94
totaal (ha)	367	118	40	0	1	57	581
betrouwbaarheid (%)	90,0	61,0	46,6	-	0,0	97,1	

* inclusief verspreide bomen en struiken

** inclusief tuinen, parken e.d.

Classificatieresultaat van het deel van het referentiegebied Wierden dat is geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

De aanwezige wolken op het 3 augustus beeld zijn grotendeels als kort gras of kale grond geclassificeerd en de wolvenschaduwen als bos of stedelijk gebied. Dit verklaart voor een groot deel de opgetreden verwarring tussen gras, maïs, bos en bebouwd gebied (tabel 47). Omdat het effect van bewolking op de classificatie een zeer lokaal karakter heeft, mag worden aangenomen dat het classificatieresultaat van een zandgebied met **grasland** en **maïs** als enigste landbouwgewassen in werkelijkheid enigszins hoger ligt. Het classificatieresultaat van maïs en grasland wordt ook enigszins beïnvloed door optredende verdroging van maïs. Hierdoor verandert de gewastructuur, waardoor de spectrale signatuur van maïs overlap gaat vertonen met die van kort grasland. Ondanks bovengenoemde beperkingen is het classificatieresultaat van grasland en maïs redelijk tot goed (classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van respectievelijk 88,8 en 85,1% voor grasland en van respectievelijk 64,6 en 77,7% voor maïs).

De referentieklassse '**bebouwing en wegen**' omvat grotendeels de bebouwde kom van Wierden en slechts enkele boerderijen. Dat verklaart de hoge classificatienauwkeurigheid (92,1%) en -betrouwbaarheid (94,3%). De boerderijen zijn over het algemeen visueel redelijk herkenbaar op het satellietbeeld. Ze worden echter maar voor een deel als 'bebouwing en wegen' geclassificeerd. Er worden echter ook nog al wat verspreide pixels ten onrechte als bebouwing geclassificeerd. Na filtering verdwijnen de meeste boerderijen.

De referentieklassse '**overig natuurgebied**' bestaat uit één aaneengesloten natuurgebiedje dat grotendeels 'foutief' geclassificeerd wordt als grasland en bos. Binnen dit gebiedje komen inderdaad nogal wat verspreide bomen en met name open stukken met grasland voor. Spectraal is dit grasland niet te onderscheiden van cultuurgrasland.

Van het totaal aantal pixels bestaat 25,6% uit grenspixels. Hiervan is 71% correct geclassificeerd (tabel 46). Toepassing van een 3 x 3 majority filter verbetert de (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de grenspixels met 8%. De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van de overige pixels verbetert door toepassing van het majority filter met 4%.

De (geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels bedraagt na filtering 83%. Wanneer de ligging van de afzonderlijke pixels niet in de beschouwing wordt betrokken, maar alleen de oppervlakten van de klassen in het geclassificeerde satellietbeeld worden vergeleken met die op de referentiekaart dan bedraagt de (niet geografische) 'overall' classificatienauwkeurigheid 94%.

tabel 46 Geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van het referentiegebied Wierden, geclassificeerd met het satellietbeeld van 3 augustus 1986

	grenspixels		overige pixels		alle pixels	
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
classificatie-nauwkeurigheid	71%	79%	80%	84%	78%	83%
percentage grenspixels: 26%						

Niet geografische 'overall' classificatienauwkeurigheid van alle pixels, geclassificeerd met het TM-beeld van 3 augustus 1986, na toepassing van een 3 x 3 majority filter: 94%

tabel 47 Confusion matrix en de classificatienauwkeurigheid en -betrouwbaarheid van het referentiegebied Wierden na toepassing van een 3 x 3 majority filter, zonder grenspixels (opnamedatum TM-beeld: 3 augustus 1986)

referentie- grond- gebruik	percentage pixels geclassificeerd als:									totaal (ha)
	gras	maïs	aard- appelen	bieten	kale grond	loof- bos	naald- bos	overig natuur- gebied	bebouwing en wegen	
gras	88,8	3,2	0,5	-	1,3	0,9	1,9	0,4	2,9	320
maïs	29,2	64,6	-	1,2	-	0,3	2,7	-	0,4	77
loofbos	12,1	0,7	-	-	-	15,9	66,7	-	4,6	8
naaldbos	4,8	3,1	-	-	-	15,2	75,8	1,1	-	22
overig natuurgebied*	69,7	-	-	-	-	5,9	10,7	5,5	8,1	17
bebouwing en wegen**	6,2	-	-	-	-	-	0,9	-	92,1	207
totaal (ha)	334	64	2	1	4	9	35	2	202	650
betrouw- baarheid (%)	85,1	77,7	0,0	0,0	0,0	14,1	47,6	46,8	94,4	

* inclusief verspreide bomen en struiken

** inclusief tuinen, parken e.d.

**AANHANGSEL 3 VERGELIJKING VAN DE LGN-DATABANK MET DE
LANDBOUWSTATISTIEKEN VAN HET CBS VOOR DE 14
CBS-HOOFDLANDBOUWGEBIEDEN**

Voor de 14 CBS-hoofdlanbouwggebieden zijn voor de klassen gras, maïs, aardappelen, bieten, granen, overige landbouwgewassen, boomgaard, kale grond en bollen de oppervlakten in de LGN-databank en uit de CBS-landbouwstatistieken van 1986 gegeven. Verder is per grondgebruiksklasse het verschil in oppervlak tussen de LGN-databank en de landbouwstatistieken gegeven. Tenslotte is per grondgebruiksklasse het quotiënt van de oppervlakte in de LGN-databank en de oppervlakte in de CBS-landbouwstatistieken gegeven. Bij de vergelijking van het LGN-bestand met de landbouwstatistieken is het niet gefilterde LGN-bestand gebruikt.

Noordelijk zeekleigebied

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	59661	77678	18017	130
maïs	1145	148	-997	13
aardappelen	18708	17717	-991	95
bieten	16209	15848	-361	98
granen	38618	41902	3284	109
overige landb.	12450	15164	2714	122
boomgaard	160	83	-77	52
kale grond	1042	1088	46	104
bollen	71	0	-71	0
Totaal	148064	169628	21564	115

Hollandse- en IJsselmeerpolders

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	22815	54690	31875	240
maïs	2318	1105	-1213	210
aardappelen	30363	29800	-563	98
bieten	25612	22836	-2776	89
granen	34913	44461	9548	127
overige landb.	23734	17328	-6406	73
boomgaard	2245	3113	868	139
kale grond	1282	5719	4437	446
bollen	3956	3393	-563	86
Totaal	147238	182445	35207	124

Zuidwestelijk zeekleigebied

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	32131	81381	49250	253
maïs	5947	1303	-4644	22
aardappelen	33977	41350	7373	122
bieten	32038	38818	6780	121
granen	51643	58761	7118	114
overige landb.	50006	41863	-8143	84
boomgaard	4828	4804	-24	100
kale grond	402	16199	15797	4030
bollen	1141	23	-1118	2
Totaal	212113	284502	72389	134

Rivierkleigebied

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	99494	112418	12924	113
maïs	13122	13111	-11	100
aardappelen	1929	6139	4210	318
bieten	4156	2817	-1339	68
granen	3774	7437	3663	197
overige landb.	3220	850	-2370	26
boomgaard	7496	14243	6747	190
kale grond	855	3026	2171	354
bollen	12	0	-12	0
Totaal	134058	160041	25983	119

Lössgebied

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	15013	24063	9050	160
maïs	4663	0	-4663	0
aardappelen	1559	146	-1413	9
bieten	5607	2817	-2790	50
granen	5738	4845	-893	84
overige landb.	600	76	-524	13
boomgaard	1531	2893	1362	189
kale grond	45	9800	9755	21778
bollen	1	0	-1	0
Totaal	34757	44640	9883	128

Noordelijk weidegebied

grond-gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	163329	198954	35625	122
maïs	4345	3708	-637	85
aardappelen	1738	2983	1245	172
bieten	615	1120	505	182
granen	1133	1603	470	141
overige landb.	742	758	16	102
boomgaard	24	0	-24	0
kale grond	144	11785	11641	8184
bollen	20	0	-20	0
Totaal	172090	220911	48821	128

Westelijk weidegebied

grond-gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	169501	226817	57316	134
maïs	3577	2599	-978	73
aardappelen	3753	2967	-786	79
bieten	2739	2972	233	109
granen	3447	5327	1880	155
overige landb.	4331	5915	1584	137
boomgaard	2027	3987	1960	197
kale grond	568	6576	6008	1158
bollen	2991	3076	85	103
Totaal	192934	260236	67302	135

Noordelijk zandgebied

grond-gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	176027	234716	58689	133
maïs	21818	22634	816	104
aardappelen	27914	21169	-6745	76
bieten	12383	12333	-50	100
granen	5253	7065	1812	134
overige landb.	5367	3213	-2154	60
boomgaard	26	0	0	0
kale grond	199	2174	1975	1092
bollen	13	0	-13	0
Totaal	249000	303304	54304	122

Oostelijk zandgebied

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	147476	175030	27554	119
maïs	46417	46674	257	101
aardappelen	3486	4380	894	126
bieten	2465	2646	181	107
granen	1134	494	-640	44
overige landb.	1056	851	-205	81
boomgaard	13	818	805	6292
kale grond	116	3423	3307	2951
bollen	13	0	-13	0
Totaal	202176	234316	32140	116

Centraal zandgebied

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	65284	91335	26051	140
maïs	10064	9031	-1033	90
aardappelen	798	784	-14	98
bieten	956	404	-552	42
granen	1186	1070	-116	90
overige land.	699	62	-637	9
boomgaard	192	818	626	426
kale grond	108	5650	5542	5231
bollen	14	0	-14	0
Totaal	79301	109154	29853	138

Zuidelijk zandgebied

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	154803	221967	67164	143
maïs	78619	77359	-1260	98
aardappelen	8274	8620	346	104
bieten	18302	6433	-11869	35
granen	8132	6035	-2097	74
overige landb.	20157	7145	-13012	35
boomgaard	1453	2140	687	147
kale grond	844	40357	39513	4782
bollen	725	0	-725	0
Totaal	291309	370056	78747	127

Veenkoloniën

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	15020	34219	19199	228
maïs	3939	3690	-249	94
aardappelen	31159	27720	-3439	89
bieten	16738	16396	-342	98
granen	11243	12421	1178	110
overige land.	7100	7978	878	112
boomgaard	6	0	-6	0
kale grond	179	827	648	462
bollen	17	0	-17	0
Totaal	85401	103251	17850	121

Overig Noord-Holland

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	17487	24615	7128	141
maïs	91	72	-19	79
aardappelen	1869	495	-1374	26
bieten	248	40	-208	16
granen	402	926	524	230
overige landb.	5697	9644	3947	169
boomgaard	832	1160	328	139
kale grond	300	1316	1016	439
bollen	4049	1593	-2456	39
Totaal	30975	39861	8886	129

Overig Zuid-Holland

grond- gebruik	oppervlakte CBS (ha)	oppervlakte LGN (ha)	verschil LGN-CBS (ha)	quotient LGN/CBS (%)
gras	3169	7183	4014	227
maïs	16	52	36	325
aardappelen	125	61	-64	49
bieten	46	136	90	296
granen	246	210	-36	85
overige landb.	1377	176	-1201	13
boomgaard	1	0	-1	0
kale grond	267	1522	1255	570
bollen	2464	2936	472	119
Totaal	7711	12276	4565	159

AANHANGSEL 4 KOSTEN-BATEN ANALYSE

Kosten Baten analyse
Landelijke Grondgebruikclassificatie
van Nederland

Oktober 1990

DHV Consultants BV

INHOUD

- 1 INLEIDING
 - 1.1 Doelstelling kosten en baten analyse
 - 1.2 Kosten en baten
- 2 POTENTIEEL GEBRUIK VAN HET LGN-GEGEVENSBESTAND
 - 2.1 Centrale Overheid
 - 2.1.1 Centraal Bureau voor de Statistiek
 - 2.1.2 Ruimtelijke ordening
 - 2.1.3 Landbouw
 - 2.1.4 Milieu
 - 2.1.5 Defensie
 - 2.2 Provincies
 - 2.3 Gemeenten
 - 2.4 Waterschappen
 - 2.5 Drinkwaterbedrijven
 - 2.6 Zware industrie, agribusiness en op exploratie gerichte ondernemingen
 - 2.7 Atlasproducenten
 - 2.8 Beheerders van commerciële databanken
 - 2.9 Onderwijs
- 3 ACTUEEL GEBRUIK VAN HET LGN-GEGEVENSBESTAND
 - 3.1 Algemeen
 - 3.2 Gebruik van LGN-gegevensbestand op nationaal niveau
 - 3.3 Gebruik van LGN-gegevensbestand op provinciaal niveau
 - 3.4 Gebruik van LGN-gegevensbestand op lokaal niveau
- 4 EVALUATIE VAN KOSTEN EN GEBRUIKSWAARDE VAN GRONDGEBRUIKSINFORMATIE
 - 4.1 Algemeen
 - 4.2 Kosten van produktie van LGN-achtige informatie in samenhang met de wijze van produktie
 - 4.2.1 Classificatie met behulp van uitsluitend zomeropnamen
 - 4.2.2 Classificatie met gebruik van meerdere satellietopnamen
 - 4.2.3 Combinatie met topografische kaarten
 - 4.2.4 Combinatie met andere gegevensbestanden
 - 4.3 Gebruikswaarde
- 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1 INLEIDING

1.1 Doelstelling kosten en baten analyse

Deze studie heeft ten doel de kosten en baten te analyseren van het LGN-gegevensbestand. De elementen van deze analyse zijn de volgende:

- Inventarisatie van toepassingen en gebruikers van grondgebruiksgegevens. Nagegaan dient te worden hoeveel waarde de gebruikers toekennen aan recente grondgebruiksgegevens.
- Kostenraming van een grondgebruiksclassificatie met conventionele methodes en van één waarin satellietbeelden een belangrijke rol spelen.
- Evaluatie van de gebruikte methodiek en inleidende formulering van alternatieven om de project werkzaamheden economischer of meer op de vragen uit de markt gericht, uit te voeren.

1.2 Kosten en Baten

De gekoppelde begrippen kosten en baten hebben in deze studie betrekking op de vraag of het vervaardigen van de in het LGN-gegevensbestand vastgelegde informatie de moeite waard is. Een dergelijke vraag is eenduidig te beantwoorden wanneer er één concrete afnemer van het produkt is. Deze afnemer stelt zich daartoe de volgende vragen:

- Voldoet het produkt aan de kwaliteitseisen?
- Zijn de kosten van het produkt met de kwaliteit in overeenstemming?
- Is het produkt operationeel en kan de afnemer er over beschikken wanneer dat gewenst is?
- Kan de afnemer op een zinvolle wijze met de geleverde informatie omgaan?

Echter, voor het LGN-gegevensbestand, delen of afgeleiden daarvan bestaan vele potentiële afnemers, die ieder voor zich de bovengenoemde vragen op een andere manier beantwoorden. Dit maakt een eenduidige beantwoording van bovenomschreven vragen onmogelijk. Gepoogd wordt in deze studie namens de verschillende categorieën (potentiële) afnemers afzonderlijk een antwoord op de vragen te geven. De volgende categorieën afnemers zijn onderscheiden:

- Nationale onderzoekslaboratoria en beleidscentra op het gebied van milieu, landbouw, ruimtelijke ordening en defensie
- Het Centraal Bureau voor de Statistiek
- Provinciale overheden
- Gemeentelijke overheden
- Waterschappen
- Nutsbedrijven
- Bedrijfsschappen
- Zware industrie en agribusiness ondernemingen
- Atlasproducenten
- Beheerders van commerciële databanken
- Onderwijs

De beantwoording van bovengenoemde vragen, namens de diverse categorieën afnemers, is tamelijk hypothetisch. Dit is met name het geval wanneer het de gebruiksmogelijkheden van het LGN-gegevensbestand betreft in de uitvoering van taken die nieuw zijn voor een organisatie. In een dergelijk geval bestaat geen referentiekader ten aanzien van kosten en baten.

In hoofdstuk 2 wordt getracht de vraag te beantwoorden voor wie het LGN-bestand van betekenis is. Hier wordt ingegaan op de verschillende categorieën afnemers en tevens op de organisatorische aspecten met betrekking tot het aspect "op zinvolle wijze omgaan met de informatie". In hoofdstuk 3 wordt het in oktober '90 bekende, gerealiseerde of als plan aanwezige gebruik geïnventariseerd. In hoofdstuk 4 worden kosten en gebruikswaarde van LGN-informatie geëvalueerd terwijl in hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen zijn neergelegd.

2 POTENTIEEL GEBRUIK VAN HET LGN-GEGEVENSBESTAND

2.1 Centrale Overheid

Met name voor organisaties die tot de centrale overheid van Nederland behoren geldt dat de informatiestromen zodanig groot worden dat het gebruik van niet-geautomatiseerde gegevensbestanden in de praktijk onmogelijk wordt. Gezien het feit dat LGN-informatie digitaal geproduceerd wordt is deze drempel voor het gebruik weggenomen.

2.1.1 **Centraal Bureau voor de Statistiek**

Het CBS produceert, analyseert en distribueert informatie. Grondgebruik is ook voor het CBS een belangrijke variabele inzake de op landbouw- en milieu gerichte statistieken. De LGN-informatie kan voor het CBS een verbreding van de basis betekenen waarop dergelijke statistieken gestoeld zijn.

2.1.2 **Ruimtelijke ordening**

In de ruimtelijke ordening wordt op nationale schaal geografische informatie gebruikt met allerlei doelstellingen. Het gebruik van geografische informatiesystemen is met name bij de Rijks Planologische Dienst ver voortgeschreden. Aan de hand van de geleverde informatie zal duidelijk moeten worden of toekomstige LGN-produkten voor de RPD van direct belang zijn.

2.1.3 **Landbouw**

De nederlandse landbouw kent een groot aantal problemen. Voor de planvorming is de aanwezigheid van een geografisch gegevensbestand met actueel grondgebruik waarschijnlijk uiterst relevant. Tevens heeft het Ministerie van Landbouw een aantal inspectie taken om de inachtneming van bepaalde regelingen te controleren (A.I.D.). In principe kunnen er methodes ontwikkeld worden om de efficiëntie van

deze inspecties te verhogen door gebruik te maken van LGN-informatie. Hierbij wordt aangetekend dat om tot concrete verbalisering over te gaan, de nauwkeurigheid van het LGN-gegevensbestand beslist onvoldoende is. Voor dit doel moeten de gegevens natuurlijk voor 100% betrouwbaar zijn.

2.1.4 Milieu

Het gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen hangt samen met het grondgebruik. De milieu-effecten van deze stoffen kunnen bestudeerd worden door LGN-informatie te combineren met andere gegevens. Ook kunnen veranderingen in grondgebruik (bij- voorbeeld de hoeveelheid natuur per eenheid van oppervlak) direct indicatief zijn inzake monitoring van het milieugesteldheid.

2.1.5 Defensie

Actuele topografische informatie is van groot belang voor het Ministerie van Defensie. De procedure voor de actualisering van topografische kaarten is tamelijk lang. Mogelijk kan LGN-(vlak)informatie in combinatie met topografische kaarten leiden tot een semi-geactualiseerde topografische kaart. Anderzijds geldt dat in bijvoorbeeld simulaties van militaire operaties een digitale grondgebruikskaart een waardevolle ondergrond kan zijn.

2.2 Provincies

Voor de provincies geldt eveneens dat in toenemende mate gebruik wordt gemaakt van geautomatiseerde informatie. Een groot aantal provincies zijn LGN-afnemers. De bij het LGN-project betrokken diensten van deze provincies houden zich bezig met de:

- milieuzorg
- waterhuishouding
- bodembescherming
- ruimtelijke ordening

De toepassingsgebieden van de LGN-informatie liggen zowel op de in algemene termen beschreven mogelijkheden op nationaal niveau, als ook in de uitvoering van specifiek provinciale taken op dit gebied. In potentie is het aantal toepassingsgebieden zeer groot. Met name kan de informatie benut worden in de opstelling en toetsing van plannen en beleid op bovenstaande werkgebieden. Natuurlijk is de betrouwbaarheid van de informatie van het LGN-gegevensbestand aan hogere eisen gebonden dan voor nationale instanties geldt.

2.3 Gemeenten

Wanneer gemeenten een grotere uitvoerende taak krijgen in de handhaving van allerlei op milieubescherming gerichte wetten wordt grondgebruiksinformatie van het landelijk gebied voor deze instanties van belang. Op dit moment is de nauwkeurigheid van het LGN-gegevensbestand niet hoog genoeg voor rechtstreekse toepassing op gemeentelijke schaal.

2.4 Waterschappen

In het vaststellen van waterschapsheffingen is in het verleden in hoofdzaak uitgegaan van het niveau waarop het waterpeil beheerst wordt. Door vele waterschappen wordt nu echter overwogen om tevens het grondgebruik in de vaststelling van de heffing een plaats te doen toekomen. De overwegingen die voor deze wijziging van beleid een rol spelen, hebben betrekking op het beheer van waterkwaliteit en -kwantiteit in relatie tot gewastype, bestrijdingsmiddelen, mestgift e.d. Tevens geldt dat vele waterschappen reorganiseren, waardoor ook het gebruik van nieuwe informatiebronnen zoals het LGN-gegevensbestand gemakkelijker geïncorporeerd kan worden in de nieuw ontstane organisatie.

2.5 Drinkwaterbedrijven

Om de kwaliteit van bronnen voor drinkwaterwinning in grond- of oppervlaktewater te bewaken zijn drinkwaterbedrijven geïnteresseerd in grondgebruiks-informatie. Deze informatie dient echter zeer betrouwbaar te zijn om inspectie mogelijk te maken. Het is niet realistisch te veronderstellen dat LGN-informatie rechtstreeks voor deze toepassing gebruikt kan worden. Een nadere analyse, uitgebreide veldcontrole en combinatie met informatie uit andere bronnen kan wel de gewenste informatie verschaffen.

2.6 Zware industrie, agribusiness en op exploratie gerichte ondernemingen

Industriële activiteiten betekenen een risico voor de omgeving. Een bedrijf kan inzake calamiteiten, effecten van uitstoot van een bedrijf of van het boren naar olie of gas en bijbehorende schaderegelingen geïnteresseerd zijn in het grondgebruik in de omgeving.

2.7 Atlasproducenten

Atlasproducenten werken met name voor de consumentenmarkt, maar daarnaast zijn er natuurlijk de professionele gebruikers uit bovengenoemde categorieën, die ook soms van een atlas gebruik maken en een dergelijke atlas dus zeker zullen aanschaffen. De interesse van atlasproducenten spitst zich toe op grondgebruiks-informatie in cartografische vorm.

2.8. Beheerders van commerciële databanken

Geo-informatie krijgt in dit tijdperk ook een commerciële betekenis. Koop en verkoop van informatie vindt plaats. Een voorbeeld vormen de onderdelen van de Grootchalige Basiskaart van Nederland, waarbij steeds een aantal partijen een digitaal bestand met allerlei geo-informatie samenstellen dat per onderdeel verkocht wordt. Ook vanuit de invalshoek routing, logistiek bestaat deze commerciële interesse. Het is niet ondenkbaar dat de beheerders van databanken van geo-informatie ook geïnteresseerd zijn in grondgebruiks-informatie.

2.9 Onderwijs

In het hoger onderwijs komen geo-informatie systemen in toenemende mate aan de orde. Hierbij speelt ook het gebruik van voorbeeld datasets een rol. Het LGN-gegevensbestand kan als voorbeeld in deze zin een waarde hebben. Het LGN-gegevensbestand kan mogelijk ook een basis zijn voor een nieuwe schoolkaart.

3 ACTUEEL GEBRUIK VAN HET LGN-GEGEVENSBESTAND

3.1 Algemeen

In het onderstaande wordt ingegaan op het actuele en geplande gebruik van het LGN-gegevensbestand.

Grondgebruiks informatie werd tot aan het eind van de 80-er jaren slechts in zeer beperkte mate gebruikt. De belangstelling voor dit type informatie is relatief recent, zeker wanneer het informatie met een grote mate van geografisch detail betreft. Het actuele en geplande gebruik van grondgebruiks informatie blijft echter sterk achter bij de verwachting van DHV, maar ook bij de verwachting van het Staring Centrum en van de BCRS.

Ondanks een zeer intensieve en jarenlange bewerking van de in hoofdstuk 3 genoemde organisaties is slechts een zeer beperkt aantal van deze organisaties overgegaan tot de afname van LGN-informatie.

In tabel 48 wordt het aantal actuele afnemers van het LGN-gegevensbestand gepresenteerd alsmede het aantal gecontacteerde organisaties. Uit deze tabel blijkt dat de gemiddelde score slechts 2,5% bedraagt. De gemeenten en waterschappen zijn slechts door middel van een direct mailing campagne benadert, die wel een telefonisch vervolg heeft gekend met een twintigtal instanties, maar die niet tot verkopen heeft geleid. Alle andere contacten omvatten behoudens de schriftelijke contacten eveneens telefoongesprekken, alsmede een groot aantal bezoeken. Daarnaast is op een 20-tal gelegenheden bekendheid gegeven aan het produkt (lezingen, seminars, posters, stands).

Tabel 48 Marktcontacten en verkopen van LGN-informatie per categorie potentiële gebruikers

	Aantal verkopen	Aantal contacten
Centrale overheid	6	15
Provincies	7	12
Gemeenten	0	450
Waterschappen	0	50
Waterleidingmaatschappijen	1	20
Industrie, agri-business	0	5
Atlasproducenten	1	2
Beheerders van comm. databases	0	2
Totaal	14	566

3.2 Gebruik van LGN-gegevensbestand op nationaal niveau

Het Centraal Bureau voor de Statistiek onderzoekt de mogelijkheden om de LGN-gegevens te gebruiken om als aanvulling op de bodemstatistiek een nauwkeurige verdeling akkerland/grasland voor gridcellen van 500 * 500 meter vast te stellen. Dit zeer beperkte gebruik van de LGN-data rechtvaardigt voor het CBS een onvolledige bijdrage in de kosten van het LGN-gegevensbestand.

De Dienst Binnenwateren van Rijkswaterstaat (RIZA) zal de informatie benutten in de opstelling van de 4e Nota Waterhuishouding.

Door het Staring Centrum wordt het LGN-bestand onder andere gebruikt in een project dat tot doel heeft fosfaatverzadigde gronden in kaart te brengen.

Het RIVM zal de gegevens onder andere gebruiken in de studie naar ammoniak emissies in gebieden met intensieve veehouderij alsmede de studies naar de uitspoeling van meststoffen naar het grondwater.

De wijze van gebruik door andere nationale gebruikers is op dit moment niet bekend. Wel is duidelijk dat mogelijk gebruik van het gegevensbestand steeds gekoppeld is aan combinatie met andere informatie in een geografisch informatie systeem.

3.3 Gebruik van het LGN-gegevensbestand op provinciaal niveau

Op provinciaal niveau worden LGN-gegevens gebruikt in een aantal studies omtrent ruimtelijke ordening (Zuidelijke Betuwe, Gelderland), waterhuishouding en milieu (bodem- en grondwaterbescherming) zoals inzake de inventarisatie van grondwaterbeschermingsgebieden en stroomgebieden (Overijssel en Noord-Brabant en Drenthe). In de projecten waarin door DHV afgeleide LGN-informatie is geleverd, is dat gebeurd in twee fasen. In eerste instantie worden ruwe gegevens geleverd. Nadat specialisten van de provincie met grote veldkennis commentaar hebben geleverd op de resultaten vindt correctie van het gegevensbestand plaats en wordt de uiteindelijke gewenste informatie geleverd. De correcties worden tevens aangebracht in het oorspronkelijke LGN-gegevensbestand.

Het is op dit moment in veel gevallen nog onduidelijk op welke wijze dit gebruik concreet vorm zal krijgen. Ook in dit geval van toepassing van LGN-informatie door provincies gebeurt dat in het licht van GIS-toepassingen in de toekomst en door combinatie met andere gedigitaliseerde informatie.

De bij het project betrokken afdeling van de provincie Flevoland heeft te kennen gegeven dat de LGN-informatie in het werk van deze afdeling niet gebruikt zal worden gezien onvolkomendheden van het gegevensbestand.

Nazorg inzake het gebruik van LGN-informatie behoort niet tot de LGN-projectactiviteiten. Dit wordt door DHV gezien als een tekortkoming in het project en zou mogelijkserwijs een onderdeel kunnen vormen van vervolgactiviteiten in het kader van het Nationaal Remote Sensing Programma.

3.4 Gebruik van LGN-gegevensbestand op lokaal niveau

Toepassing van bodemgebruiksgegevens vindt plaats in het kader van beperkende maatregelen inzake de relatie grondgebruik en verzuring en buffering voor grondwaterkwaliteit en ook in inspectie van bodemgebruik. Het is duidelijk dat de bodemgebruiksgegevens voor deze toepassing aan zeer hoge betrouwbaarheidseisen moet voldoen.

In de praktijk is hier tot nu toe invulling aan gegeven door de resultaten voor aflevering kritisch in detail te bestuderen en aan te passen daar waar waarneembare fouten optreden, zonder dat echter veldcontrole plaatsvindt.

Inmiddels is gebleken dat er een kleine maar harde markt ontstaan is voor zeer recente bodemgebruiksgegevens die met behulp van satellietopnamen en veldwerk wordt verkregen in inspectiewerkzaamheden. Het is echter evenzeer duidelijk dat een nationaal gegevensbestand niet de gewenste actualiteit of nauwkeurigheid kan hebben om dit gebruik in een operationele situatie toe te staan. In voorkomende gevallen moet de uiteindelijke informatie in september/ oktober worden geleverd. Een nationaal gegevensbestand zou niet voor december van het jaar van uitvoering gereed kunnen zijn.

4 EVALUATIE VAN KOSTEN EN GEBRUIKSWAARDE VAN GRONDGEBRUIKSINFORMATIE

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een vergelijking gemaakt tussen de kosten van de vervaardiging van het LGN-gegevensbestand met de kosten van op andere wijze plaatsvindende inventarisatie van grondgebruik. Enerzijds wordt een indicatie gegeven van kosten die de vervaardiging van een nationaal gegevensbestand met zich zou brengen en anderzijds wordt getracht een beeld te vormen van de gebruikswaarde van LGN-achtige informatie.

4.2 Kosten van productie van LGN-achtige informatie in samenhang met de wijze van productie

4.2.1 **Classificatie met behulp van LGN-achtige informatie in samenhang met de wijze van productie**

In Tabel 49 zijn de kosten gepresenteerd van vervaardiging van een LGN-gegevensbestand dat op min of meer dezelfde wijze wordt vervaardigd als het huidige LGN-gegevensbestand, gebaseerd op satellietopnamen van het zomerseizoen. Deze gegevens zijn afkomstig van een door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) en DHV in 1987 uitgevoerde studie. Naar schatting liggen de kosten van een dergelijk project anno 1990 circa 20% hoger. Een nationale classificatie zou dan circa 700.000 gulden kosten indien deze gebaseerd is op éénmalige satellietopnamen van uitsluitend het zomerseizoen.

LGN-informatie kan ook via luchtopnamen (vanuit vliegtuig of helikopter) en veldverkenning verkregen worden. De methode van informatievergaring m.b.v. luchtopnamen is bij geen enkele gebiedsgrootte concurrerend. Veldverkenningen in combinatie met de topografische kaart zijn al snel kostbaarder, wanneer het te inventariseren gebied groter is dan 3000 a 7.500 hectare, in functie van de schaal en diversiteit van het landschap.

De drie methoden van verzameling van grondgebruiksgegevens en productie van een gegevensbestand zijn ieder verschillend ten aanzien van de mogelijk haalbare betrouwbaarheid, waarbij de betrouwbaarheid van de met veldverkenning te verzamelen gegevens natuurlijk het hoogste is. Echter, met name in dit project is zeer vaak gebleken dat ook in het veld systematisch verzamelde gegevens in de praktijk zeker geen 100% betrouwbare informatie biedt. De reden hiervoor is hoogstwaarschijnlijk gelegen in het feit dat een waarnemer in het veld onvoldoende overzicht over een gebied heeft. Deze waarnemer kan dus "vanaf de weg" niet meer zien of het in te tekenen aardapelveeld nu het derde of het vierde perceel vanaf die weg is. Dit probleem is groter en de betrouwbaarheid van de informatie is lager, naarmate het gewas hoger is.

4.2.2 Classificatie met gebruik van meerdere satellietopnamen

Bij gebruik van meerdere satellietopnamen kan de betrouwbaarheid van het eindresultaat hoogstwaarschijnlijk flink stijgen. De kosten van een dergelijk project zijn hoger ten opzichte van een eenmalige classificatie, door kosten van satellietbeelden, geometrische correcties en de behandeling in het algemeen van veel grotere datasets dan in geval van enkele opnamen. Echter, de kosten van het eindresultaat zijn niet evenredig hoger, gezien het feit dat ook wanneer uitgegaan wordt van eenmalige opnamen toch met meerdere opnamen voor een gebied moet worden gewerkt door het voorkomen van bewolking. Eveneens is de zeer veel arbeidstijd kostende methodiek van de gestratificeerde classificatie met kleine strata die nu in het LGN-project is toegepast, slechts noodzakelijk voor een beperkt gedeelte van de classificatie. Satellietopnamen van winter en voorjaar bevatten veel minder spectrale signaturen voor de diverse bodemgebruikstypen (bijvoorbeeld alle landbouwkundig gebruikt grasland ziet er zeer uniform uit, terwijl het overgrote deel van de variatie op een zomerbeeld veroorzaakt wordt door de verschillen in spectrale signatuur van vers gemaaid en hoog grasland). Een classificatie van winter/voorjaars- en zomerbeelden leidt dan tot een betrouwbare classificatie van een groot deel van de beeldelementen in het gegevensbestand. De zomeropnamen dienen dan gebruikt te worden voor bijvoorbeeld de bewolkte delen van eerdere opnamen en de classificatie van een aantal gewassen en de oplossing van een aantal onduidelijkheden die overbleven uit de winter/voorjaarsopnamen (twee vergelijkingen met twee onbekenden). Stratificatie is een middel dat goede resultaten op kan leveren maar zeer veel gevolgen heeft voor de hoeveelheid arbeid die nodig is om het gegevensbestand te vervaardigen. De stratificatie dient dus zeer gericht en slechts waar echt noodzakelijk gebruikt te worden.

Een ander voordeel van een op meerdere opnamen gebaseerde methodiek is dat het resulterende LGN-gegevensbestand aan het eind van het jaar waarin het project wordt uitgevoerd beschikbaar kan zijn. Bij gestratificeerde classificatie van uitsluitend zomeropnamen is dit praktisch ondoenlijk. In een methodiek die op het gebruik van meerdere beelden berust, worden de zomeropnamen slechts gebruikt om een aantal onbekende variabelen op te lossen, die tezamen slechts betrekking hebben op een gering deel van het totale gegevensbestand.

In de praktijk zal een en ander ongetwijfeld minder eenvoudig blijken dan hier is geschetst, maar duidelijk is dat een veel grotere mate van automatisering te bereiken is en een vermindering van de hoeveelheid handwerk door het gebruik van meerdere opnamen. Hier zij gesteld dat de totale projectkosten voor een op dergelijke wijze vervaardigd bestand circa 850.000 gulden zullen bedragen.

4.2.3 Combinatie met topografische kaarten

In tabel 49 en tabel 50 zijn tevens enige cijfers gepresenteerd die betrekking hebben op de combinatie van LGN-informatie en bodemgebruiksinformatie die afkomstig is uit topografische kaarten. In deze methodiek wordt gebruik gemaakt van de op de topografische kaarten aanwezige vlakinformatie en niet van de lijninformatie. Geen rekening is gehouden met de kosten die gemoeid zijn met

mogelijke auteursrechten op de informatie op de kaarten die de Topografische Dienst in rekening zou brengen. Een topografische kaart kent 12 grondgebruiksklassen. De combinatie van deze gegevens met de LGN-informatie levert een matrix met 180 mogelijkheden op. (Voor een groot aantal mogelijkheden is de definitieve classificatie voorspelbaar, bijvoorbeeld: een beeldelement dat grasland is op de topografische kaart **en** grasland in de classificatie is dus grasland. Of: een grote groep aanéénliggende beeldelementen die grasland waren op de topografische kaart van 1982 en bebouwing is in de classificatie van de satellietopname van 1990 is waarschijnlijk een nieuwe woonwijk.)

Het resultaat zal in geografisch detail nauwkeuriger zijn dan een LGN-gegevensbestand dat zonder gebruik van deze informatie geproduceerd wordt. Ondanks het feit dat de nauwkeurigheid van een op deze wijze ontstaan LGN-gegevensbestand hoger is dan die van het huidige gegevensbestand, geldt echter dat de combinatie van de recente satelliet informatie en de geografisch nauwkeurige topkaart informatie toch op een aantal punten niet tot éénduidige conclusies leidt. Mede door het leeftijdsverschil van de gegevensbestanden is een nauwkeurige vergelijking niet steeds zinvol. Het wordt betwijfeld of de veel hogere kosten van een op deze wijze ontstaan gegevensbestand opwegen tegen de baten in de vorm van een hogere nauwkeurigheid.

4.2.4 Combinatie met andere gegevensbestanden

Combinatie met andere gegevensbestanden als 'heidebestanden', bodemstatistieken e.d. zijn ieder op zich de mogelijkheid van het onderzoeken waard. Vragen die een rol spelen in de afweging of een gegevensbestand een betaalbare en waardevolle bijdrage levert, zijn:

- leidt de combinatie van LGN-informatie met andere informatie tot éénduidige en eenvoudig interpreteerbare conclusies?
- wat zijn de kosten die gepaard gaan met aanschaf en manipulatie met deze gegevensbestanden?
- rusten er auteursrechten op deze gegevensbestanden en worden die mogelijkerwijs doorgegeven worden op met behulp van die gegevensbestanden te vervaardigen LGN-informatie? Indien auteursrechten op deze gegevensbestanden bestaan kan de situatie ontstaan waarin een gebruiker van het LGN-gegevensbestand rechten moet afdragen aan diverse houders van auteursrechten.

4.3 Gebruikswaarde

In sectie 5.2 is geconcludeerd dat in het algemeen grondgebruiksinformatie op geen enkele andere wijze dan via een LGN-achtige methodiek op enigszins betaalbare wijze te produceren is. De vraag die resteert is hoeveel die informatie dan mag kosten.

Wanneer de afnemers van het huidige LGN-gegevensbestand ook allen deel zouden nemen aan een herhaling in een of andere vorm van het LGN-project zouden de kosten per instantie circa 100.000 à 150.000 gulden bedragen. Gezien de

begrotingen van deze instanties zouden dergelijke kosten geen onoverkomelijke barrière behoeven te vormen. Het nut van het gegevensbestand voor de betrokken instanties dient echter volstrekt duidelijk te zijn, alvorens deze instanties zich bereid zullen verklaren te participeren in een vervolgproject. De BCRS zou mogelijkerwijs een rol kunnen spelen in het verschaffen van fondsen om deze duidelijkheid te geven.

Op provinciaal niveau is het pakket van taken waarbinnen LGN-informatie gebruikt moet worden redelijk duidelijk. De kosten van het LGN-gegevensbestand moeten in een dergelijke situatie opgebracht worden uit een complex van efficiëntieverhoging en besparingen in de uitvoering van die taken. Ook speelt het belang dat aan grondgebruiks-informatie wordt gehecht een doorslaggevende rol in de afweging of een provincie de informatie belangrijk acht of niet. Geconstateerd wordt dat de provincies waar veel negatieve milieueffecten voorkomen die samenhangen met bepaalde vormen van bodemgebruik, wel bereid zijn LGN-informatie aan te schaffen en dat dat voor de andere provincies in veel mindere mate geldt. Ook voor provincies lijken eventuele LGN-kosten in de orde van fl 50.000,- a fl 70.000,- geen onoverkomelijk bezwaar te vormen, wanneer grondgebruiks-informatie inderdaad noodzakelijk wordt geacht.

Voor al deze bestaande produkten geldt dat het gebruik van LGN-informatie in feite een vervanging is van het gebruik van andere informatie. De afweging die in deze vervanging wordt gemaakt is gebaseerd op reeds eerder genoemde argumenten van financiële, kwalitatieve en operationele aard.

Het gebruik van LGN-informatie op lokale schaal vraagt zeer hoge nauwkeurigheden. In feite wordt in deze situatie een ander produkt dan het LGN-produkt gevraagd. Dit produkt kan via het LGN-produkt worden bereikt, mits dat produkt tijdig beschikbaar is. In de kostprijs van het eindprodukt vormen de kosten van de LGN-informatie waarschijnlijk toch niet meer dan 50%, terwijl de overige kosten betrekking hebben op aanvullende werkzaamheden. Ook geldt dat de omvang van de te inventariseren gebieden dermate gering is, dat de invloed van deze projecten op de financiering van de kosten van een LGN-project de eerste jaren verwaarloosbaar klein is.

Tabel 49 Kosten (in guldens) van een landgebruiksclassificatie op basis van satellietbeelden en veldwaarnemingen en de effecten van de combinatie van deze classificatie met gescande topografische kaarten op de kosten voor produkten op verschillende schaalniveaus

Kosten van een eenvoudige grondgebruiksclassificatie, gebaseerd op eenmalige satellietopnamen

	Nederland	Provincie	Locale overheid	1:50.000 kaartblad	1:25.000 kaartblad
veldwaarnemingen	100,000	13,000	3,000	4,000	3,000
satellietbeelden	70,000	10,000	4,000	3,000	2,500
classificatie	400,000	40,000	15,000	15,000	10,000
subtotaal	570,000	63,000	22,000	22,000	15,500

Kosten van inschakeling gedigitaliseerde topografische kaarten (digitalisering door middel van scanning)

gedig. kaarten	300,000	40,000	10,000	5,000	5,000
extra kosten voor combinatie van gedig. kaarten en classificatie	7,500	3,500	1,000	1,000	1,000
subtotaal	307,500	43,500	11,000	6,000	6,000

Kosten van een met deze informatie verbeterde classificatie

Conceptueel en interactief werk	150,000	30,000	10,000	10,000	9,000
Totaal	1,027,500	136,500	43,000	38,000	30,500

Kosten van de vervaardiging van eindresultaten

plots en CCT	10,000	4,500	1,600	1,500	1,300
statistieken	3,000	2,000	1,500	500	400

(naar BCRS-rapport 89-17 Improvement of classification results from satellite imagery to update and differentiate land use classes on topographic maps by NLR and DHV).

Tabel 50 Kosten van de vervaardiging van voorbeeldprodukten met gebruik van informatie uit de topografische kaart

	Nederland	Provincie	Locale overheid	1:50.000 kaartblad	1:25.000 kaartblad
bodemgebruiks- classificatie	580,000	67,500	23,600	23,500	16,800
verbeterde classificatie	1,037,500	141,000	44,600	39,500	31,800
als topkaart geactualiseerd	1,037,500	141,000	44,600	39,500	31,800
uitgebreide classificatie als top. kaart	1,037,500	141,000	44,600	39,500	31,800
thematische veranderingen t.o.v. topografische kaart	1,037,500	141,000	44,600	39,500	31,800
statistieken	1,030,500	138,500	44,500	38,500	30,900

Als een eenvoudige bodemgebruiksclassificatie 100% kost, dan kost het op deze wijze verbeterde produkt:

produktkosten	180%	217%	195%	173%	197%
---------------	------	------	------	------	------

(naar BCRS-rapport 89-17 Improvement of classification results from satellite imagery to update and differentiate land use classes on topographic maps by NLR and DHV).

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In het bovenstaande is een beeld gepresenteerd omtrent kosten en baten van het LGN-gegevensbestand respectievelijk van LGN-achtige informatie. Naar de mening van DHV is er een 'aantoonbare behoefte' aan LGN-achtige informatie in Nederland en zouden de kosten voor deze informatie zelfs opgebracht kunnen worden door afnemers van deze informatie. Echter, het aantonen van deze behoefte is een activiteit die tijdrovend en dus kostbaar is.

Het is duidelijk dat het LGN-produkt er nog net niet rijp voor is om op strikt commerciële basis gerealiseerd te worden, waarbij de bottle-neck met name in het aantonen van de bruikbaarheid aan de gebruikers zit en nauwelijks in de financiële draagkracht van de potentiële afnemers. Het overtuigen van de betrokken organisaties leidt in de praktijk echter tot enorme acquisitiekosten. In de acquisitieinspanningen rond het huidige project is het voorgekomen dat centrale overheidsinstanties meer dan 50 keer benaderd zijn (door Staring Centrum en DHV) alvorens deze instanties tot deelname in het project overgingen. Een aantal provincies zijn nog steeds niet tot aanschaf van het gegevensbestand overgegaan, maar zeggen wel geïnteresseerd te zijn. Deze provincies zijn inmiddels tenminste veertig maal benaderd op allerlei verschillende manieren. Gezien de financiële omvang van de te verwachten opdrachten zijn deze kosten niet binnen een redelijke termijn terug te verdienen.

Het nut van het gegevensbestand voor de betrokken instanties op nationaal en provinciaal niveau dient volstrekt duidelijk te zijn, alvorens deze instanties zich bereid zullen verklaren te participeren in een vervolgproject. De BCRS zou mogelijkerwijs een rol kunnen spelen in het verschaffen van fondsen om deze duidelijkheid te geven.

Nazorg inzake het gebruik van LGN-informatie behoort niet tot de LGN-projectactiviteiten. Dit wordt door DHV gezien als een tekortkoming in het project en zou mogelijkerwijs een onderdeel kunnen vormen van vervolgvactiteiten in het kader van het Nationaal Remote Sensing Programma.

Wanneer aan nauwkeurigheidseisen voldaan kan worden, lijkt het duidelijk dat er geen informatiebron is die het in kosten en snelheid van beschikbaarheid van informatie op kan nemen tegen LGN-achtige informatie.

AANHANGSEL 5 EVALUATIE VAN DE LGN-DATABANK

RAPPORTAGE VAN DE EVALUATIE-GESPREKKEN AANGAANDE HET

PROJECT: "LANDELIJKE GRONDGEBRUIKSCCLASSIFICATIE

NEDERLAND" (LGN).

DLO-STARING CENTRUM

DHV Consultants BV

juli, 1991

INHOUD

1. Inleiding
2. Opzet van de evaluatie
3. Resultaten van de evaluatie-gesprekken
4. Conclusies en Aanbevelingen
5. Nawoord

Bijlage A: Enquêteformulier

Bijlage B: Lijst met namen van geënqueteerde instanties

Bijlage C: Aanvullende gegevens inzake de rapportage van de LGN-evaluatiegesprekken

1. Inleiding

In 1988 is in het kader van het Nationaal Remote Sensing Programma gestart met de uitvoering van de Landelijke Grondgebruiksclassificatie Nederland, kortweg LGN. Dit project behelsde de indeling naar grondgebruik van geheel Nederland op basis van satellietbeelden. Het project is uitgevoerd door het DLO-Staring Centrum te Wageningen en DHV Consultants BV, te Amersfoort. Het Staring Centrum heeft zich daarbij vooral gericht op de methodologieontwikkeling, het verzamelen van de veldgegevens (de "groundtruth") en de validatie van de classificatieresultaten. DHV heeft met name de uitvoerende kant op zich genomen, d.w.z. de produktie van het gegevensbestand zelf.

Methodologie en klasse-indeling

Bij de ontwikkeling van de meest gewenste methode is uiteindelijk gekozen voor een indeling van Nederland in een groot aantal (57) strata waarbinnen de bodemfysische karakteristieken en het grondgebruik zo homogeen mogelijk waren. Twee redenen lagen daaraan ten grondslag: Ten eerste kunnen de spectrale reflectie-eigenschappen van een gewas op hetzelfde satellietbeeld verschillende waardes hebben afhankelijk van de geografische ligging. (Bijvoorbeeld voor aardappelen was dit het geval in gebieden in Flevoland, Noord-Brabant en Drenthe.) Dit zou dan problemen geven wanneer het gehele beeld in één keer geclassificeerd zou worden. Ten tweede was zo vooraf bekend welke grondgebruiksvormen in een bepaald stratum verwacht konden worden. Een ander aspect binnen de methodologie-ontwikkeling was de keuze naar de te onderscheiden klassen. Een belangrijk punt daarbij was de doelstelling dat de te creëren databank een duidelijk agrarisch karakter moest hebben. Dit had tot gevolg dat uiteindelijk de volgende klasse-indeling tot stand is gekomen:

Landbouw: maïs, granen, bieten, aardappelen, grasland, fruitbomen en overige landbouwgewassen,

Bos en natuurgebieden: naaldhout, loofhout, heide en overige natuurgebieden.

Overige: bebouwing en wegen, water, kale grond en bollenvelden.

Van ieder areaal in Nederland van 25 x 25 meter is het grondgebruik in één van deze klassen ingedeeld.

Opnamedata

De keuze van de opnamedata van de te gebruiken satellietbeelden werd enerzijds bepaald door het agrarisch karakter van de database en anderzijds door de atmosferische omstandigheden tijdens de opname. Het eerstgenoemde punt betekende dat een compromis moest worden gevonden in die datum waarop alle klassen zo optimaal mogelijk te onderscheiden zijn (voor de individuele klasse is deze datum dus misschien niet optimaal). Het tweede punt had tot gevolg dat beelden van verschillende opnamedata moesten worden gebruikt. Uiteindelijk is het grootste deel van Nederland geclassificeerd met behulp van het satellietbeeld van 3 augustus 1986.

Uitvoering

Om praktische redenen is het project in twee delen uitgevoerd: deel 1 omvatte ± 65% van Nederland, voornamelijk bestaande uit de provincies Drenthe, Overijssel, Gelderland, Flevoland, Noord-Brabant en Limburg, deel 2 de resterende 35%. Begin 1991 is het gehele project afgerond.

Evaluatie LGN

Al geruime tijd voor deze afronding is de interesse voor een eventueel vervolgproject ter sprake gekomen. Dit project zou dan een hernieuwde classificatie betekenen aan de hand van recentere satellietbeelden en een aangepaste methodologie om de problemen die in het afgesloten project naar voren zijn gekomen het hoofd te kunnen bieden. Alvorens echter te besluiten tot zo'n vervolgproject is, op verzoek van de Beleids Commissie Remote Sensing, een evaluatie uitgevoerd van het LGN-project. Deze evaluatie is wederom in samenwerking tussen het DLO-Staring Centrum en DHV uitgevoerd en de resultaten ervan worden in dit rapport gepresenteerd.

2. OPZET VAN DE EVALUATIE.

Gekozen is voor een persoonlijke benadering d.w.z. dat een enquêteformulier is besproken en ingevuld in aanwezigheid van vertegenwoordigers van de betrokken instantie, het Staring Centrum en DHV.

Doelgroep

Gezien de doelstelling van de evaluatie zoals deze is omschreven in de inleiding, bestond de doelgroep voor de gesprekken uit de vertegenwoordigers van de instanties die de LGN-gegevens gebruiken. Immers, zij konden commentaar geven op de gevolgde methodologie, de resultaten en de bruikbaarheid van de gegevens voor hun specifieke toepassingen.

Een uitnodiging tot een gesprek is daartoe naar de 11 betrokken instanties gestuurd. In deze uitnodiging werd de doelstelling verwoord, alsmede een korte toelichting gegeven op de bruikbaarheid van de classificatieresultaten en een enquêteformulier ter inzage bijgesloten. Vervolgens zijn alle instanties telefonisch benaderd om een datum te bepalen voor het gesprek waarbij gezamenlijk de enquête zou worden ingevuld.

Om een zo goed mogelijk beeld te krijgen en om de interesse én haalbaarheid te peilen voor een vervolgproject met actuele satellietbeelden, is getracht zowel de gebruikers van de data als de beslissingsbevoegde over de aanschaf van de data bij het gesprek te betrekken. In de meeste gevallen is dit ook inderdaad gelukt. Bij de gesprekken waren zowel het DLO-Staring Centrum als DHV ieder steeds met één persoon vertegenwoordigd.

Rubrieken

De vraagstelling heeft zich geconcentreerd rond de volgende punten:

- De besluitvorming rond de aanschaf van de data, de aflevering en de computertechnische verwerking ervan.
- De bruikbaarheid van de data voor hun diverse specifieke toepassingen.
- De uitwisseling van gebruikerservaringen.
- De interesse voor geactualiseerde data.

3. RESULTATEN VAN DE GESPREKKEN.

Ter introductie van dit gedeelte van het verslag moet een aantal punten inzake de presentatie naar voren worden gebracht.

Gezien het relatief geringe aantal gesprekken (11) dat gevoerd is, is het niet zinvol om resultaten in percentages weer te geven. Gekozen is voor een beschrijvend relaas, ondersteund met absolute getallen.

Van een aantal vragen in de enquête zal geen verslag gedaan worden om de simpele reden dat deze voor deze rapportage niet van belang zijn.

De andere vragen zullen niet steeds in de volgorde worden behandeld waarop ze gesteld zijn. Dit om een zo consistent mogelijk beeld te presenteren omtrent de hiervoor genoemde 4 hoofdpunten.

Tot slot zullen de overige resultaten van de gesprekken behandeld worden.

BESLUITVORMING

Hieronder worden de antwoorden samengevat van de vragen: 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.8, 3.9, 3.10 en 3.12. (Zie bijlage A).

Eerste contact

In de voorfase van het LGN-project heeft een korte marktverkenning plaatsgevonden. Daarbij zijn de meeste van de nu geënqueteerde instanties betrokken geweest en dus gold voor hen dat zij al vanaf het begin bij het project (in 1988) betrokken zijn geweest. De informatie over het LGN-gegevensbestand had men grotendeels gekregen middels directe contacten die gelegd waren door met name het Staring Centrum.

Besluitvormingstijd

De benodigde tijd om te besluiten de LGN-gegevens aan te schaffen varieerde van een paar weken tot 1 jaar, waarbij voor 7 van de 11 instanties het meer dan 4 maanden duurde voordat de opdrachtbrief geschreven en getekend was. Doorgaans nam de uiteindelijk verantwoordelijke / bestelbevoegde, het advies van collegae over.

Belangrijke punten in de overweging waren: het nieuwe karakter van de data die als aanvulling op de bestaande gegevens zouden kunnen dienen, het actief betrokken willen blijven bij de ontwikkelingen en het al dan niet aanwezig zijn van de financiële middelen. Opvallend is dat, wanneer de middelen aanwezig waren dit niet resulteerde in een snelle besluitvorming.

Reden tot aanschaf

Vijf instanties gaven aan dat met de aanschaf van LGN-gegevens geen direct operationeel gebruik werd nagestreefd, maar dat men wilde kijken wat je allemaal met de data zou kunnen doen. De overige instanties gaven aan dat ze al een gericht toepassingsproject hadden waarvoor ze de data gingen gebruiken. Later wordt voor die projecten op de bruikbaarheid van de LGN-gegevens teruggekomen.

Gebruikte hard- en software

De gebruikte hardware varieerde van PC's (286 of 386 modellen, zeven maal) tot werkstations (drie maal). In een tweetal gevallen werden zowel een workstation (of mini computer) als een PC gebruikt. Eén instantie had zelf nog geen hard- en software en liet de

data elders verwerken.

De gebruikte software bestond uit:

Geopakket (5x), Arc/Info (4x) en Spans (1x).

Voorbewerkingen

De Arc/Info gebruikers stuiten op het probleem dat dit pakket tot op heden zeer beperkte (of geen) verwerkingsmogelijkheden van rasterdata kent. Iedere rastercel van het LGN-gegevensbestand wordt gezien als aparte polygoon, waardoor het maximale aantal polygoon dat Arc/Info kan verwerken (ruim) overschreden werd. Om deze reden diende voorbewerkingen te worden uitgevoerd, waarbij met name het Arc/Info commando "dissolve" gebruikt werd. In 1991 komt de eerste werkstation-versie van Arc/Info uit die wel goede rasterbewerkingen mogelijk schijnt te maken.

De pakketten Geo-pakket en Spans kunnen wel rasterdata verwerken.

Het LGN-gegevensbestand is een "groot" bestand. Vooral de PC's met kleinere extern-geheugen capaciteit hebben een probleem met de hoeveelheid van de gegevens. De meeste gebruikers hebben dit opgelost door de data te "resamplen" naar grotere rastercellen van 100 x 100 meter of meer.

Indien voorbewerking van de gegevens noodzakelijk was, bestond die dus uit de conversie van raster- naar vectorgegevens (polygoon) en/of het "resamplen" van de data.

Data-formaat

Het formaat waarin de gegevens zijn afgeleverd, heeft in bijna alle gevallen geleid tot grote problemen. Soms was de interne organisatie bij de afnemers daar mede oorzaak van (nog geen hard- en software of niet de juiste conversieprogramma's); in de meeste gevallen echter lag het probleem bij de leverancier van de data. Geconcludeerd wordt dat deze problemen lang hebben geduurd en veel ergernis hebben veroorzaakt. Uiteindelijk heeft het Staring Centrum het probleem onderkent en een oplossing aangedragen zodat iedere afnemer in staat was de data in te lezen.

BRUIKBAARHEID

De antwoorden betreffen de vragen 4.1 t/m 4.6 (zie bijlage A), worden hieronder weergegeven.

Applicaties en Bruikbaarheid

De applicaties waarvoor de data aangekocht waren en de applicaties die men tijdens het werken met de data ontdekt had, kunnen worden onderverdeeld in de volgende categorieën:

- bodembescherming
- grondwaterbescherming, veelal in relatie tot waterwingebieden
- inventarisatie van het grondgebruik ter completering of vervanging van andere gegevensbronnen
- planologie
- integraal waterbeheer
- als voorbeeld om Remote Sensing technieken te promoten.

Dit laatste punt speelde voor de meeste instanties een rol. Vrij veel tijd werd besteed aan het overtuigen van andere afdelingen van het mogelijke nut van de LGN-gegevens. De "interne reclame" lijkt daarmee aardig van de grond te komen.

Over de bruikbaarheid van de LGN-gegevens kon men niet altijd een duidelijk antwoord geven, meestal omdat onvoldoende tijd verstreken was om ermee te werken. Bovendien kwam het voor dat voor de één bruikbare gegevens, voor de ander onbruikbaar bleken te zijn; waar de ene instantie de data geschikt vond voor planologische toepassingen, vond de ander dat juist weer niet, enz. Toch waren de opgedane ervaringen veelal positief.

Achtergrondkennis bleek van groot belang om de gegevens goed te kunnen gebruiken. Het LGN-gegevensbestand is immers opgezet als een landbouwkundig gegevensbestand en de klasse-indeling is daar op gebaseerd. Voor het actualiseren van bv. bestanden die voornamelijk een stedelijke inslag hebben is het LGN-gegevensbestand minder geschikt. Hetzelfde geldt voor bv. cultuurtechnische informatie.

Het schaal- en aggregatieniveau waarop men werkt bleek van groot belang. Het op perceelsniveau werken met de gegevens geeft een grotere onnauwkeurigheid dan wanneer men de data op regionaal niveau bewerkt. Wanneer met statistieken wordt gewerkt, zijn er duidelijk betere resultaten dan wanneer exact per rastercel van 25 x 25 meter het landgebruik wordt bestudeerd.

Soms kwamen vrij grote verschillen aan het licht wanneer de LGN-informatie vergeleken werd met statistische informatie uit andere bronnen. Natuurlijk is de manier van gegevens verzamelen en verwerken, en met name de definiëring van de afzonderlijke klassen, daarvoor mede verantwoordelijk. Een voorbeeld: bij de Bodemstatistiek wordt een grondgebruiksindeling gemaakt naar agrarisch gebruik. Dit houdt o.a. in dat kleine bosschages, sloten smaller dan 6 meter, kleine opstallen, etc. als agrarisch grondgebruik worden ingedeeld. In de Landbouwtellingen echter wordt exact opgenomen wat er netto op het perceel staat. Het verschil kan daardoor oplopen tot een "overschatting" van 20% in de Bodemstatistiek. Anderzijds kan een onderschatting ook voorkomen, nl. omdat bij de Landbouwtellingen de oppervlakte cultuurgrond gerekend wordt bij de gemeente waar de hoofdbedrijfsgebouwen liggen.

De betrouwbaarheid van de gegevens is dus in dit opzicht een relatief begrip maar daarom

zeker niet minder belangrijk. Een aantal cijfers hieromtrent waren bij de begeleidende brief bij de enquête ingesloten maar deze veroorzaakten soms verwarring omdat men dacht dat deze betrekking hadden op het gebied van die betreffende instantie.

Schaalniveau

Nauw aan de betrouwbaarheid gerelateerd is het al eerder genoemde schaalniveau. Op landelijke schaal bleek de databank over het algemeen goed te gebruiken. Voor het regionale niveau, waarop de meeste instanties werkten, is de bruikbaarheid afhankelijk van de applicatie, het aanwezige grondgebruik in het betreffende gebied en het aggregatieniveau van de grondgebruiksgegevens. Voor het gebiedsniveau (gemeentelijk niveau), waarop ook veel gewerkt werd, gelden de beperkingen van de databank in sterkere mate.

Gebruikte klassen

Over de klasse-indeling kan worden gemeld dat alle instanties de aanwezige klassen gebruikten, maar er werden ook een aantal klassen gemist. Met name werden genoemd: glastuinbouw (5x), en een nadere onderverdeling binnen de klassen overige natuurgebieden, kale grond en bos.

GEBRUIKERSERVARINGEN

Gebruikersoverleg

Negen instanties gaven aan dat zij zeker belangstelling hadden voor het gebruikersoverleg, daaraan ook deelnamen en van plan waren dat te blijven doen. Het bestaan ervan was een enkele keer helaas onbekend, maar belangrijker was dat men duidelijk te kennen gaf dat er nieuw leven geblazen moest worden in dat overlegorgaan. Het streven is dan ook om in september weer een overleg plaats te laten vinden.

ACTUALISERING

Geactualiseerde data

Zonder uitzondering hadden de instanties belangstelling voor de actualisering van het LGN-gegevensbestand, echter onder bepaalde voorwaarden. Eén instantie vond de (waarschijnlijke) kosten die daaraan verbonden zullen zijn te hoog; voor de meeste anderen gold dit bezwaar niet, al was het wel van belang de financiering rond te krijgen door andere afdelingen van het nut te overtuigen. Een andere voorwaarde die vaak genoemd werd was dat de nauwkeurigheid groter moet worden. Het komende BCRS-project dat zich met name richt op de verbetering van de methodologie is daarbij dus van groot belang. De frequentie van de actualisering werd soms aangegeven. Daarbij ging bij de meeste instanties de voorkeur uit naar één maal per 5 jaar.

KOPPELING MET ANDERE BESTANDEN

Met name over de bruikbaarheid en nauwkeurigheid van de LGN-gegevens is veel gesproken in het kader van een mogelijke actualisering. Het karakter van de database zal daarbij niet veranderen en dus lijkt het een goed idee om meer gegevens uit andere, reeds bestaande bronnen hieraan te koppelen. Er zijn namelijk bepaalde, min of meer specifieke gegevens digitaal beschikbaar (bv. stedelijk gebied, heidebestand, etc.). Wanneer die gegevens ingebracht kunnen worden in het LGN-gegevensbestand en dus niet opnieuw

geclassificeerd behoeven te worden, zal dit de classificatie van de overige klassen zeker ten goede komen.

Ook de mogelijke koppeling van het LGN-gegevensbestand met het Regis is meermalen ter sprake geweest en als positief ingeschat. Het Regis is een geohydrologische databank, ontwikkeld door het IGG (voorheen DGV/TNO). Met name de organisatie-structuur lijkt interessant omdat alle provinciale overheden daarbij betrokken zijn.

4. CONCLUSIES en AANBEVELINGEN

De evaluatie-gesprekken leiden tot de algemene conclusies dat:

- over het algemeen positief wordt geoordeeld over de data en de gebruiksmogelijkheden,
- een hogere nauwkeurigheid c.q. betrouwbaarheid veelal is gewenst,
- de klasse glastuinbouw van dermate groot belang is dat deze niet mag ontbreken,
- nieuwe gebruiksmogelijkheden worden verwacht en
- een geactualiseerd bestand gewenst is.

Uiteraard zijn er, inherent aan de introductie van een nieuw soort gegevensverzameling, -verwerking en -presentatie, problemen geweest. Een belangrijk deel van deze problemen was oplosbaar, zoals die t.a.v. het dataformaat en de raster - vectorconversie. Voor oplossingen voor het resterende gedeelte is de opzet van het gegevensbestand en de gevolgde methodologie bepalend. De opzet van het gegevensbestand bepaalt mede de mate waarin de gegevens voor specifieke toepassingen kunnen worden gebruikt. Men kan en mag geen bruikbaarheid van de gegevens verwachten als hulpmiddel bij het oplossen van alle mogelijke ruimtelijk gebonden problemen. Er kan een discrepantie bestaan tussen de aard van de vraagstelling en het type gegevensbestand. Een gegevensbestand dat georiënteerd is op het landelijk gebied kan slechts in beperkte mate gebruikt worden voor typisch urbane toepassingen. Tevens moet een gebruiker enige kennis hebben van satelliet remote sensing om optimaal gebruik te kunnen maken van de informatie. Het feit dat in de gevolgde methodologie zoveel mogelijk gebruik is gemaakt van één satellietbeeld maar men tegelijkertijd te maken heeft met verschillende groeiseizoenen leidt tot onevenwichtigheden in de vertegenwoordiging van de klassen. Dit wordt bij sommige toepassingen als storend ervaren en het verdient daarom aanbeveling om bij de mogelijke actualisering van het LGN-gegevensbestand hier aandacht aan te besteden.

De nauwkeurigheidseisen die gesteld worden aan het bestand impliceren een aanpassing van de tot nu toe gebruikte methodologie. Het uit te voeren onderzoeksproject zal in dit opzicht tot positieve resultaten moeten leiden. De mogelijkheid om reeds in digitale vorm beschikbare gegevens ter completering van het geactualiseerde bestand te gebruiken moet hierbij serieus worden onderzocht.

Evenzeer verdient het aanbeveling de mogelijkheid te onderzoeken om een geactualiseerd LGN-gegevensbestand mede aan te bieden via de organisatiestructuur van het Regis.

5. NAWOORD

Tot slot willen de betrokken medewerkers van DLO-het Staring Centrum en DHV Consultants BV degenen die betrokken zijn geweest bij de evaluatie-gesprekken, hartelijk bedanken voor hun medewerking.

De gesprekken hebben in positieve zin bijgedragen aan de gedachtenbepaling over een mogelijke actualisering van de grondgebruiksgegevens in Nederland op basis van satellietbeelden.

Gerard Nieuwenhuis	DLO-Staring Centrum
René Olthof	DLO-Staring Centrum
Rob Beck	DHV Consultants BV
Peter van den Boogaard	DHV Consultants BV

Namens hen,

DHV Consultants BV

Peter van den Boogaard
juli 1991

- 1 1.1 Naam instelling
- 1.2 Adres
- 1.3 Naam persoon 1
- 1.4 Functie
- 1.5 Naam persoon 2
- 1.6 Functie
- 1.7 Naam persoon 3
- 1.8 Functie

2 Gebruikt zelf LGN data?

- 2.1 persoon 1 ja / nee digitaal / analoog
- 2.2 persoon 2 ja / nee digitaal / analoog
- 2.3 persoon 3 ja / nee digitaal / analoog

3 Gebruik van LGN data

- 3.1 Wanneer is het eerste contact over het gebruik van de data
gelegd?
(jaar/maand)
- 3.2 Door wie is dit contact gelegd?
Naam
- Functie
- 3.3 Met welke instantie DHV / Staring Centrum
- 3.4 Hoe is men aan de informatie over het bestaan van LGN gekomen?
Folder / advertentie
Demonstratie
Via anderen
- 3.5 Hoe is de besluitvorming tot stand gekomen om LGN data
te gaan gebruiken?
Wie heeft het besluit genomen? (functie).....
Hoe lang heeft de besluitvorming geduurd? (maanden)
.....
Wat waren de belangrijkste redenen om LGN data te gaan
gebruiken (bv. als testcase of gerichte toepassing)
.....
- 3.6 Wanneer zijn de data besteld?
(jaar / maand).....
- 3.7 Wanneer zijn de data ontvangen?
(jaar / maand)
- 3.8 In welk formaat zijn de data geleverd?
ASCII / Binair / Erdas / anders.....
- 3.9 Zijn er problemen geweest met het inlezen van de data?
Neen
Ja, namelijk
- Hoe opgelost.....
- 3.10 Waarmee wordt de data verwerkt?
Hardware
- Software

- 3.11 Is er sinds de aanschaf van de LGN data andere apparatuur gekocht?
 Neen
 Ja, namelijk
 Zijn daar problemen mee geweest om LGN data mee te verwerken?
 Neen
 Ja, namelijk
 Hoe opgelost
- 3.12 Heeft u bewerkingen moeten doen om met het bestand te kunnen werken zoals door u bedoeld was?
 ja, nl.....
 neen

4 Resultaten / Bevindingen

- 4.1 Wat was het doel (doelen) waarvoor de data bestemd was (waren)?

- 4.2 Heeft de data daaraan voldaan?
 Ja
 Ja, maar
 Neen, want
- 4.3 Zijn er klassen in het bestand welke u niet gebruikt?
 ja, nl.....
 neen
- 4.4 Zijn er klassen in het bestand die u mist?
 ja, nl.....
 neen
- 4.5 Heeft men nieuwe gebruiksmogelijkheden ontdekt?
 Neen
 Ja, namelijk
- 4.6 Op welk schaalniveau werkt u met het bestand?
 landelijk, regionaal(provinciaal), gebiedsniveau (gemeente niveau)
 perceelsniveau
- 4.7 Hoeveel procent nauwkeurigheid is voor u acceptabel?.....

5 Algemeen

- 5.1 Hoe is uw opdracht behandeld door DHV
 goed / matig / slecht
- 5.2 Hoe is uw opdracht behandeld door SC
 goed / matig / slecht
- 5.3 Heeft u ooit deelgenomen aan besprekingen van gebruikersgroep?
 ja/nee, want
- 5.4 Vindt u het voortzetten van deze vergadering van belang?
 ja/nee, want

6 Actualisering

- 6.1 Wanneer de data geactualiseerd zou worden, overweegt u dan deze opnieuw aan te schaffen?
 Ja, want
 Ja, mits
 Neen, want
- 6.2 Actualisering zal zonder subsidie plaatsvinden. De kostprijs zal hierdoor tenminste verdubbeld worden. Zou deze prijs voor u een overwegend bezwaar vormen?
 Ja, want
 Neen, want

Bijlage B

LIJST MET NAMEN VAN GEËNQUETEERDE INSTANTIES:

Centraal Bureau voor de Statistiek
Afdeling Landbouwstatistiek
Voorburg

Rijks Planologische Dienst
Afdeling Informatie Voorziening
Zwolle

Provincie Drenthe
Dienst Water en Milieuhygiëne
Assen

Rijkswaterstaat
DDW/RIZA
Lelystad

Provincie Flevoland
Afdeling Ruimtelijke Ordening en Volkshuisvesting
Lelystad

Provincie Gelderland
Dienst Ruimte, Wonen en Groen
Arnhem

Provincie Limburg
Hoofdgroep Ruimtelijk Ordening en Volkshuisvesting
Maastricht

Provincie Noord-Brabant
Dienst Wegen, Milieu en Vervoer
's-Hertogenbosch

Provincie Noord-Holland
Dienst Ruimte en Groen
Haarlem

Provincie Overijssel
Hoofdgroep Ruimtelijke Ordening en Inrichting
Zwolle

RIVM
Laboratorium Bodem en Grondwater
Bilthoven

Bijlage C: Aanvullende gegevens over de rapportage van de LGN-evaluatiegesprekken

Het Programmabureau van de BCRS heeft na lezing van het evaluatierapport en nadere mondelinge toelichting van DHV en het DLO-Staring Centrum verzocht het rapport op de volgende onderdelen aan te vullen:

- "Uit de ontvangen enquêteformulieren en andere informatie waarover u beschikt dient u de toepassingen te beschrijven waarover ieder van de geënquêteerden de LGN-gegevens heeft gebruikt";
- "De bevindingen ten aanzien van de gebleken gebruikersmogelijkheden van de afzonderlijke geënquêteerden behoren in de vorm van algemene conclusies in het rapport te worden opgenomen. Deze conclusies hebben betrekking op:
 - gewenste frequentie voor actualisering;
 - de vereiste nauwkeurigheid, zo mogelijk uitgedrukt in kwantitatieve zin;
 - wensen inzake produktverbetering".

De door het Programmabureau gewenste aanvullingen zijn opgesteld door DHV en op de volgende twee bladzijden weergegeven.

AANVULLENDE GEGEVENS INZAKE DE RAPPORTAGE VAN DE LGN EVALUATIE-GESPREKKEN.

Toepassingen van het LGN gegevensbestand.

De verschillende toepassingsvelden van de geënquêteerde instanties wordt in de onderstaande tabel weergegeven.

Gebleden gebruiksmogelijkheden.

Wat betreft deze gewenste aanvullingen moet het volgende vermeld worden:

- De gewenste frequentie van actualisering was geen vraag in de enquête; deze is pas later spontaan aangeroerd en is daarna veelal wel, doch niet altijd ter sprake gekomen en kan dus niet als onderdeel gezien worden van de enquête. De resultaten die hieromtrent wel bekend zijn, zijn in de tabel weergegeven.
- De vraag betreffende het gewenste percentage nauwkeurigheid bleek een slechte vraag te zijn waarop een zinvol antwoord nauwelijks mogelijk was. Veelal was het antwoord dan ook dat men die vraag niet kon beantwoorden of men gaf "zo hoog mogelijk". Gezien deze feiten is het niet zinvol deze antwoorden in het verslag op te nemen.
- De wensen ten aanzien van de produktverbetering zijn in het rapport in algemene zin goed weergegeven. In de hier bijgevoegde tabel wordt per instelling daar nader op ingegaan. Dit komt dus naast de in het rapport genoemde aanbevelingen inzake de gewenste klassen.
- De enige instantie die te kennen heeft gegeven niet in een eventuele actualisering geïnteresseerd te zijn was het CBS. Men gaf daarbij als reden op dat het bestand niet had voldaan aan hun verwachting nl. dat het mogelijk zou kunnen dienen als aanvulling/vervanging van de door het CBS opgestelde bodemstatistieken waarbij men met name interesse heeft in het onderscheid bouwland - grasland. De LGN gegevens zijn in dit verband dus te gedetailleerd in de onderscheiden klassen.
Er is tijdens de gesprekken niet altijd specifiek gevraagd naar de reden waarom men interesse heeft in een geactualiseerd bestand. De instanties waarvan dat wel bekend is, worden in de tabel verder weergegeven. Van de overigen mag worden verwacht dat in de toepassingsvelden verder wordt gewerkt.

Aanvullende gegevens met betrekking tot LGN evaluatie-gesprekken

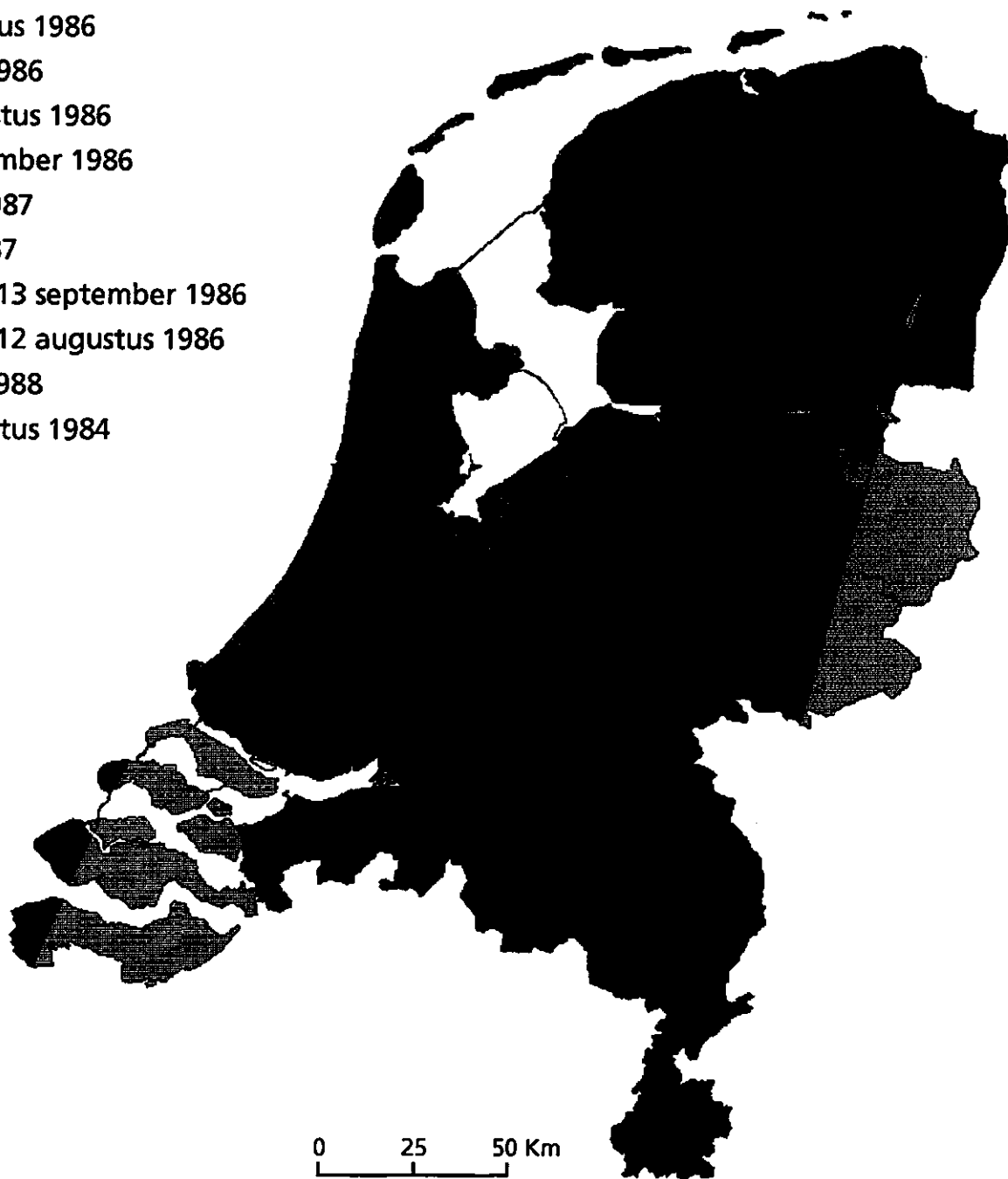
	Toepassingen LGN-gegevens in kader van	Frequentie actualisering	Produkt verbetering	Belang van actualisering in kader van
Provincie Drenthe	- Bodem- en grondwaterbescherming	-	grotere nauwkeurigheid	- heidevergrassing - statistieken van landbouwgewassen - planologie - milieu bescherming - statistische gegevens - grondgebruik - monitoring - beleidsadviezen
Provincie Limburg	- Planvorming landelijk gebied	5 jaar	grotere nauwkeurigheid	
Provincie Noord-Holland	- Bodem- en grondwaterbescherming - Integraal waterbeheer	2 jaar	grotere nauwkeurigheid	
Provincie Overijssel	- Proefproject koppelen van gegevens: bodemkaart/bestemmingsplan e.d.	-	recentere data grotere nauwkeurigheid	-
Provincie Flevoland	- Grondwaterbeheer - Planologie - Gewasbescherming/meststoffen	-	grotere nauwkeurigheid	-
Provincie Noord-Brabant	- Bodembescherming m.n. mestproblemen/waterwingebied - planologie	1-2 jaar	grotere betrouwbaarheid	-
Provincie Gelderland	- Grondwateronderzoek - alg. informatievoorziening	5 jaar	-	- actualisering en uitbreiding toepassing - beleidsadviezen - basisinvoerbestand
DWS/RTZA	- Beleidsanalytische studies - klimaatonderzoek	5 jaar	-	
RIVM	- Verbetering bodemgebruiksgegevens	-	-	-
CBS	- aanvulling/basis van bodemstatistiek	10 jaar	alleen onderscheid bouwland/grasland	Vooralsnog geen echte belangstelling
RPD	- proefproject - invullen landelijk gebied - actualiseren stedelijk gebied	-	-	- actuele data - emissie registratie

PLATEN

- | | |
|--|-----|
| 1 Ligging en opnamedatums van de satellietbeelden die zijn gebruikt voor de vervaardiging van het LGN-bestand | 221 |
| 2 Het grondgebruiksbestand van Nederland. Van ieder blok van 17 bij 17 pixels is één pixel weergegeven | 223 |
| 3 Het grondgebruiksbestand van 1 : 50 000 kaartblad 44 West (voor legenda zie plaat 2). Van ieder blok van 2 bij 2 pixels is één pixel weergegeven | 225 |

Plaat 1 Ligging en opnamedata van de satellietbeelden die zijn gebruikt voor de vervaardiging van het LGN-bestand

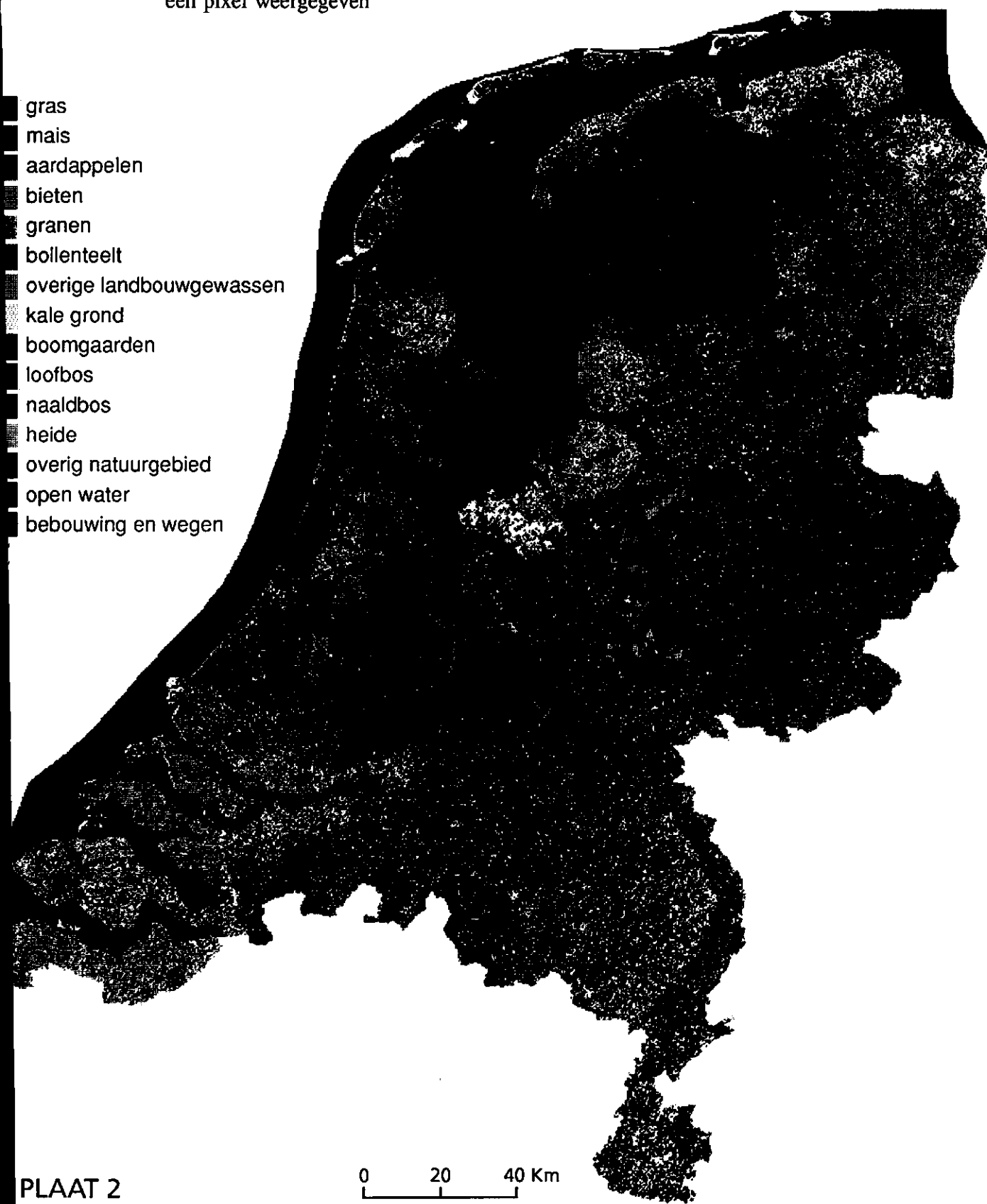
- 3 augustus 1986
- 16 juni 1986
- 12 augustus 1986
- 13 september 1986
- 14 juli 1987
- 5 juli 1987
- 16 juni / 13 september 1986
- 16 juni / 12 augustus 1986
- 14 juni 1988
- 12 augustus 1984



PLAAT 1

0 25 50 Km

Plaat 2 Het grondgebruiksbestand van Nederland. Van ieder blok van 17 bij 17 pixels is één pixel weergegeven



PLAAT 2

Plaat 3 Het grondgebruiksbestand van kaartblad 44 West schaal 1 : 50 000 (voor legenda zie plaat 2). Van ieder blok van 2 bij 2 pixels is één pixel weergegeven

