

Monitoren van kleine landschapselementen met IKONOS satellietbeelden

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het Expertise Centrum LNV (EC-LNV) en is medegefinancierd door de Beleidscommissie Remote Sensing en het DWK programma 358 'GIS en Remote Sensing' van LNV

# **Monitoren van kleine landschapselementen met IKONOS satellietbeelden**

**C.A. Múcher  
H. Kramer  
H.A.M Thunnissen  
J. Clement**

**Alterra-rapport 831  
CGI-rapport 03-008**

**Alterra, Wageningen, 2003**

## REFERAAT

Mücher, C.A., H. Kramer, H.A.M. Thunnissen en J.Clement, 2003. *Monitoren van kleine landschapselementen met IKONOS satellietbeelden*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 831, CGI-rapport 03-008. 96 blz. 34 fig.& foto's; 14 tab.; 40 ref.

In deze studie is nagegaan in hoeverre zeer hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRS), lees IKONOS, een toegevoegde waarde kunnen hebben ten opzichte van luchtfoto's en de Top10-vector in het *Meetnet Landschap*. Alle aandacht binnen deze studie was gericht op kleine landschapselementen. Voor twee studiegebieden zijn IKONOS satellietbeelden vergeleken met kleurenluchtfoto's en de informatie in de Top10-vector. Daarnaast is er gekeken naar de temporele dynamiek van kleine landschapselementen en naar de actualiteit en nauwkeurigheid van de Top10-vector voor deze landschapselementen. Uit deze studie is gebleken dat IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's, naast de Top10-vector, belangrijke informatie kunnen verschaffen voor monitoring van kleine landschapselementen. Het bleek zelfs dat panchromatische IKONOS satellietbeelden zich beter lenen voor het detecteren van opgaande beplantingen dan de gebruikte (true color) kleurenluchtfoto's met een 1m resolutie. Dit komt door het feit dat de panchromatische IKONOS beelden ook in het nabij-infrarood meten. Ten tweede kunnen structuurparameters (bv. breedte, continuïteit, homogeniteit en exacte begrenzingen) uit de ZHRS en/of luchtfoto's worden gehaald die niet in de Top10-vector aanwezig zijn. Ten derde blijkt dat de Top10-vector vaak te onbetrouwbaar was wat betreft kleine landschappelijke elementen. Er moet dus voor veldwerk en/of regionale studies ook gebruik worden gemaakt van ZHRS en/of luchtfoto's. Als actualiteit een belangrijke voorwaarde is dan is dit een extra argument om gebruik te maken van recente IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's. Dit ook omdat uit deze en andere studies is gebleken dat de dynamiek (lees achteruitgang) van vele kleine landschapselementen zeer hoog is. Uit deze studie is verder gebleken data visuele interpretatie nu gedeeltelijk kan worden vervangen door semi-automatische classificatie m.b.v. het softwarepakket eCognition. Objectgerichte classificatie m.b.v. eCognition en IKONOS satellietbeelden gaf in deze studie goede resultaten voor het vastleggen van kleine landschapselementen (hier in het geval van bomen). Echter voor verdere inbedding is een goed satellietbeeldenarchief nodig waaruit gebruikers snel data kunnen downloaden. Bovendien is een gunstiger prijsbeleid een essentiële voorwaarde voor het succes van IKONOS satellietbeelden.

Trefwoorden: IKONOS, hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRS), luchtfoto's, Top10-vector, Meetnet Landschap, landschapsmonitoring, kleine landschapselementen

ISSN ALTERRA 1566-7197

ISSN CGI 1568-1874

Dit rapport kunt u bestellen door €29,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 831. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

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

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Beschrijving data en studiegebieden	17
2.1 IKONOS satelliet data	17
2.2 Luchtfoto's	21
2.2.1 Zwart-wit luchtfoto's van de TDN	21
2.2.2 Zwart-wit luchtfoto's van Aerocarto	21
2.2.3 Kleuren luchtfoto's van Eurosense	21
2.3 Top10-vector	22
2.4 Bewerkingen IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's	24
2.4.1 Geometrische correctie	24
2.4.2 Fusie technieken voor de combinatie van panchromatische en multispectrale satellietbeelden	25
2.4.3 Resultaat fusie technieken	26
2.5 Studiegebieden	29
2.5.1 Eijsden	29
2.5.2 Gemert	32
2.6 Veldwerk	32
3 Monitoring kleine landschapselementen	35
3.1 Een behoefte-inventarisatie	35
3.1.1 Programma Beheer	38
3.1.2 Landschapsbeheer Nederland	40
3.2 Vergelijking IKONOS, luchtfoto's en Top10-vector	40
3.2.1 Introductie	40
3.2.2 Wegen	41
3.2.3 Holle wegen, graften en greppels	42
3.2.4 Water	43
3.2.5 Lijnvormige beplantingen	47
3.2.6 Boomgaarden	50
3.2.7 Solitaire bomen	53
3.2.8 Tijdstip opname in het groeiseizoen	54
3.2.9 Ervaringen van de Gemeente Gemert-Bakel	55
3.3 Temporele dynamiek van kleine landschappelijke elementen	56
3.3.1 Solitaire bomen	58
3.3.2 Hoogstam Boomgaarden	60
3.4 Conclusies	63
4 Semi-automatische detectie van kleine landschapselementen	65
4.1 Inleiding	65

4.2 Doel	66
4.3 Studie gebied en materiaal	66
4.4 Segmentatie en classificatie met eCognition	66
4.5 Resultaten	70
4.5.1 Segmentatie	70
4.5.2 Classificatie	72
4.5.3 Vergelijking classificatie met de Top10-Vector	75
4.6 Conclusies en aanbevelingen	77
5 Kosten en baten analyse IKONOS satellietbeelden	79
6 Conclusies en aanbevelingen	83
Literatuur	87
<b><i>Bijlagen</i></b>	
A Gegevens uit de Top10- vector (versie 1999) voor het studiegebied Eijsden	91
B Gegevens uit de Top10-vector (versie 1998) voor het studiegebied Gemert	93
C Workshop: “Kijken naar en meten aan kleine landschaps-elementen – wat we kunnen en wat we willen”.	95

## Woord vooraf

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het Nationale Remote Sensing Programma (NRSP) en heeft als officiële titel 'Operationele inbedding van het gebruik van zeer hoge resolutie satellietbeelden in het Meetnet Landschap' (BCRS-kenmerk 3.4/DE-06). Naar aanleiding van dit onderzoek heeft er ondermeer op 21 Maart 2002 op Alterra een workshop plaatsgevonden met als titel: "Kijken naar en meten aan kleine landschapselementen – wat we kunnen en wat we willen". Op deze workshop zijn er presentaties verzorgd door onder andere EC-LNV, Landschapsbeheer Nederland, de Topografische Dienst, de Gemeente Gemert-Bakel, en Alterra. Alle partijen onderstreepten daarbij nogmaals het belang van kleine landschapselementen en de behoefte aan monitoringsinstrumenten.

Het voor u liggende rapport is een uitbreiding van het BCRS rapport 01-40 "Toepassing IKONOS satellietbeelden in het meetnet landschap" (Mücher et al, 2001) met de ervaringen van de Gemeente Gemert-Bakel m.b.t. het gebruik van IKONOS satellietbeelden voor hun landschapsinventarisatie, een verslag van de bovengenoemde workshop, en een hoofdstuk over semi-automatische detectie van kleine landschapselementen m.b.v. het softwarepakket eCognition. Voor het testen van het softwarepakket eCognition was eind 2002 binnen het Centrum Geo-Informatie (CGI) extra financiering gevonden. In tegenstelling tot het eerder genoemde BCRS rapport, richt dit rapport zich in het geheel op kleine landschapselementen.

Het onderzoek werd uitgevoerd binnen het raamwerk van het landschapsmonitoringsysteem, Meetnet Landschap, dat wordt gecoördineerd door het Expertise Centrum LNV (EC-LNV). EC-LNV kan mede op basis van deze studie bekijken of en op welke wijze satellietbeelden en/of luchtfoto's een rol kunnen spelen binnen het Meetnet Landschap en andere monitoringsprogramma's van het Ministerie van LNV. Namens EC-LNV was Eduard van Beusekom gedelegeerd opdrachtgever.





## Samenvatting

Het landschapsbeleid van de rijksoverheid is gericht op het behoud, het herstel en de ontwikkeling van een kwalitatief hoogwaardig landschap in Nederland (Ministerie van LNV, 2000). Om een goed beleid te kunnen voeren is het nodig inzicht te krijgen in de 'toestand van het landschap' en in de veranderingen die daarin plaatsvinden. Door EC-LNV wordt in samenwerking met ondermeer Alterra gewerkt aan het monitoringsysteem *Meetnet Landschap* (EC-LNV, 2001).

In onderhavige studie is nagegaan in hoeverre zeer hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRS), in dit geval IKONOS satellietbeelden met een ruimtelijke resolutie van 1 meter, ten opzichte van luchtfoto's en de Top10-vector een toegevoegde waarde kunnen hebben in het Meetnet Landschap. Hierbij is alle aandacht uitgegaan naar de kartering van kleine landschapselementen. Twee locaties zijn hiervoor uitgekozen. Het eerste studiegebied ligt in de Voerstreek bij Eijsden in Zuid-Limburg. Het tweede studiegebied ligt in het Peelgebied bij Gemert in Oost-Brabant. De keuze voor de twee studiegebieden werd medebepaald door de beperkte beschikbaarheid van IKONOS satellietbeelden voor Nederland op het moment van de studie.

Kleine landschapselementen (bijv. heggen, bomenrijen, houtwallen, sloten en poelen) spelen een belangrijke ecologische en esthetische rol in het Nederlandse landschap. Dit wordt niet alleen erkend in de LNV Nota 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' (Ministerie van LNV, 2000) maar komt ook tot uiting in spontane acties als "Bomen voor koeien" en "Schaduw voor schapen" – een gemeenschappelijke actie van Stichting wAarde, Vara's Vroege Vogels en Landschapsbeheer Nederland. Een belangrijk beleidsinstrument zijn de subsidieregelingen voor landschapselementen, zoals verwoord in de landschapspakketten van het Programma Beheer. Voor veel planten en dieren vormen de kleine landschapselementen een belangrijk onderdeel van hun natuurlijke habitat of vormen een laatste refugium. Kleine landschapselementen zijn vaak belangrijke verbindingselementen (stepping stones of corridors) in het landschap en vormen daarmee de ruggengraat van een groen-blauwe dooradering in het overwegend agrarische deel van het landelijke gebied. Ook voor de beleving en waardering van het landschap door de mens spelen deze kleine landschapselementen vaak een belangrijke rol. Toch is het zo dat de kwaliteit en het aantal kleine landschapselementen in het agrarische gebied al sinds de eerste helft van de 20<sup>ste</sup> eeuw sterk achteruit is gegaan. In de Natuurbalans 2001 en de Natuurverkenning 1997 wordt vaker vermeld dat het Nederlandse landschap aan het vervlakken is. Dit betekent dat enerzijds de karakteristieke open landschappen, zoals de laagveengebieden, hun openheid verliezen o.a. door de toenemende verstedelijking en bebouwing en anderzijds de gesloten kleinschalige landschappen, zoals de kamponginningsgebieden, hun geslotenheid verliezen door het verdwijnen van kleine landschapselementen (bijv. houtwallen en heggen).

Het gericht monitoren van kleine landschapselementen is dan ook van groot belang. Eerdere studies (Bakermans, 1986 en Thunnissen en Kramer, 1997) wijzen er al op dat er grote verschillen bestaan tussen de informatie op de topografische kaarten en de werkelijke situatie in het veld, met name voor lijnvormige beplantingen. Daarnaast kan de actualiteit van topografische bestanden voor sommige toepassingen een probleem vormen. Of te wel, voor het opzetten van een landschapsmonitoringsysteem kan men niet alleen op de Top10-vector vertrouwen.

Normaliter is het gemakkelijker om aan recente satellietbeelden dan aan recente luchtfoto's te komen (juist door continuïteit in opnames). Helaas is dit wat betreft het snel verkrijgen van IKONOS satellietbeelden nog niet erg realistisch. Vooral het slechte functioneren van Space Imaging Europe en het gevoerde beleid van Space Imaging International is hier debet aan. Een goed beeldarchief waaruit gebruikers snel data kunnen downloaden en een gunstiger prijsbeleid zijn essentiële voorwaarden voor het succes van IKONOS satellietbeelden. Dat snelle beschikbaarheid in de praktijk wel mogelijk is blijkt uit de zeer snelle publicatie van IKONOS satellietbeelden van vlak voor en vlak na de verwoesting van de Twin Towers in New York. Een positieve ontwikkeling is dat de komende jaren meerdere zeer hoge-resolutie satellietsensoren zullen worden gelanceerd wat de kans op de beschikbaarheid van beelden zal vergroten en de prijzen waarschijnlijk zal laten zakken. Voor de komende 10 jaar zijn vele zeer hoge-resolutie satellietsensoren gepland. Bovendien heeft de Quickbird2 (gelanceerd op 18 October 2001) al een ruimtelijke resolutie van 0.6 meter voor panchromatische beelden. Dit is een groot voordeel omdat in het algemeen gesteld kan worden dat de luchtfoto's tot nu toe een hogere ruimtelijke resolutie hebben dan de ZHRS-beelden.

Uit deze studie is gebleken dat IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's, naast de Top10-vector, belangrijke informatie kunnen verschaffen voor monitoring van kleine landschapselementen. Het bleek zelfs dat panchromatische IKONOS satellietbeelden zich beter lenen voor het detecteren van opgaande beplantingen dan de gebruikte (true color) kleurenluchtfoto's met een 1m resolutie. Dit komt door het feit dat de panchromatische IKONOS beelden ook in het nabij-infrarood meten. Metingen in het nabij-infrarood zijn zeer gevoelig voor de vegetatie en hoeveelheid biomassa. IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's kunnen dienen als basismateriaal voor veldwerk, wat de voorbereiding en uitvoering van het veldwerk een stuk efficiënter maakt. Dit wordt ook beaamt door de korte ervaringen van de Gemeente Gemert-Bakel met IKONOS satellietbeelden. Ten tweede kunnen er structuurparameters (bv. breedte, continuïteit, homogeniteit en exacte begrenzingen) uit de ZHRS en/of luchtfoto's worden gehaald die niet op de Top10-vector aanwezig zijn. Ten derde blijkt dat de Top10-vector vaak onbetrouwbaar is voor specifieke kleine landschappelijke elementen. Er moet dus voor veldwerk en/of regionale studies ook gebruik worden gemaakt van ZHRS en/of luchtfoto's. Als actualiteit een belangrijke voorwaarde is moet dit een extra argument zijn om gebruik te maken van recente IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's. Dit omdat uit deze studie en studies over het veranderend landschap (Dijkstra et al., 1997) is gebleken dat de dynamiek (lees achteruitgang) van vele kleine landschapselementen zeer groot is.

Bij operationalisatie moeten de monitoringsresultaten uiteindelijk bruikbare en kwantitatieve gegevens opleveren. Tot op heden moest dit gebeuren door bijvoorbeeld visuele interpretatie van luchtfoto's in combinatie met aanvullende thematische informatie en/of veldwerk. De visuele interpretatie kan nu gedeeltelijk worden vervangen door semi-automatische classificatie m.b.v. het software pakket eCognition. Objectgerichte classificatie met behulp van eCognition en het gebruik IKONOS satellietbeelden gaf in deze studie goede resultaten voor het vastleggen van kleine landschapselementen (hier in het geval van bomen). Op het IKONOS beeld wordt het merendeel van de duidelijk zichtbare bomen met behulp van de classificatie methode gevonden. Slechts in een aantal gevallen werkt de procedure niet goed. Deze problemen kunnen waarschijnlijk worden opgelost door meer aandacht te besteden aan het segmentatie proces en aan het classificatie proces. Ook de segmentatie test met een IKONOS satellietbeeld zonder gebruik te maken van het nabij-infrarode kanaal (meeste luchtfoto's hebben geen nabij-infrarood) geeft redelijke resultaten. Nader onderzoek met behulp van digitale luchtfoto's zal een beter inzicht in de te behalen resultaten moeten geven. In vergelijking met de Top10-vector informatie over bomen en bos blijkt dat de classificatie procedure in eCognition gedetailleerdere en actuelere informatie over deze landschapselementen geeft.

Voor verdere toepassing is het noodzakelijk dat het monitoren met ZHRS-beelden en/of luchtfoto's wordt ingebed in het Meetnet Landschap.



# 1 Inleiding

Het belangrijkste doel van deze studie is antwoord te geven op de vraag in hoeverre zeer hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRS), in deze studie IKONOS satellietbeelden met een ruimtelijke resolutie van 1 meter, een toegevoegde waarde kunnen hebben ten opzichte van luchtfoto's en de Top10-vector in het Meetnet Landschap. Alle aandacht binnen deze studie wordt gevestigd op de kleine landschappelijke elementen. Hieronder wordt verder ingegaan op de achtergrond van het Nederlandse landschapsbeleid, het Meetnet Landschap en de nieuwe technologische ontwikkelingen binnen de aardobservatie. Het gaat hierbij om de zogenaamde zeer hoge-resolutie satellietensoren (ZHRS), die mogelijk een belangrijke rol kunnen gaan spelen in het monitoren van de (on)gewenste ontwikkelingen in ons Nederlandse landschap.

Het landschapsbeleid van de rijksoverheid wordt in hoofdlijnen beschreven in de nota 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' (Ministerie van LNV, 2000). De behoefte aan het voeren van landschapsbeleid komt voort uit de bezorgdheid over de kwaliteit van het landschap in Nederland. Het landschap staat voortdurend onder druk ten gevolge van alle veranderingen die plaatsvinden vanuit de behoeften van de samenleving. Een aantal historische, huidige en te verwachten ruimtelijke ontwikkelingen hebben gevolgen die door het landschapsbeleid als negatief worden beschouwd. Veranderingen zoals intensivering van het grondgebruik hebben mede tot gevolg (gehad):

- Verstedelijking van het landschap.
- Versnippering van het landschap.
- Verstoring, verdwijning en aftakeling van historisch gegroeide landschapselementen en – structuren.
- Aantasting van reliëf en aardkundige waarden.
- Nivellering in verscheidenheid van landschapstypen.

Een ander BCRS project 'Mogelijkheden voor inschakeling van hoge-resolutie satellietbeelden bij monitoring verstedelijking' (Kramer en Berg, 2001) richtte zich juist op de verstedelijking van landschap, terwijl het voor u liggende rapport zich richt op het monitoren van landschapsecologische patronen in het landschap. Binnen de huidige offensieve landschapsstrategie wordt gewerkt aan het benutten van kansen voor verbetering van de landschapskwaliteit. Landschapsbeheer Nederland speelt hierin een belangrijke rol. Deze organisatie stimuleert en coördineert ondermeer de aanleg en het beheer van landschapselementen via de twaalf Provinciale stichtingen. Belangrijke uitvoeringsinstrumenten van de overheid zijn de subsidieregelingen Natuurbeheer 2000 (SN) en het Agrarisch Natuurbeheer (SAN), verwoord in de verschillende doelpakketten van het Programma Beheer (DLG, 1999). Om een goed beleid te kunnen voeren is het echter wel nodig inzicht te hebben in de huidige toestand en dynamiek van het landschap en toezicht te houden op de uitvoering van de verschillende subsidieregelingen.

Het *Meetnet Landschap* biedt zo'n raamwerk en levert de mogelijkheid tot het vroegtijdig en betrouwbaar signaleren van belangrijke ontwikkelingen in het landschap, zodat beoordeeld kan worden in hoeverre de door het beleid gestelde doelen zijn gerealiseerd en het landschapsbeleid kan worden verbeterd (Dijkstra en Roos-Klein Lankhorst, 1995). Het Monitoringsysteem Meetnet Landschap is in werking (EC-LNV, 2001) en wordt nog verder ontwikkeld en bestaat uit een samenstel van 9 meetdoelen (zie tabel 1.1).

Tabel 1.1 Meetdoelen van het Monitoringsysteem Landschap, *Meetnet Landschap* (Dijkstra, H. en J. Roos-Klein Lankhorst, 1995)

Nr	Meetdoelen	Beschrijving
1	<i>Monitoring beleving</i>	Het meten van (veranderingen in) de waardering (beleving en gebruik) van de bevolking voor het landschap
2	<i>Cultuurhistorische monitoring</i>	Het signaleren van veranderingen in kenmerkende cultuurhistorische patronen en bijbehorende elementen in het landschap
3	<i>Cultuurhistorische schouw</i>	Het volgen van de onderhoudstoestand van cultuurhistorische elementen
4	<i>Monitoring Aardkundige waarden</i>	Het signaleren van veranderingen in kenmerkende aardkundige patronen en bijbehorende elementen in het landschap
5	<i>Monitoring schaalkenmerken</i>	Het signaleren van veranderingen in identiteit-bepalende schaalkenmerken van het landschap
6	<i>Monitoring landschapsecologische patronen</i>	Het signaleren van veranderingen in kenmerkende landschapsecologische patronen (ecosystemen)
7	<i>Monitoring ruimtegebruik in relatie tot het landschap</i>	Het volgen van veranderingen in het ruimtegebruik, in relatie tot de bruikbaarheid en draagkracht van het landschap.
8	<i>Monitoring verstedelijking</i>	Het signaleren van (sluipende) verstedelijking in het landelijke gebied
9	<i>Monitoring landschapsvernieuwing</i>	Het gericht volgen van nieuwe ontwikkelingen in de landschapsverbeterings- en aandachtsgebieden.

Voor het bereiken van de meerderheid van deze meetdoelen speelt de Top10-vector (het digitale topografische bestand 1:10 000) een centrale rol. Uitgangspunt is om de landschapsmonitoring eens in de 4 tot 8 jaar uit te voeren. De sluit aan bij het feit dat de topografische kaartbladen gemiddeld eens in de vier jaar worden geactualiseerd. Het Meetnet Landschap is in de eerste plaats ontworpen voor monitoring op landelijke schaal. Het monitoringssysteem dient echter tevens bruikbare informatie te leveren voor andere overheden en organisaties (provincies, gemeenten en particuliere organisaties) die belast zijn met de uitvoering van het landschapsbeleid op lokale of regionale schaal.

Uit een vergelijking van de Top10-vector met luchtfoto's is gebleken dat er met name wat betreft lijnvormige beplantingen vaak grote verschillen bestaan tussen beide bronnen (Bakermans, 1986 en Thunnissen en Kramer, 1997):

1. Lijnvormige elementen zijn niet altijd correct opgenomen of ontbreken soms geheel in de top-10 vector.
2. Luchtfoto's tonen eigenschappen van lijnvormige beplantingen, zoals kroonbreedte en openheid, die in de top-10 vector ontbreken.
3. Recente luchtfoto's kunnen aanzienlijk actuelere informatie verschaffen dan de top-10 vector.

Veranderingen van het beplantingspatroon in de tijd kunnen deze verschillen slechts gedeeltelijk verklaren. Rumpff (1991) adviseert naar aanleiding van deze studies om bij onderzoeken waarbij een grote nauwkeurigheid is vereist omtrent de plaats en de kwantiteit van beplantingen, naast de topografische kaart, gebruik te maken van luchtfoto's en veldwerk. Wat betreft kleine landschapselementen leveren luchtfoto's de meest gedetailleerde informatie. Door middel van het scannen van een luchtfoto kan deze worden omgezet in een digitaal beeld. Op een digitale luchtfoto kunnen gemakkelijk automatische bewerkingen, zoals geometrische correcties of contrastverbetering, worden toegepast. De noodzakelijke geometrische (ortho) correctie van grote aantallen afzonderlijke luchtfoto's blijft echter zeer tijdrovend. De grote benodigde verwerkings- en opslagcapaciteit bij het gebruik van digitale luchtfoto's zal steeds minder een probleem vormen, omdat computers steeds krachtiger worden en de opslagcapaciteit steeds goedkoper wordt.

ZHRS-beelden bieden in principe goede mogelijkheden voor de waarneming van kleine landschapselementen in tegenstelling tot Landsat-TM en SPOT satellietopnamen met een ruimtelijke resolutie van respectievelijk 30 en 20 m. Deze zijn daarmee wel geschikt voor waarneming van landschapselementen, zoals bosschages, maar niet voor het detecteren van lijnvormige beplantingen (Van der Laan et al., 1986; Farjon et al., 1987 en Dirkx et al., 1989, Thunnissen et al., 1992). Sinds kort zijn echter satellietbeelden beschikbaar met een zeer hoge ruimtelijke resolutie. De Amerikaanse satelliet IKONOS is de eerste satelliet voor civiele toepassingen met een detail van 1 meter, wat betekent dat auto's en individuele bomen kunnen worden waargenomen. De satelliet is op 24 September 1999 succesvol gelanceerd door het Amerikaanse bedrijf Space Imaging, na een mislukte eerste lancering op 28 April 1999. Dit soort satellietbeelden zijn voor elke gewenste plek in de wereld te bestellen. Een groot voordeel van deze ZHRS-beelden ten opzichte van digitale luchtfoto's is dat ze

regelmatig beschikbaar komen (ongeveer elke 5 dagen kan er een opname van een specifiek gebied worden gemaakt), grote oppervlakten kunnen beslaan en relatief weinig inherente geometrische verstoringen vertonen. Voor Europa kwamen de beelden in 2000 slechts mondjesmaat beschikbaar en vielen de prijzen van 36,- gulden per km<sup>2</sup> nogal tegen. In 2001 kostten de beelden zelfs 52,- US dollar per km<sup>2</sup> door het wegvallen van Space Imaging Europe. Het valt te verwachten dat met de komst van een groot aantal concurrerende hoge-resolutie satelliet sensoren in de nabije toekomst de prijzen weer omlaag zullen gaan (deze ontwikkeling kan men nu al waarnemen).

In dit rapport wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de mogelijkheden van geïntegreerde toepassing van zeer hoge-resolutiesatellietbeelden (ZHRS-beelden) en de Top10-vector voor het monitoren van kleine landschapselementen. Voor kleine landschapselementen wordt het IKONOS beeldmateriaal vergeleken met de voor ons beschikbare luchtfoto's. Dit omdat vanuit de BCRS de vraag centraal is wat de toegevoegde waarde van IKONOS satellietbeelden t.o.v. luchtfoto's en Top10-vector is en hoe deze toegepast kunnen worden binnen het Meetnet Landschap. In Hoofdstuk 2 worden het gebruikte materiaal en de twee studiegebieden Eijsden en Gemert beschreven. Hoofdstuk 3 begint met een behoefteninventarisatie van verschillende gebruikers voor het monitoren van kleine landschapselementen. Vervolgens wordt het detecteren van een aantal kleine landschapselementen met IKONOS satellietbeelden geanalyseerd en vergeleken met luchtfoto's en de TOP10-vector. Aan het eind van het hoofdstuk wordt ingegaan op de temporele dynamiek van een aantal geselecteerde landschapselementen. In hoofdstuk 4 wordt er aandacht besteed aan de mogelijkheden van het softwarepakket eCognition om kleine landschapselementen op een semi-automatische wijze te segmenteren en te identificeren op zeer hoge-resolutie satellietbeelden. In hoofdstuk 5 wordt er ingegaan op de kosten van IKONOS satellietbeelden in vergelijking met luchtfoto's, die een stempel drukken op de verdere verankering van IKONOS satellietbeelden binnen het Meetnet Landschap. Hoofdstuk 7 bevat discussie en aanbevelingen.



## 2 Beschrijving data en studiegebieden

### 2.1 IKONOS satelliet data

Na de mislukte lancering van IKONOS-1 op 28 April 1999 is de lancering van de IKONOS-2 op 24 September 1999 succesvol verlopen. Met deze nieuwe generatie van zeer hoge-resolutie satellietsensoren is er een nieuwe fase aangebroken in de aardobservatie. De IKONOS satellietbeelden worden commercieel geëxploiteerd door het bedrijf Space Imaging Inc., Colorado, USA ([www.spaceimaging.com](http://www.spaceimaging.com)).



*Figuur 2.1 Vergelijking mozaïek van 4 (true-color) kleurenluchtfoto's (links) en één stukje van een (false-color) IKONOS satellietbeeld (rechts) voor een gedeelte van het studiegebied Gemert*

De IKONOS-2 satelliet levert panchromatische beelden (pan) met een ruimtelijke resolutie van 1 meter en multi-spectrale beelden (ms) met een resolutie van 4 meter. De multispectrale beelden hebben 4 kanalen, het eerste kanaal registreert in het blauwe gedeelte van het zichtbare licht, het tweede kanaal in het groene, het derde kanaal in het rode en het vierde kanaal in het nabij-infrarode gedeelte van het elektromagnetisch spectrum. In Tabel 2.1 wordt informatie over de IKONOS sensor beknopt beschreven.

Vanaf 2000 zijn er langzamerhand door Space Imaging meer IKONOS satellietproducten op de markt gebracht. De hoge resolutie en de afmeting van een IKONOS satellietbeeld bieden nu een goed alternatief voor de traditionele luchtfoto's (zie figuur 2.1 als voorbeeld). Bovendien bieden de multi-spectrale IKONOS beelden betere mogelijkheden voor thematische classificatie (bijvoorbeeld voor het berekenen van een vegetatieindex).

IKONOS-2 is de eerste succesvol gelanceerde zeer hoge-resolutie satelliet (ZHRS) van enkele voor de komende 10 jaar geplande en commercieel gebouwde en geëxploiteerde Amerikaanse hoge-resolutiesatellieten (tabel 2.2). Deze satellieten zullen panchromatische opnamen maken met een ruimtelijke resolutie van 0,6 tot 4 m en multi-spectrale opnamen met een resolutie van 4 tot 15 m.

Tabel 2.1 IKONOS sensor informatie

<b>IKONOS sensor informatie</b>	
Lancering IKONOS-1 IKONOS-2	28 April 1999 – mislukt 24 September 1999
Sensor modes	Panchromatisch en multispectraal
Ruimtelijke resolutie	Panchromatisch: 1 meter Multispectraal: 4 meter (geldig voor kijkhoeken < 26 graden)
Spectrale resolutie	Panchromatisch: 0.45 – 0.9 microns Multispectraal Band 1, Blauw 0.45 – 0.52 (microns) Band 2, Groen 0.52 – 0.60 Band 3, Rood 0.63 – 0.69 Band 4, Nabij-Infrarood 0.76 – 0.90
Radiometrische resolutie	11 bits
<b>Scene informatie</b>	
Nominale breedte	11 kilometer
Nominale beeldgrootte	11 * 11 kilometer
Mogelijke beeldafmetingen	Er zijn 3 acquisitie modulen Image_mode: 11 * 11 km Strip_mode: van 11 * 100 km tot 11*1000 km Mosaic_mode: mosaics zijn mogelijk tot 12000 km <sup>2</sup>
Geometrische nauwkeurigheid	12m horizontaal en 10m verticaal zonder GCP's 2m horizontaal en 3m verticaal met GCP's

<b>Orbit gegevens</b>	
Hoogte	681 km
Snelheid	25.200 km/uur
Orbit type	Zon synchroon
Inclinatie-hoek	98.1 graden
Orbit tijd	98 minuten
Baanrichting	Van Noord naar Zuid (Descending nodal crossing time 10:30 AM)
Overkomstfrequentie	Ongeveer 5 dagen (voor 50 graden noorderbreedte)

Verder moeten de Franse SPOT-5 - en de Indiase IRS-1C-satelliet worden genoemd. SPOT-5 maakt panchromatische (pan) opnamen met een ruimtelijke resolutie van 5 m, terwijl de IRS-C satelliet reeds langere tijd panchromatische opnamen maakt met een ruimtelijke resolutie van 5,7 m (tabel 2.2). Daarnaast maakt SPOT-5 multispectrale (ms) opnamen met een ruimtelijke resolutie van 10 m. Opvallend is dat de meeste van deze hoge-resolutiesatellieten zwart-wit opnamen maken met een spectraal bereik tot in het nabij-infrarode deel van het spectrum (tabel 2.2). Een dergelijk breed spectraal bereik was tot nu toe niet gebruikelijk. Een belangrijke reden hiervoor is de hoge (contrasterende) reflectie van de vegetatie in het nabij-infrarood. Hierdoor kan men de vegetatie beter identificeren en karakteriseren.

Met al deze nieuwe satellietssystemen worden de tijdsintervallen tussen mogelijke opnames van eenzelfde gebied aanmerkelijk ingekort. Dit wordt ook bereikt door de opnamehoek van de sensor instelbaar te maken (zoals bij IKONOS en SPOT het geval is). Doordat beelden zowel verticaal als onder een hoek kunnen worden opgenomen, kunnen, indien gewenst, stereobeelden worden verkregen waaruit hoogte-informatie kan worden afgeleid. Echter bij een grotere kijkhoek vermindert de ruimtelijke resolutie van de gemaakte opnamen.

Tabel 2.2 Huidige en komende lanceringen van zeer hoge-resolutie satellietsensoren (ZHRS)

Satelliet	Lancering	Beeld grootte (km) Pan	Spectrale banden		Resolutie (m)	
			Pan	MS	Pan	MS
IRS-1C	28-12-1996	70*70	Pan		5.7	
IKONOS-2	24-9-99	11*11	0.45-0.9	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.90	1	4
EROS A1	Begin 2001	12.5*12.5			1.8	
Early Bird	Mislukt?	6*6	0.45-0.8	0.50-0.59 0.61-0.68 0.79-0.89	3	15
Orbview4	12-08-2001	8*8	0.45-0.90	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.70 0.76-0.90 +Hyper spect.(200 ch)	1.0	4.0
Orbview3	Herfst 2001	8*8	0.45-0.90	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.70 0.76-0.90	1.0	4.0
Quickbird2	18-10-2001	32*32	0.45-0.89	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.89	0.61	2.5
SPOT-5	04-05-2002	60*60	0.51-0.73	0.50-0.59 0.61-0.68 0.79-0.89	5.0	10.0
EROS B1-B6	2002-2004	16*16			0.82	

Op basis van de beschikbare IKONOS satellietbeelden in Juni 2000 en de bijzonderheid van het landschap zijn Gemert (BR.) en Eijsden (L.) als studiegebieden uitgekozen.

Voor het studiegebied Eijsden is er één IKONOS beeld gebruikt, namelijk van begin Mei 2000.

Voor het studiegebied Gemert zijn 2 IKONOS beelden gebruikt, namelijk 19 April 2000 en 13 Juni 2000.

## **2.2 Luchtfoto's**

### **2.2.1 Zwart-wit luchtfoto's van de TDN**

De zwart-wit foto's van de Topografische Dienst Nederland (TDN) zijn opgenomen met een schaal van 1:18.000 en vervolgens gescand op 254 dpi (overeenkomend met een resolutie van 1 meter). Ieder jaar wordt voor ca. 25% van Nederland nieuwe opnamen gemaakt zodat een luchtfoto variërend van minimaal 1 tot maximaal 4 jaar in actualiteit achter loopt. De bestandsgrootte per foto bedraagt ca. 12 Mb. Voor een landsdekkend bestand zijn 3000 foto's nodig.

Van de Topografische Dienst zijn twee luchtfoto's ontvangen voor het studiegebied Gemert. De opnamen zijn van 1 Februari 1998 en zijn met 720 dpi gescand (bestandsgrootte 48 Mb.). Deze opnamen zijn echter niet gebruikt binnen deze studie omdat zij pas begin April 2001 werden ontvangen en geometrisch nog niet gecorrigeerd waren. Er werd op dat moment voorkeur gegeven aan het gebruik van Eurosense kleurenfoto's. Niet alleen omdat de Eurosense kleurenfoto's wel al geometrisch gecorrigeerd waren, maar ook omdat zij van hetzelfde jaar (2000) waren als de IKONOS satellietbeelden (zie paragraaf 2.2.3).

### **2.2.2 Zwart-wit luchtfoto's van Aerocarto**

KLM Aerocarto heeft een uitgebreid en waardevol archief van over de afgelopen 80 jaar. KLM Aerocarto heeft tot op heden meer dan 150.000 oblique luchtfoto's gemaakt en in eigen beheer bewaard. Voor het verbeteren van de ontsluiting van dit unieke archief zijn alle metagegevens over deze luchtfoto's in een database gestopt ([www.klmaerocarto.com](http://www.klmaerocarto.com)).

De zwart-wit luchtfoto's die voor het studiegebied Eijsden zijn gebruikt zijn van Mei 1980 en hebben een schaal 1:18.000. Deze luchtfoto's zijn in huis gescand en daarna geometrisch gecorrigeerd aan de hand van de TOP10-vector.

### **2.2.3 Kleuren luchtfoto's van Eurosense**

De kleuren luchtfoto's van Eurosense zijn van Juni 2000 en hebben een schaal van 1:25.000. De gescande bestanden hebben een resolutie van 1 meter. Eén kleurenfoto beslaat een gebied van 4 bij 4 km en heeft een omvang van 48 Mb. Voor een landsdekkend bestand zijn 2500 foto's nodig. De omvang van een landsdekkend bestand bedraagt dus 120 Gb. De luchtfoto's zijn geometrisch gecorrigeerd, maar niet als orthofoto en er heeft ook geen fotogrammetrische correctie plaatsgevonden (voor o.a. lichtafval). De luchtfoto's zijn aangeschaft binnen het BRP (Basis Registratie Percelen) project en er is toestemming gevraagd om van deze luchtfoto's gebruik te mogen maken voor de studiegebieden Eijsden en Gemert.

## 2.3 Top10-vector

De Topografische Dienst in Emmen (TDN) vervaardigt de Top10-vector (de digitale topografische kaart schaal 1:10.000), en bestaat uit vier Arc-Info deelbestanden, te weten:

1. *Deelbestand vlak* Dit deelbestand bevat alle topografische vlakelementen met zowel vlak- als lijnattribuutgegevens (bijv. vlak = weiland, vlakgrens = weg). Aan de vlakgrens kunnen meerdere lijn attribuutgegevens gekoppeld zijn (TDN noemt deze bijcodes). Dit betreft topografische lijnelementen die evenwijdig aan een vlakgrens lopen. De geometrie van deze lijn wordt niet apart opgeslagen. Er wordt alleen aangegeven of de lijn links of rechts naast de vlakgrens ligt (bijv. vlakgrens = weg, lijn links = sloot, lijn rechts = bomenrij).
2. *Deelbestand lijn*. Dit deelbestand bevat alle topografische lijnelementen die geen relatie hebben met een vlakgrens.
3. *Deelbestand huis*. Dit deelbestand bevat alle vrijstaande bebouwing.
4. *Deelbestand symb*. Dit deelbestand bevat alle topografische puntelementen (bijv. los staande bomen).

De landschapselementen die binnen dit project van belang zijn, kunnen dus in een of meerdere deelbestanden voorkomen. Tabel 2.3 bevat een overzicht van de voor dit onderzoek relevante landschapselementen en de overeenkomende klassen uit de Top10-vector (Topografische Dienst, 1998). De geometrische nauwkeurigheid van de Top10-vector bedraagt ca. 5m (0,5 mm tekennauwkeurigheid).

Voor het studiegebied Eijsden zijn Top10-vectorkaartbladen T69C en T69D gebruikt. Voor het studiegebied Eijsden waren de uitgaven van 1995 en 1999 beschikbaar.

Voor het studiegebied Gemert waren de Top10-vectorkaartbladen 45HZ1, 45HZ2, 56CZ1, 51FN1, 51FN2, 52AN1, 51FZ1, 51FZ2, 52AZ1 gebruikt. Voor Gemert was alleen de uitgave van 1998 beschikbaar.

Tussen de opname van de luchtfoto's en publicatie van de Top10-vector van hetzelfde gebied ligt een periode van 6 à 16 maanden. Het is de bedoeling dat vanaf 1 januari 1998 alle bladen eenmaal in de vier jaar worden geactualiseerd.

Tabel 2.3 Relevante landschapselementen en overeenkomende Top10-vectorklassen en -coderingen (TDN-kode)

Landschapselement	Top10-vectorklasse	TDN-kode*	Type
(on)verharde wegen smaller dan 6 m en tussen 6 en 10 m breed	hoofdverbindingsweg, breder dan 7 m	230	Vlak
	hoofdverbindingsweg, breedte tussen 4 en 7 m	240	Vlak
	hoofdverbindingsweg, smaller dan 4 m	250	Vlak
	weg voor autoverkeer, breder dan 7 m	290	Vlak
	verharde weg, breder dan 7 m	310	Vlak
	verharde weg, breedte tussen 4 en 7 m	320	Vlak
	verharde weg, breedte smaller dan 4 m	330	Vlak
	onverharde weg met standaard breedte (aslijn v/d weg)	338	Lijn
	onverharde weg met standaard breedte (contouren v/d weg)	339	Lijn
	gedeeltelijk verharde weg	341	Vlak
	onverharde weg, belangrijke landweg	342	Vlak
	onverharde weg	343	Vlak
	fietspad breder dan 2 m, verhard	360	Vlak
	fietspad behorend bij weg	363	Lijn
	pad / voetpad	364	Lijn
verspreide bebouwing	gebouw	100	Vlak
	kas/warenhuis	107	Vlak
dijken	dijk hoger dan 2,5 m	710	Lijn
	dijk tussen 1-2,5 m hoog	711	Lijn
	dijk in aanleg	712	
	dijk in ontwerp	713	
(aarden)wallen, stijlranden	boezemkade	714	Lijn
	wal / kade	715	Lijn
	hoogteverschil	722	Lijn
	aardrand / steile kant	725	Lijn
	talud / rechte arcering, hoogteverschil > 2,5 omhoog	726	Lijn
	talud / rechte arcering, hoogteverschil > 2,5 omlaag	727	Lijn
	schuine arcering, hoogteverschil > 2,5 omhoog	728	Lijn
schuine arcering, hoogteverschil > 2,5 omlaag	729	Lijn	
greppels sloten tussen 1 en 3 m en tussen 3 en 6 m	greppel / droge sloot	600	
	sloot smaller dan 3 m	601	Lijn
	sloot met breedte tussen 3 en 6 m	602	Lijn
	Oeverlijn en poel (kleiner dan 0,5 ha)	611	Vlak/ Lijn
	moeras en riet (kleiner dan 0,5 ha)	630	Symb
	riet	631	Symb
Heggen Griend Bomen solitair Bomenrij Bomensingels (smaller dan 5m, tussen t en 10 m en breder dan 10 m), bosje (tussen 0,1 en 0,5 ha en 0,5 en 2 ha) Boomgaard(tussen 0,1 -0,5 ha en 0,5 en 2 ha)	heg / smalle houtrand	511	Lijn
	Griend	507	Vlak
	Losse boom	500	Symb
	loofbos	502	Vlak
	naaldbos	505	Vlak
	gemengd loof / naaldbos	506	Vlak
	populierenopstand	508	Vlak
	bomenrij	512	Vlak
	bomenrij langs beide zijden van een weg of waterloop	513	Vlak
	bomen in de middenberm van een weg	519	Vlak
	Boomgaard – Hoogstammige fruitbomen	522	Vlak
	Fruitkwekerij – Laagstammige fruitbomen	531	Vlak

\* : het vierde cijfer (niet weergegeven) is een getal tussen de 0 en de 9 waarmee de codesoort wordt aangegeven (bijvoorbeeld 0 = hoofdcode), dit is niet van belang voor de klasse

## **2.4 Bewerkingen IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's**

### **2.4.1 Geometrische correctie**

Door bewegingen van het vliegtuig is het projectievlak van de (digitale) camera nooit volkomen horizontaal, d.w.z. niet evenwijdig aan het aardoppervlak. Deze kanteling leidt ertoe dat objecten aan het aardoppervlak vertekend worden afgebeeld op de opname. Door ontschrinking van de opname kan deze vertekening worden gecorrigeerd. De camera is tegenwoordig meestal zodanig in het vliegtuig gemonteerd dat deze de schommelingen van het vliegtuig grotendeels op kan vangen. Bij voldoende stabilisatie is ontschrinking van luchtopnamen van vlak en horizontaal terrein niet meer nodig.

In volkomen vlak terrein en bij een geheel verticale opname is de schaal van de luchtopname overal gelijk. Hoogteverschillen in het terrein (heuvels maar ook dijken, bebouwing en opgaande begroeiing) leiden echter tot lokale schaalverschillen in de opname. Hierdoor wordt de ligging van terreinpunten, met een hoogte die afwijkt van een (vastgestelde) referentiehoogte, verplaatst ten opzichte van punten op de referentiehoogte. Dit effect wordt reliëfverplaatsing genoemd. De reliëfverplaatsing is het kleinst in het midden van de opname en het grootst aan de randen. De reliëfverplaatsing neemt toe als de hoogte van het terreinpunt toeneemt en neemt af als de vlieghoogte toeneemt. Bij een (digitale) ortho-opname heeft er correctie voor reliëfverplaatsing plaatsgevonden. Een ortho-foto is een foto met de geometrische eigenschappen van een kaart. Bij een ortho-opname en kaart is er sprake van een orthogonale projectie, de punten van het terrein zijn loodrecht geprojecteerd op een plat vlak en er is sprake van één schaal. Voor de correctie naar ortho-opnamen zijn (veel) hoogtegegevens van het terrein nodig. De panchromatische luchtfoto's van de TDN zijn met een beperkt aantal hoogtepunten omgezet naar ortho-foto's. De full-color foto's van Eurosense zijn echter niet gecorrigeerd voor hoogteverschillen in het terrein. Deze foto's zijn geometrisch (twee-dimensionaal) gecorrigeerd met behulp van de Top10-vector. De geometrisch gecorrigeerde luchtfoto's en de Top10-vector komen over het algemeen goed met elkaar overeen. Lokaal kunnen echter (geringe tot grote) afwijkingen worden aangetroffen, met name in heuvelachtige gebieden. De afwijkingen op de kleurenopnamen van Eurosense zijn daar iets groter dan op de panchromatische opnamen van de TDN.

Hierbij moet echter worden opgemerkt dat de geometrische nauwkeurigheid van de Top10-vector circa 5 à 10 m bedraagt (tekennauwkeurigheid, digitaliseernauwkeurigheid en geometrische nauwkeurigheid van de luchtfoto's). Een afstand van 10 m in het veld komt overeen met 1 mm op de Top10-vector. De geometrische nauwkeurigheid van de Top10-vector is hierdoor in feite niet voldoende voor een goede geometrische correctie van remote sensing opnamen of luchtfoto's met een ruimtelijke resolutie kleiner dan 5 m. In dit project is echter de Top10-vector als uitgangspunt genomen en deze dient dan ook als referentie voor de geometrische nauwkeurigheid te worden beschouwd.



Vanwege de grote stabiliteit van satellieten en de grote hoogtes waarop de opnamen worden vervaardigd (tussen de 600 en 800 km voor polaire satellieten), vertonen de IKONOS satellietbeelden van Nederland (nadir opnamen) een nagenoeg orthogonale projectie. Hierdoor is het niet nodig ortho-opnamen te vervaardigen en kan bij de geometrische correctie waarschijnlijk worden volstaan met een eenvoudige lineaire transformatie. Indien onder een (grote) hoek wordt opgenomen, moet wel rekening worden gehouden met reliëfverplaatsing. Het is niet bekend onder welke hoek de IKONOS-beelden van het gebied in Zuid-Limburg zijn opgenomen. De beelden zijn geleverd in een Mercator projectie en vervolgens getransformeerd naar de Stereografische projectie volgens de Rijksdriehoeksmeting. De IKONOS-beelden zijn zo goed mogelijk gecorrigeerd naar de Top10-vector. In het algemeen kan worden gesteld dat bij de geometrische correctie van de IKONOS-beelden een maximale afwijking van circa 2 pixels ten opzichte van de Top10-vector in de praktijk kan worden gerealiseerd. Bij geometrische transformaties is in deze studie over het algemeen gebruik gemaakt van de 'cubic convolution' methode. De 'cubic convolution' methode vermijdt trapsgewijze overgangen en vermindert ruis in vergelijking tot de 'nearest neighbour' methode. Wel veranderen pixelwaarden en worden extremen en subtiliteiten in het beeld afgezwakt.

#### **2.4.2 Fusie technieken voor de combinatie van panchromatische en multispectrale satellietbeelden**

Combinatie van een panchromatisch met een multispectraal IKONOS beeld kan een beeld op leveren met een hogere informatie-inhoud dan elk van de afzonderlijke beelden. Bovendien heeft om praktische redenen het gebruik van één (gecombineerd) beeld de voorkeur boven het gebruik van twee afzonderlijke beelden. In deze studie heeft beeldcombinatie tot doel de ruimtelijke resolutie van de multispectrale IKONOS-beelden te verhogen door combinatie met de panchromatische IKONOS-beelden. Er zijn verschillende technieken beschikbaar voor beeldcombinatie. Omdat er geen standaardprocedures zijn om de optimale techniek vast te stellen, moet men vaak empirisch te werk gaan om het beste resultaat te vinden. In deze studie zijn de 4 technieken toegepast die in de ERDAS Imagine beeldbewerkingssoftware (ERDAS, 1994) opgenomen zijn.

Een veel toegepast combinatieproces ('data fusion') ten behoeve van de vergroting van de ruimtelijke resolutie van multispectrale beelden met behulp van een panchromatische dataset met een hogere ruimtelijke resolutie bestaat uit drie stappen:

- 1) Omzetting van de multispectrale banden in getransformeerde banden met behulp van een transformatietechniek.
- 2) Vervanging van één van de banden in de getransformeerde multispectrale ruimte door de hoge-resolutie panchromatische band.
- 3) Inverse transformatie van de banden in de getransformeerde ruimte naar de originele multispectrale ruimte.

In het ideale geval worden bij combinatie van de panchromatische hoge-resolutiebeelden met de multispectrale lage-resolutiebeelden de originele spectrale

kenmerken van de multispectrale beelden zoveel mogelijk gehandhaafd en wordt alleen de aanvullende ruimtelijke informatie, aanwezig in het panchromatische beeld, geïmporteerd in de multispectrale banden (Shettigara, 1992 en Chavez et al., 1991). Een minimale verstoring van de spectrale kenmerken kan van belang zijn om te waarborgen dat objecten die in de originele beelden spectraal te onderscheiden zijn, dat ook nog zijn in de gecombineerde beelden.

Twee veel gebruikte transformatietechnieken (stap 1), die ook in deze studie zijn gebruikt, zijn de zogenaamde Intensity, Hue, Saturation (IHS) en de Principal Component (PC) transformatietechniek. Met de IHS- en de PC-transformatietechnieken zijn de originele multispectrale IKONOS-banden omgezet naar respectievelijk de IHS-banden en verschillende PC-banden (stap 1). Vervolgens zijn de 'Intensity' band oftewel de eerste 'Principal Component' band vervangen door de panchromatische IKONOS band (stap 2), waarna de getransformeerde banden weer terug zijn getransformeerd naar de originele spectrale ruimte (stap 3). In beide bovengenoemde technieken wordt aangenomen dat de intensiteitscomponent (I oftewel PC1) van het multispectrale IKONOS-beeld spectraal gelijk is aan het panchromatische IKONOS-beeld.

De beide overige combinatietechnieken die in deze studie zijn gebruikt, passen een relatief eenvoudige, rekenkundige integratie van de 2 beelden toe: de 'vermenigvuldigingsmethode' (multiplicative) en de 'Brovey' methode. Deze methoden hebben tot doel de ruimtelijke resolutie van multispectrale beelden te vergroten met behulp van een panchromatische dataset met een hogere ruimtelijke resolutie. Met de vermenigvuldigingsmethode worden de banden van het gecombineerde beeld verkregen door de banden van het multispectrale beeld in N spectrale banden te vermenigvuldigen met de panchromatische band. De Brovey methode tenslotte past een formule toe die de input data in N multispectrale banden normaliseert en het resultaat vermenigvuldigt met de hoge-resolutie panchromatische band. Bij toepassing van de transformatietechnieken werd 'cubic convolution' als resampling methode gebruikt.

### **2.4.3 Resultaat fusie technieken**

De verschillende 'fusion' of combinatietechnieken zijn toegepast op het IKONOS satellietbeeld van Eijsden (Mei 2000) en worden hieronder besproken aan de hand van figuur 2.3. Het studiegebied Eijsden bestaat voornamelijk uit landbouwgebied en enkele bossen en dorpen. In het grootste deel van het landbouwgebied worden akkerbouwgewassen geteeld. Daarnaast komen grasland en boomgaarden (zowel hoogstam als laagstam) voor. Het IKONOS-beeld van Eijsden is van begin Mei 2000 en er zijn al enkele akkerbouwgewassen ontsproten maar de meeste percelen zijn echter nog kaal. Op het panchromatische beeld (ruimtelijke resolutie 1 m) zijn alle individuele bomen goed waarneembaar en herkenbaar, in tegenstelling tot de multispectrale IKONOS opnamen (ruimtelijke resolutie 4 m), waarop kleine en zeer smalle (< circa 3 m) topografische elementen (bijvoorbeeld huizen, solitaire bomen en boomgaarden) niet tot slecht waarneembaar en/of herkenbaar zijn (zie figuur 2.3).

Wat betreft de gewasgrenzen valt het op dat een groot aantal (vegetatie)grenzen die duidelijk waarneembaar zijn op de multispectrale beelden, niet goed te zijn onderscheiden op het panchromatische beeld. Dit is zelfs het geval voor veel grenzen tussen gewas (rood op het IKONOS multispectrale beeld) en kale bodem (blauw op het IKONOS MS beeld). Dit laatste kan mogelijk worden verklaard doordat de panchromatische IKONOS beelden, in tegenstelling tot de beschikbare luchtfoto's, naast de zichtbare ook de nabij-infrarode straling omvat (tabel 2.1). Vergelijking tussen de 'true color' en 'false color' IKONOS-beelden (fig. 2.3) laat zien dat de meeste vegetatie-overgangen op beide beelden goed zichtbaar zijn, in tegenstelling tot op het panchromatische beeld. Het 'false color' beeld heeft echter een groter contrast en toont duidelijkere reflectie-overgangen. Hierdoor zijn veel gewasgrenzen beter te onderscheiden en is vooral in bos- en natuurgebieden meer detail waarneembaar. Ook is duidelijk zichtbaar dat de multi-spectrale IKONOS beelden (4m resolutie) veel minder detail laten zien dan de luchtfoto's. Het panchromatische IKONOS beeld (1m resolutie) heeft zelfs nog iets minder detail dan de kleurenluchtfoto's (1m) en vertoont minder contrast. Daarom kan het gebruik van gecombineerde panchromatische en de multispectrale IKONOS-beelden voordelen bieden (fig. 2.3).

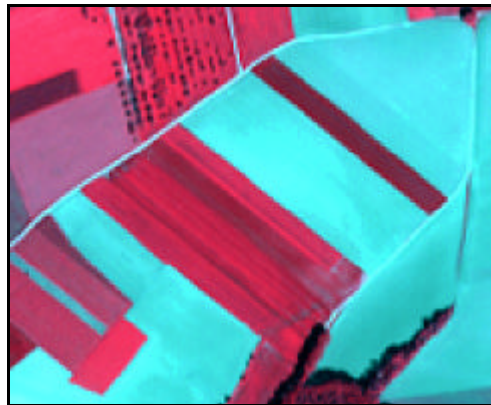
Het doel van de gecombineerde satellietbeelden (dmv fusion technieken) is het verkrijgen van een optimale spectrale en ruimtelijke resolutie. De met de Brovey -, PC -, en multiplicatieve methoden vervaardigde combinatiebeelden komen slechts matig overeen met de originele 'full color' en 'false color' beelden. (In andere gevallen heeft de PC methode veel betere resultaten opgeleverd. De reden voor deze verschillen is niet duidelijk). De kleuren van de met de Brovey methode vervaardigde combinatiebeelden wijken in kleur het sterkst af van die van de originele IKONOS-MS beelden. Echter deze combinatiemethode behoudt als beste de ruimtelijke resolutie van het panchromatische beeld vast en verdient hierdoor de voorkeur. In de gevallen dat thematiek (verschillen in reflectie) een belangrijke rol gaat spelen is er een voorkeur voor de IHS methode.

Echter in de praktijk van de visuele interpretatie is het handiger om de panchromatische en multispectrale IKONOS beelden naast elkaar te behouden en dus niet te combineren tot een beeld. En juist de opgaande beplantingen of houtopstanden komen het duidelijkst naar voren op het panchromatische IKONOS satellietbeeld. Vergelijk de bomen in de boomgaard (links bovenin) voor de verschillende beeldmaterialen in figuur 2.3

Zowel bij geometrische correctie als bij de vervaardiging van combinatiebeelden wordt een resamplingtechniek uitgevoerd. Bij toepassing van de 'nearest neighbor' methode resulteert resampling in een verplaatsing van pixels en een trapsgewijs verloop van diagonale en gebogen lijnen in het gecorrigeerde beeld, vooral wanneer resampling plaats vindt naar kleinere pixels. Bij de 'cubic convolution' resampling methode is geen sprake van verplaatsing van pixels en wordt de ruis verminderd, waardoor grenzen nauwkeuriger kunnen worden vastgesteld. Bij visuele interpretatie van remote sensing opnamen wordt dan ook over het algemeen de voorkeur gegeven aan 'cubic convolution' resampling.



*IKONOS panchromaat, Mei 2000*



*IKONOS MS, false color, RGB: 4/3/2*



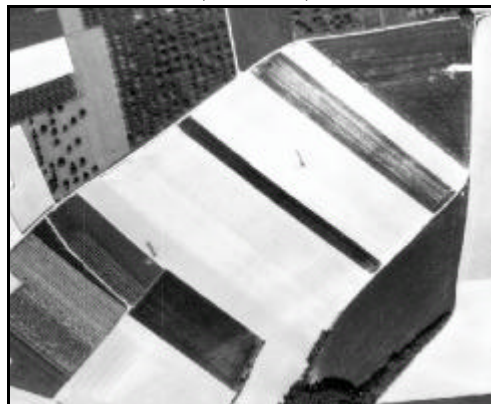
*IKONOS MS, True Color, RGB: 1/2/3*



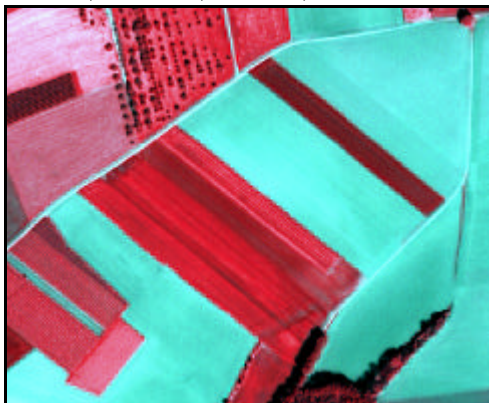
*Luchtfoto True Color, Eurosense, Juni 2000*



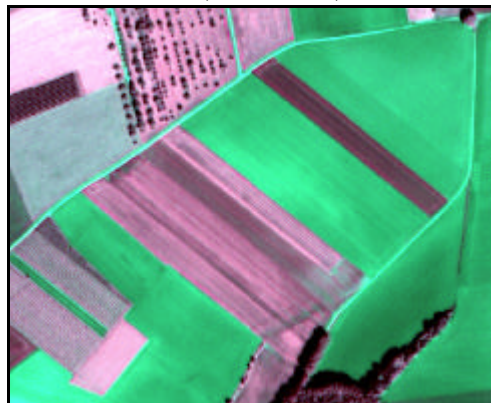
*Luchtfoto, True Color, Eurosense, zomer 1996*



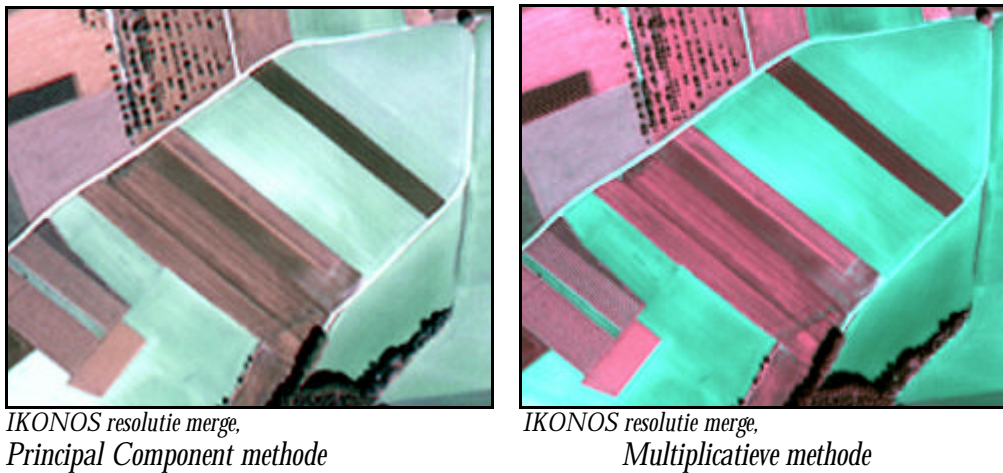
*Luchtfoto Aero Carto, Panchromaat, 17-5-80*



*IKONOS resolutie merge, IHS to RGB*



*IKONOS resolutie merge, Brovey methode*



Uitsnede Top10- vector (1999) voor een gedeelte van het studiegebied Eijsden, Limburg



Figuur 2.2 Panchromatische en multispectrale IKONOS satellietbeelden en hun afgeleide (merging) producten in vergelijking met kleurenluchtfoto's van Eurosense voor een detail van het studiegebied Eijsden

## 2.5 Studieggebieden

### 2.5.1 Eijsden

Het Limburgse studiegebied zelf ligt in de Voerstreek en ligt voor meer dan de helft in België (zie figuur 2.4). Het studiegebied kent dorpen als 's-Gravenvoeren (België), Mariadorp, Mesh en Mheer (Nederland). Het Nederlandse gedeelte van het studiegebied ligt zowel in de gemeente Eijsden als Margraten.

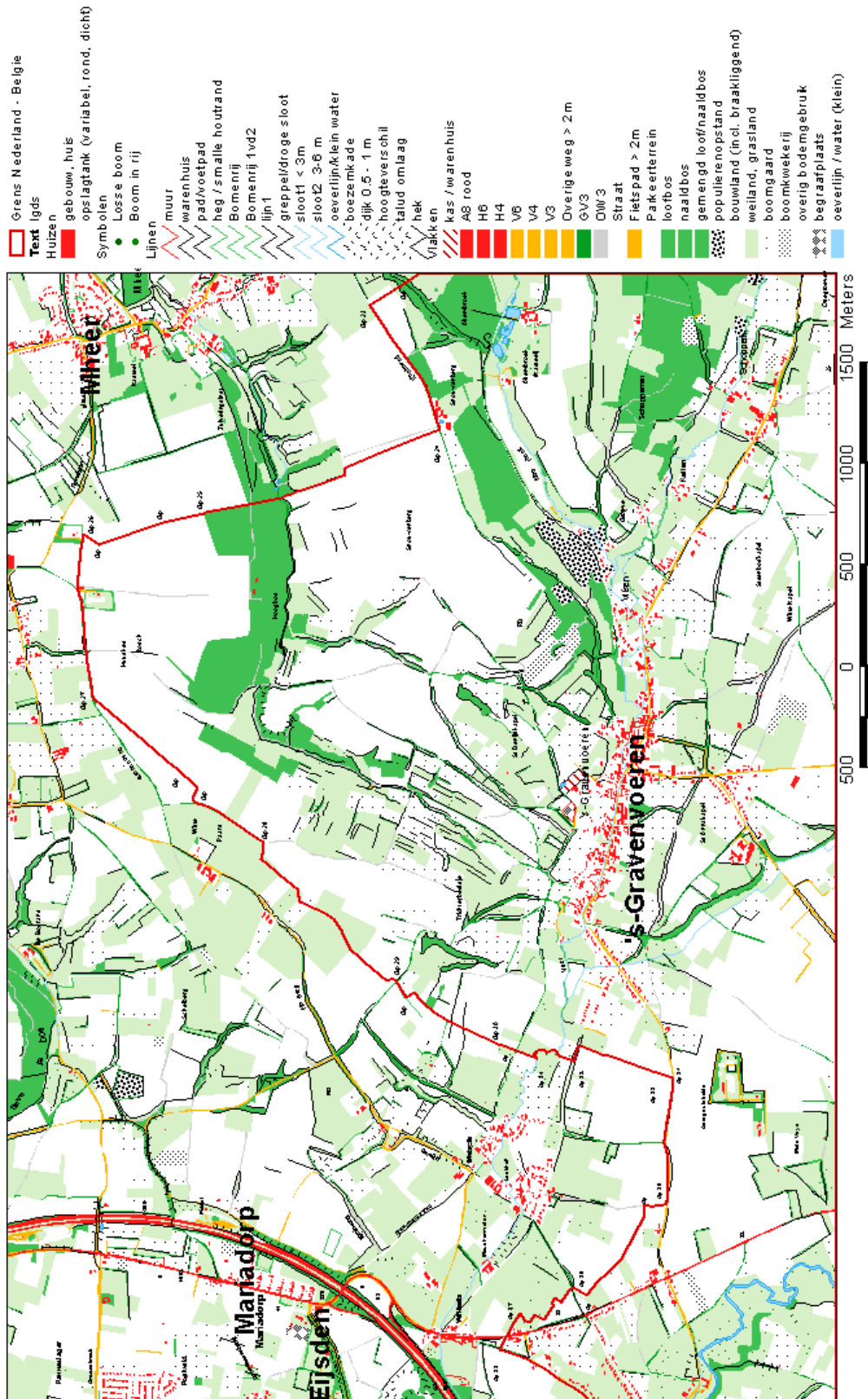
De waarde van de streek als natuurgebied is vooral een gevolg van de unieke geomorfologische gesteldheid van het gebied voor Nederland en daarnaast het kleinschalige karakter van het landschap, dat een bijzonder groot aantal biotopen op

een kleine oppervlakte combineert. Door het overwegend agrarische karakter van de dunbevolkte voerstreek is dit landschapspatroon nog vrij gaaf bewaard gebleven. Maar de landbouw heeft een dynamisch karakter: het verandert sterk onder invloed van nieuwe landbouwtechnieken en teelten. Er bestaat zelfs een plan om de gehele Voerstreek als landschapspark te beschermen.

Het studiegebied heeft met een grootte van 5,5 bij 4,1 km een oppervlakte van 22,6 km<sup>2</sup>. Het studiegebied heeft de volgende geografische begrenzing;  $U_{xy}$  (178248, 310786) en  $LR_{xy}$  (183800, 306704), uitgedrukt in het rijkdriehoekstelsel. Voor het studiegebied is een IKONOS satellietbeeld van begin mei 2000 gebruikt.

In Bijlage A is een beschrijving gegeven van het studiegebied aan de hand van de Top10-vector. Specifieke kleine landschapselementen voor het gebied zijn niet alleen z'n holle wegen en graften, maar ook zijn hoogstamboomgaarden en zijn vaak zeer oude heggen.





Figuur 2.3 Topografische kaart van studiegebied bij Eijsden, Limburg (bron: Top-10 vector, versie 1999)

## 2.5.2 Gemert

Het studiegebied Gemert vormt het noordelijke deel van het grondgebied van de gemeente Gemert-Bakel. Het gebied maakt deel uit van het hoogveenontginningsgebied van de Peel in Oostelijk Brabant. Het is een agrarisch productielandschap opgebouwd uit een mozaïek van uiteen lopende ontginningsbossen. Het agrarisch landschap, momenteel een pilot in het kader van de reconstructiewet zandgebieden, bestaat uit landbouwgronden afgewisseld met bosrijke landgoederen (Stippelberg) en restanten van het voormalige hoogveen en heidevelden. Door een ontwikkelingsgericht gemeentelijk landschapsbeleid zijn de afgelopen 15 jaar veel kleine landschapselementen met onder meer erfbeplantingen, poelen en natuurontwikkeling langs waterlopen aangelegd en/of verbeterd. Het gebied ligt op zandgronden en bestaat, volgens het landelijke grondgebruiksbestand LGN-3 voor driekwart uit gras (36,3%), mais (18,1%), naaldbos (16,1%) en loofbos (5,7%). Een kenmerkend klein landschapselement voor deze streek zijn z'n houtwallen. Het studiegebied Gemert heeft met een grootte van 13,0 bij 8,1 km een oppervlakte van 105,3 km<sup>2</sup>. In Bijlage B wordt een beschrijving van het studiegebied gegeven aan de hand van de Top10-vector. Het studiegebied wordt begrensd door de volgende geografische co-ordinaten,  $U_{xy}$  (172000, 401000) en  $L_{xy}$  (185000, 392900). Het studiegebied wordt gedekt door twee IKONOS satellietbeelden met een overlap van een strook van ongeveer 600m. Het rechter IKONOS beeld is van 19 April 2000, het linker beeld is van 13 Juni 2000.

## 2.6 Veldwerk

Voor beide studiegebieden is een dag aan veldwerk besteed. Voor Eijsden is dit gebeurd op 5 Juni 2001 en voor Gemert op 26 Juni 2001. Als voorbereiding voor het veldwerk zijn kaarten van beide studiegebieden geplot met daarop het panchromatische IKONOS beeld en een selectie van relevante kleine landschapselementen uit de Top10-vector, en een plot met het gecombineerde panchromatische en multispectrale IKONOS beeld. Bij de voorbereiding is er vooral gekeken naar informatie uit de Top10-vector en informatie uit de IKONOS beelden niet met elkaar in overeenstemming waren. Deze gebieden zijn in het veld bezocht. Verder is er in het studiegebied in Eijsden speciale aandacht besteed aan hoogstamboomgaarden, holle wegen, graften, heggen, poelen en solitaire bomen.

In het studiegebied Gemert is er vooral gekeken naar houtwallen. Tijdens het veldwerk zijn de nodige foto's gemaakt om het een en ander te kunnen illustreren en als geheugensteuntje. In het studiegebied Eijsden bleek dat veel solitaire bomen niet op de TOP10-vector stonden aangegeven en sommige hoogstamboomgaarden en heggen verdwenen waren. In het studiegebied Gemert waren er veel houtwallen die niet op de TOP10-vector stonden aangegeven. Echter in het geval van houtwallen is het onmogelijk om deze te detecteren alleen op basis van luchtfoto's of IKONOS satellietbeelden. Een eerste reactie van de Gemeente Gemert-Bakel, die als test voor hun landschapsinventarisatie gebruik maakten van onze IKONOS satellietbeelden, is



dat de informatie in de Top10-vector t.a.v. kleine landschapselementen (o.a. houtwallen) erg onbetrouwbaar was.

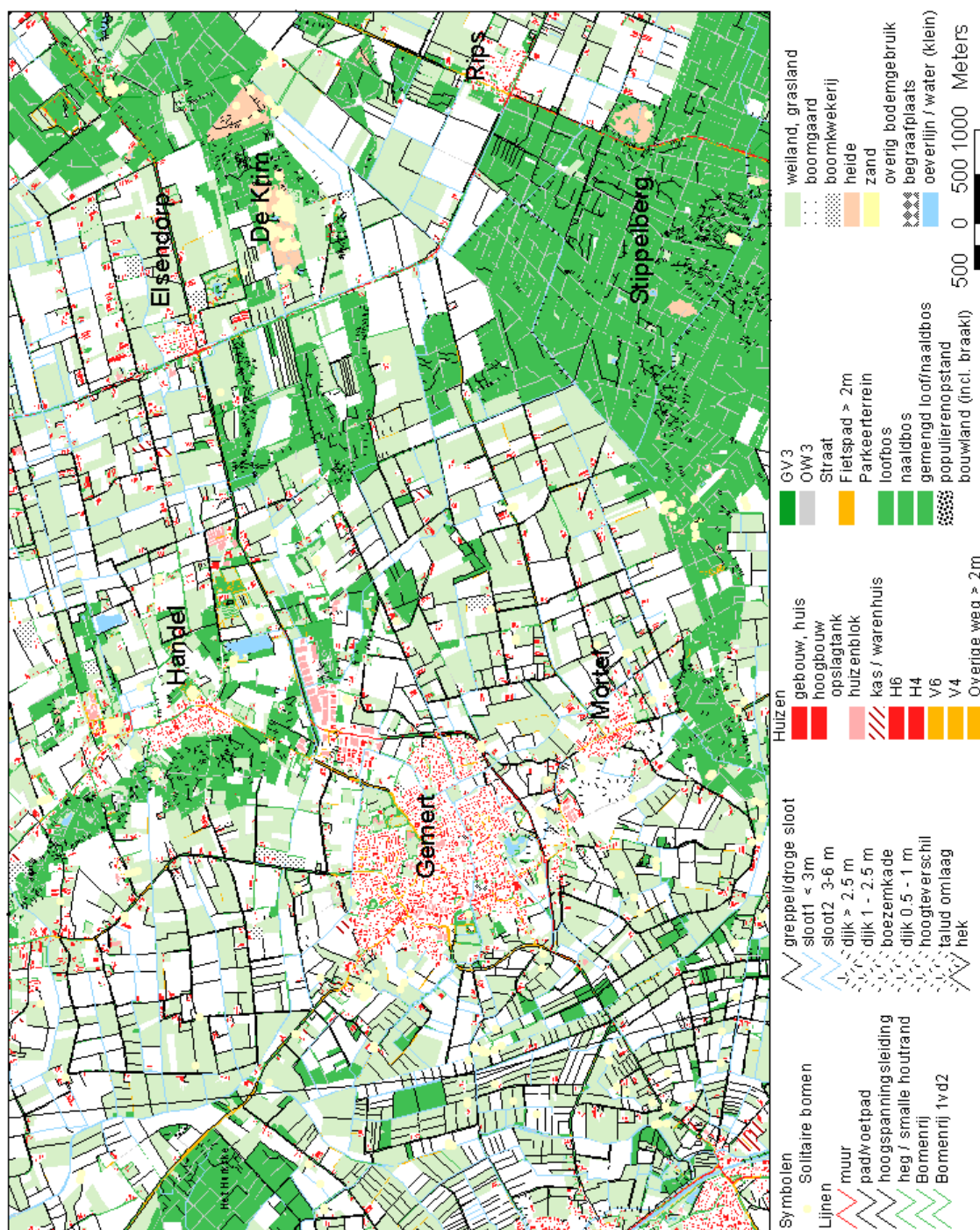


Figure 2.4 Topografische kaart van studiegebied bij Gemert, Brabant (bron: Top10 vector, versie 1998)



### 3 Monitoring kleine landschapselementen

#### 3.1 Een behoefte-inventarisatie

Kleine landschapselementen, zoals heggen, bomenrijen, houtwallen, sloten, poelen, etc., spelen een belangrijke ecologische en esthetische rol in het Nederlandse landschap. Dit wordt niet alleen erkend in de LNV Nota 'Natuur, bos en landschap in de 21e eeuw', maar komt ook tot uiting in de subsidieregelingen voor landschapselementen, zoals verwoord in de landschapspakketten van het Programma Beheer. Voor veel planten en dieren vormen de kleine landschapselementen een belangrijk onderdeel van hun natuurlijke habitat. De punten en lijnen in het landschap zijn daarmee belangrijke verbindingselementen (corridors of stepping stones) in het landschap en daarmee in de ecologische hoofstructuur (Schmitz, 1993). Ook voor de beleving en waardering van het landschap door de mens spelen deze kleine landschapselementen vaak een belangrijke rol (Hermy en de Blust, 1997). In het verleden hebben door ruilverkaveling vele landschapselementen zoals houtwallen en heggen plaatsgemaakt voor prikkeldraad. Hierdoor is de habitat voor vele dieren versnipperd, geïsoleerd of onbereikbaar geworden.

Het nauwkeurig monitoren van kleine landschapselementen is dan ook van groot belang (Dirkx et al. 1993; Knol, 1994, Dijkstra *et al.* 1997, Dijkstra *et al.* 1998, Dijkstra *et al.*, 2000). Eerdere studies wijzen er al op dat er grote verschillen bestaan tussen de informatie op de topografische kaarten en de werkelijke situatie in het veld, met name voor lijnvormige beplantingen (Bakermans, 1986 en Thunnissen en Kramer, 1997). Bovendien kan naast actualiteit ook de afwezigheid van een goede en exacte definitie van de betreffende landschapselementen een probleem vormen voor monitoringsdoeleinden. Als voorbeeld: hoeveel bomen moeten er in een hoogstamboomgaard staan om nog te kunnen spreken van een hoogstamboomgaard?. Om een idee te krijgen hoe opgaande beplantingselementen in de Top10-vector van de Topografische Dienst Nederland (TDN) zijn gedefiniëerd, is hieronder een beschrijving volgens de TDN van een aantal elementen gegeven.

#### **Heg**

In de Top10-vector (TDN, 1998) vallen onder heg de elementen heg, haag en windscherm. Heg: een rij bomen, al of niet in combinatie met struiken, waarbij de onderlinge afstand of begroeiing zodanig is dat tot minstens manshoogte het zicht wordt belemmerd. Haag: een rij naast elkaar geplante struiken. Windscherm: een rij opgaande, dicht naast elkaar staande bomen, aangeplant als beschutting tegen de wind. Heg en haag worden alleen buiten bebouwd gebied aangegeven. Windscherm wordt alleen als vlakbegrenzing aangegeven. Gelegen in een boomgaard of fruitkwekerij wordt het windscherm alleen weergegeven als het wordt beschermd door een sloot of greppel. De minimum lengte is 100 meter (TDN, 1998).

### **Griend**

Een griend wordt beschreven als begroeid met laag afgeknot wilgenhout t.b.v. de productie van rijshout. Over afmetingen worden geen criteria gegeven (TDN, 1998).

### **Bomenrij**

Aantal bomen die in een rij staan, waarbij de onderlinge afstand tussen de bomen zodanig is dat de bomenrij tot manshoogte geen zichtbelemmering vormt. Binnen bebouwd gebied wordt een bomenrij alleen aangegeven langs een naar breedte geclassificeerde weg. De minimum lengte is 100 meter (TDN, 1998).

### **Houtwal**

Houtwallen worden in de Top10-vector niet beschreven. Door een combinatie te maken uit de Top10-vector van loofhout met een onderliggende aarden wal is het mogelijk houtwallen te identificeren.

### **Boomgaarden**

Boomgaarden worden beschreven als hoogstammige fruitbomen, terwijl fruitkwekerij wordt beschreven als laagstammige fruitbomen (TDN, 1998). Er worden geen minimum aantal bomen genoemd die een boomgaard moet bevatten.

### **Boom**

Is opgenomen als symbool in de Top10-vector en wordt beschreven als een houtachtig gewas met een zeer groot wortelstelsel en een enkele, stevige, houtige en zich secundair verdikkende, overblijvende stam, die zich eerst op zekere hoogte boven de grond vertakt. Er worden alleen solitaire bomen weergegeven. Er worden in principe geen bomen in bebouwd gebied weergegeven tenzij de bomen typerend zijn (TDN, 1998).

### **Loofbos**

Begroeid met een dusdanig aantal loofbomen dat de kruinen een min of meer gesloten geheel vormen of, na volgroeïing van de bomen zullen vormen. Bij de beoordeling of een bos een loofbos is, moet 80% met loofbos zijn bedekt. De afmetingen zijn minimaal 1000m<sup>2</sup> voor bospartijen op erven, in bebouwd gebied of in parken. Indien er sprake is van een houtrand: minimum lengte en breedte: 50m respectievelijk 3m. In alle overige gevallen minimaal 50 m<sup>2</sup> (TDN, 1998).

Door EC-LNV is als eerste aanzet in de behoefte-inventarisatie de onderstaande lijst van landschapselementen opgesteld (tabel 3.1). Een belangrijk criterium bij het opstellen van deze lijst was dat *de betreffende elementen ruimtestructurerend dan wel kenmerkend voor de wordingsgeschiedenis van het landschap* moeten zijn. Combinaties van landschapselementen zijn mogelijk, zoals wegbepanting (bomenrij in wegberm), erfbeplanting (bebouwing + opgaande begroeiing) en houtwallen of -kades (reliëf + opgaande begroeiing).

Tabel 3.1 Een eerste keuze van belangrijke kleine landschapselementen door EC-LNV

Klasse	Onderverdeling
Wegen	Verharde en onverharde wegen smaller dan 6 m Verharde en onverharde wegen 6-10 m breed
Bebouwd gebied	Verspreide bebouwing
Reliëf	Dijken lager dan 1 m Dijken hoger dan 1 m Aarden wallen lager dan 1 m Aarden wallen hoger dan 1 m Steilranden lager dan 1 m Steilranden hoger dan 1 m
Water	Greppels Sloten van 1-3 m breed Sloten 3-6 m breed Sloten breder dan 6 m Poelen (altijd kleiner dan 0,5 ha) Moerassen en riet (altijd kleiner dan 0,5 ha)
Opgaande beplanting	Heggen Grienden van 0,1-0,5 ha Grienden 0,5-2 ha Bomen solitair Bomen in groepjes Bomenrijen (aantal rijen) Bomensingels tot 5m breed Bomensingels 5-10 m breed Bomensingels breder dan 10 m Bosjes van 0,1-0,5 ha Bosjes 0,5-2 ha Boomgaarden van 0,1-0,5 ha Boomgaarden van 0,5-2 ha

Omdat Landschapsbeheer Nederland en het Programma Beheer van LNV zeer belangrijke actoren in het landschapsbeheer zijn, wordt er in de volgende paragrafen in meer detail gekeken naar de voor hun relevante landschapselementen.

### 3.1.1 Programma Beheer

Met ingang van 1 januari 2000 zijn de subsidieregelingen Natuurbeheer en Agrarisch Natuurbeheer van kracht. Dit speelt zich af in het kader van Programma Beheer met een nieuwe aanpak voor het beheer van bossen, natuur en landschap in Nederland ([www.minlnv.nl/programmabeheer](http://www.minlnv.nl/programmabeheer)). Hiermee wil de overheid de komende jaren het natuurbeheer een nieuwe impuls geven. Dit betekent een aantal belangrijke veranderingen in het natuurbeleid. Hiermee komt een samenhangend pakket maatregelen en subsidies tot stand (DLG, 1999). De doelgroep bestaat zowel uit particuliere grondeigenaren, landgoedbezitters als agrariërs. Een belangrijk punt is dat de overheid daarmee het particulier beheer binnen de Ecologische Hoofdstructuur als ook daarbuiten wil stimuleren. Zowel particulieren als natuurbeschermingsorganisaties (Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en Provinciale Landschappen) beheren grote oppervlakten natuur. Echter, bij de ontwikkeling van nieuwe natuurgebieden was het subsidiestelsel tot op heden geheel toegesneden op uitvoering door natuurbeschermingsorganisaties. Via de nieuwe regelingen krijgen particulieren de kans om nieuwe natuur te ontwikkelen en te beheren en worden de mogelijkheden voor het beheer van de bestaande natuur uitgebreid. Daarnaast blijft agrarisch natuurbeheer van belang. Nieuw daarbij is dat de agrarische natuurverenigingen en milieucoöperaties door de nieuwe regelingen meer kansen krijgen om agrarisch natuurbeheer uit te voeren.

De subsidieregelingen voor natuur en landschapsbeheer bestaan uit 2 categorieën:

1. Subsidieregeling Natuurbeheer (SN)
2. Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer (SAN)

De beheerder krijgt nu meer ruimte dan voorheen om het beheer zelf te bepalen. Er wordt nu wel op resultaat afgerekend. De uitgekeerde beheersbijdragen hangen zowel af van de bereikte natuurresultaten als van de beheersinspanningen. De gewenste natuurresultaten en noodzakelijke beheersmaatregelen zijn door de overheid in de nieuwe regelingen in een aantal zgn. 'doelpakketten' omschreven.

De meest interessante doelpakketten binnen het kader van dit project worden verwoord in de landschapspakketten. Deze worden beschreven in bijlagen 32 t/m 46 van het Programma Beheer en worden in de tabel 3.2 verkort weergegeven.

Daarnaast worden ook in de andere pakketten interessante landschapselementen genoemd die met behulp van zeer hoge resolutie satellietbeelden gemonitord zouden kunnen worden. Uit het *basispakket Natuurbeheer* zijn dit ondermeer; plas en ven, moeras, rietcultuur, halfnatuurlijk grasland, heide, struweel, hoogveen en bos. En uit het *pluspakket*: soortenrijke plas, soortenrijke ven, beek en duinrel, trilveen, nat soortenrijk grasland, droog soortenrijk graslandsoortenrijk stuifzand, droge heide, natte heide, hakhout en griend. En uit het *doelpakket Agrarisch Natuurbeheer*: kruidenrijke zomen, faunaranden, akkerflora randen, snelgroeiend loofbos en naaldbos.

Tabel 3.2 Landschapselementen uit het Landschapspakket van Programma Beheer

Nr	Landschaps pakket	Beschrijving	Landschapstype	Afmetingen
50	Houtwal	Lijnvormig element met opgaande begroeiing van inheemse bomen en struiken, voorzien van een wallichaam	Zandgebied of kustzone	> 50m lang < 10m breed wal > 0.5m
51	Houtkade en landscheiding	Idem	Laagveengebied	> 50m lang < 10m breed wal > 0.2m
52	Landweer	Idem. > 50% inheemse doornstruiken (meidoorn, sleedoorn, gaspeldoorn, hondsroos en egelantier)		> 50m lang < 10m breed wal > 0.5m
53	Singel	Landschapselement met opgaande begroeiing van inheemse bomen	Heuvelland, zand - of rivieren gebied	> 50m lang < 50m breed
54	Elzensingel	Landschapselement met aaneengesloten opgaande begroeiing van inheemse bomen of struiken met voor ten minste 80% Zwarte Els	Zand -, hoogveen-ontginnings -, rivieren - of laagveen gebied	> 50m lang
55	Knip- en scheerheg	Lijnvormig landschapselement met aaneengesloten, opgaande begroeiing van struikvormende soorten	Heuvelland of rivierengebied	1-2m hoog < 1m breed
56	Struweelhaag	Lijnvormig landschapselement met aaneengesloten, opgaande begroeiing, voor tenminste 85% (kroonprojectie) bestaande uit inheemse, struikvormende soorten	Rivierengebied, zeekleigebied of heuvelland	1-5m hoog > 1m breed
57	Geriefhout-basje	Landschapselement met opgaande begroeiing	Heuvelland, zand -, rivieren -, zeeklei - of laagveen gebied	>5 en < 50 are
58	Knotbomenrij	Rij van tenminste 10 bomen, geknot tussen 1,50m en 2,50m	Heuvelland, zand -, rivieren -, zeeklei - of laagveen gebied	Onderlinge afstanden 1-20m
59	Hoogstam-boomgaard	Boomgaard met fruit- of notenbomen (appel, peer, pruim, kers, walnoot)	Heuvelland of rivierengebied	> 25 are 50-150 bomen/ha
60	Grubbe en holle weg	Smal, diep ingesneden dal met steile, begroeide wanden, gemiddeld ten minste 2m diep	Heuvelland of zandgebied	>50 m lang
61	Eendenkooi	Als eendenkooi geregistreerd, bestaande uit kooiplas en omringend struweel of bos		
62	Poel	>80% open water	Heuvelland, zand -, rivieren -, zeeklei -, laagveengebied of droogmakerijen	0,5-50 are, tenzij voortplantingpoel amfibieën in heuvelland
63	Rietzoom en kl. rietperceel	> 90% riet	Rivieren-, zeeklei - of laagveengebied	5-50 are
64	Raster	Veekerend raster t.b.v. een landschapselement		1-5m breed

### 3.1.2 Landschapsbeheer Nederland

Landschapsbeheer Nederland is het samenwerkingsverband van de twaalf Provinciale stichtingen Landschapsbeheer. Deze organisaties stimuleren en coördineren de aanleg en het beheer van zogenaamde landschapselementen. Dat zijn knotwilgen, hoogstamfruitboomgaarden en drinkpoelen, maar ook grafheuvels en oude sluisjes. In H. Dijkstra et al. (2001) wordt bij de Provinciale Stichtingen Landschapsbeheer geïnventariseerd aan welke *regiospecifieke* landschapselementen beheerswerk wordt verricht (zie onderstaande tabel). De regiospecifieke landschapselementen moesten aan 2 criteria voldoen:

1. dat de landschapselementen identiteitsbepalend zijn voor het landschap in de provincie, en
2. dat de provinciale stichtingen er actueel en potentieel veel beheerswerkzaamheden aan besteden.

Tabel 3.3 Aanvullende regiospecieke landschapselementen waaraan beheerswerk wordt verricht (uit H. Dijkstra et al., 2000)

Poelen	Duinrellen
Dobben, pingo's, vennen en wielen	Tuinwallen, onbegroeid
Sloten	Droge hooilandjes
Kerkhofbeplantingen, kerkterreinen	Zandwallen
Borgen en stinzen	Veenputten
Specifieke boerenerven	Dijken
Slingertuinen	Kreek/weel
Terpen	Graften zonder beplanting
Kleine kernen	Holle wegen zonder beplanting
Grafheuvels	

Van slechts een aantal kleine landschapselementen van het (agrarisch) cultuurlandschap is onderzocht of ze karteerbaar zijn met behulp van IKONOS satellietbeelden. Dit was ondermeer afhankelijk van het wel of niet voorkomen van de bovengenoemde landschapselementen in de twee studiegebieden, te weten Eijsden en Gemert. Concreet is er gekeken naar (on)verharde wegen, holle wegen, graften, greppels, waterwegen, poelen, lijnvormige beplantingen, boomgaarden en solitaire bomen, zie volgende paragraaf.

## 3.2 Vergelijking IKONOS, luchtfoto's en Top10-vector

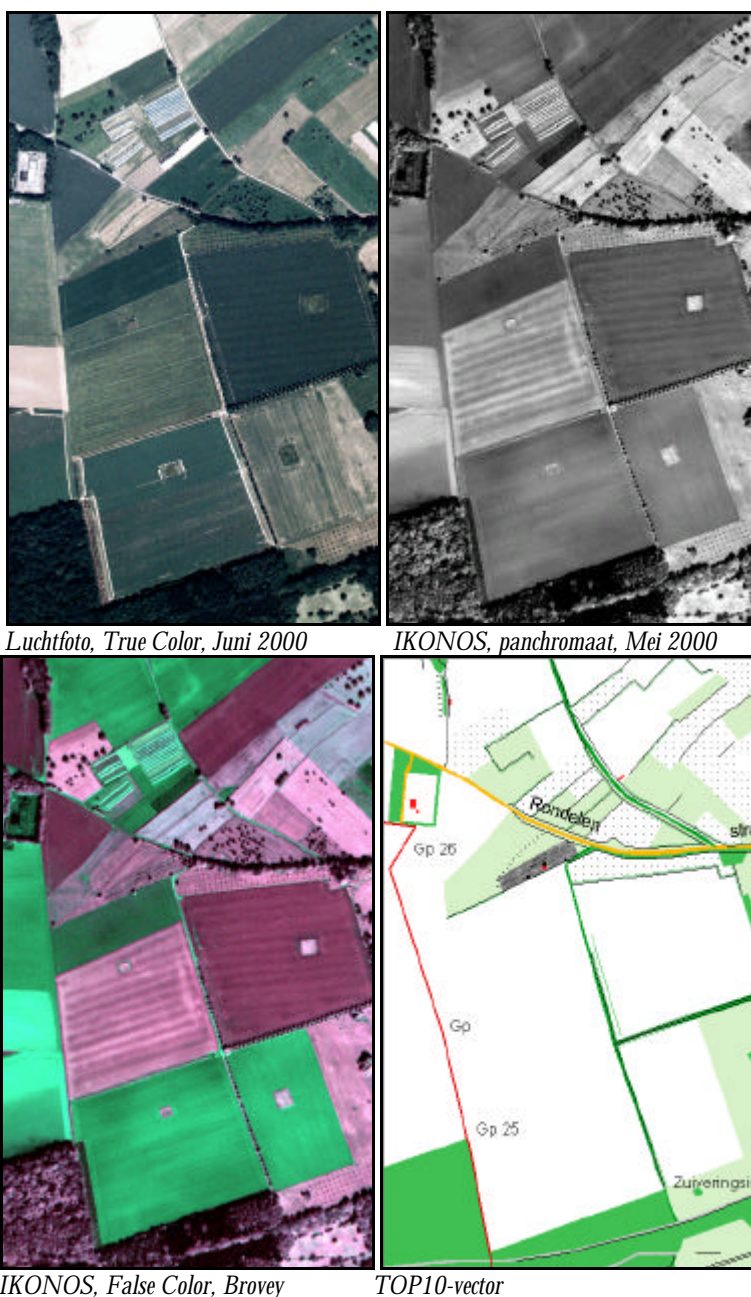
### 3.2.1 Introductie

De analyse is uitgevoerd met (true color) kleurenluchtfoto's, panchromatische en multispectrale IKONOS satellietbeelden tegenover de informatie zoals aanwezig in de Top10-vector. Hieronder worden de resultaten besproken.



### 3.2.2 Wegen

De herkenbaarheid van een weg is sterk afhankelijk van de reflectie van de weg t.o.v. van het aangrenzende grondgebruik. Verharde wegen zijn over het algemeen goed herkenbaar vanwege de relatief hoge reflectie in het zichtbare licht. Onverharde wegen kunnen gemakkelijk worden verward met sloten of met het aangrenzende grondgebruik. Wanneer een verharde weg temidden loopt van kale grond percelen is de herkenbaarheid geringer, vanwege de relatief hoge reflectie van kale grond.

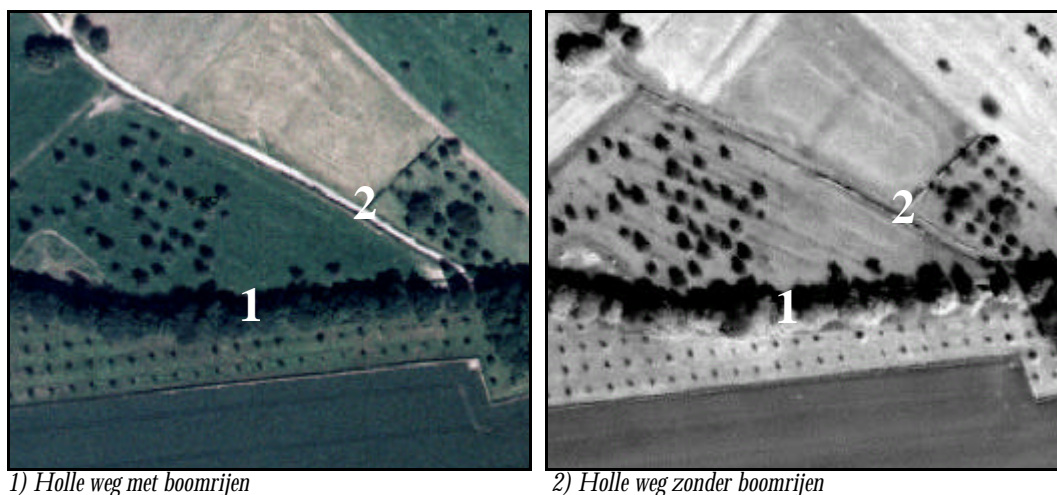


Figuur 3.1 Vergelijking informatieinhoud voor wegen met true-color luchtfoto's, een panchromatisch en multispectraal IKONOS satellietbeeld en Top10-vector

Op de kleurenluchtfoto zijn de verharde wegen beter zichtbaar dan op de (true color) luchtfoto's. De onverharde wegen zijn zelfs helemaal niet zichtbaar op het IKONOS beeld. Dit komt niet door de iets betere geometrische resolutie van de luchtfoto's, maar vooral door het feit dat de panchromatische IKONOS beelden het nabij-infrarode gedeelte van het elektromagnetisch spectrum meenemen. In het Nabij-Infrarood is de reflectie van de vegetatie juist weer hoger dan van kale grond (dit is in het zichtbare licht juist tegenover gesteld). Daarnaast speelt het *opname tijdstip* een belangrijke rol. De kleurenluchtfoto is in juni opgenomen. In deze periode staan de meeste gewassen nog op het veld en garandeert een hoog contrast met (verharde) wegen. Het IKONOS beeld is van Mei en in die periode zijn juist veel akkers nog kaal. En op de kale percelen is er geen enkel onderscheid met de (onverharde) wegen mogelijk.

### 3.2.3 Holle wegen, graften en greppels

Holle wegen zijn smal en diep ingesneden wegen met steile, vaak begroeide wanden. Holle wegen situeren zich meestal op convexe top randen van hellingen en komen vooral voor bij gemakkelijk erodeerbare gronden (Hermy en de Blust, 1990). Juist door de verzonken ligging van de holle wegen in het landschap zijn ze bijzonder moeilijk waar te nemen op luchtfoto's of op zeer hoge resolutie satellietbeelden. En zeker als er rijen bomen langs een holle weg staan die de weg vanuit de lucht onzichtbaar maken (zie figuur 3.2 en foto 1). Zowel voor holle wegen als graften (begroeide steilranden) moet men gebruik maken van stereografie om kleine hoogteverschillen in het landschap te kunnen waarnemen. Wel zijn graften (zie figuur 3.7) en holle wegen duidelijk zichtbaar als lineaire elementen op zowel luchtfoto's als IKONOS satellietbeelden, alleen hun thematiek is niet uit de beelden te halen. Uit vergelijking van onderstaande figuren blijkt dat de opgaande beplantingselementen duidelijker zichtbaar zijn op het panchromatische IKONOS beeld dan op de kleurenluchtfoto. Maar de wegen zijn weer duidelijker zichtbaar op de kleurenluchtfoto, zoals al eerder was geconstateerd.



Figuur 3.2 Vergelijking voor holle wegen van een kleurenluchtfoto (links) met IKONOS satellietbeeld (rechts)



Foto 1 Holle weg met (links) en zonder bomenrij (rechts). Voor exacte locatie zie figuur 3.2

### 3.2.4 Water

*Greppels* komen in principe duidelijk naar voren op panchromatische hoge-resolutiebeelden in het vroege voorjaar. De meeste greppels zijn droog in de twee studiegebieden en zijn, zeker als ze langs een pad, weg of in het bos liggen, erg moeilijk tot niet waar te nemen door te weinig contrast in reflectie met hun omgeving. Dit wordt versterkt door het feit dat ze vaak niet breder zijn dan een paar meter.

*Sloten* zijn over het algemeen goed waarneembaar op de panchromatische en multi-spectrale IKONOS satellietbeelden. In het Nabij-Infrarood (en zichtbare licht) heeft water een zeer lage reflectie (bijna zwart) en heeft daardoor een zeer hoog contrast met zijn omgeving. Op de kleurenluchtfoto's zijn waterlichamen al moeilijker te onderscheiden van donkere vegetatie met schaduwwerking. Sloten smaller dan 1 m zijn niet te onderscheiden van natte greppels. Wanneer de pixel van het digitale beeld groter wordt dan de breedte van de sloten neemt de herkenbaarheid en waarneembaarheid sterk af. Dit geldt ook voor andere lijnvormige elementen.

*Moeras en riet* (kleiner dan 0,5 ha) is in tabel 3.1 als klein landschapselement opgenomen. In de praktijk zijn in moerasgebieden in drie landgebruiksklassen te onderscheiden: riet en hooilanden, bos en water. De klassen bos en water zijn als

aparte klassen te onderscheiden. Riet en hooilanden zijn als aparte klassen over het algemeen slecht van elkaar te onderscheiden.

In figuur 3.3 wordt er een vergelijking gemaakt voor waterwegen op een kleurenluchtfoto (Eurosense, Juni 2000), een IKONOS panchromatisch en multispectraal satellietbeeld van 13 Juni 2000 en de Top10-vector (1998) voor een gebiedje ten Noord-oosten van Gemert. Het eerste wat opvalt is dat de situatie zoals geschetst op de Top10-vector al niet meer bestaat. Dit gebied maakt deel uit van natuurontwikkelingsproject en heeft de waterloop een meer natuurlijk karakter terug gegeven. Hier komt dus duidelijk de actualiteit van de Top10-vector in het geding. Op het panchromatische en multispectrale IKONOS satellietbeeld contrasteert het water sterker met zijn omgeving dan op de kleurenluchtfoto, dit bevordert de herkenbaarheid op de IKONOS satellietbeelden. Op de kleurenluchtfoto is het zelfs zo dat de schaduw van de bomen een donkere kleur hebben dan de kleur van de omlegde waterloop. En nogmaals de wegen zijn slechter herkenbaar op de IKONOS satellietbeelden.

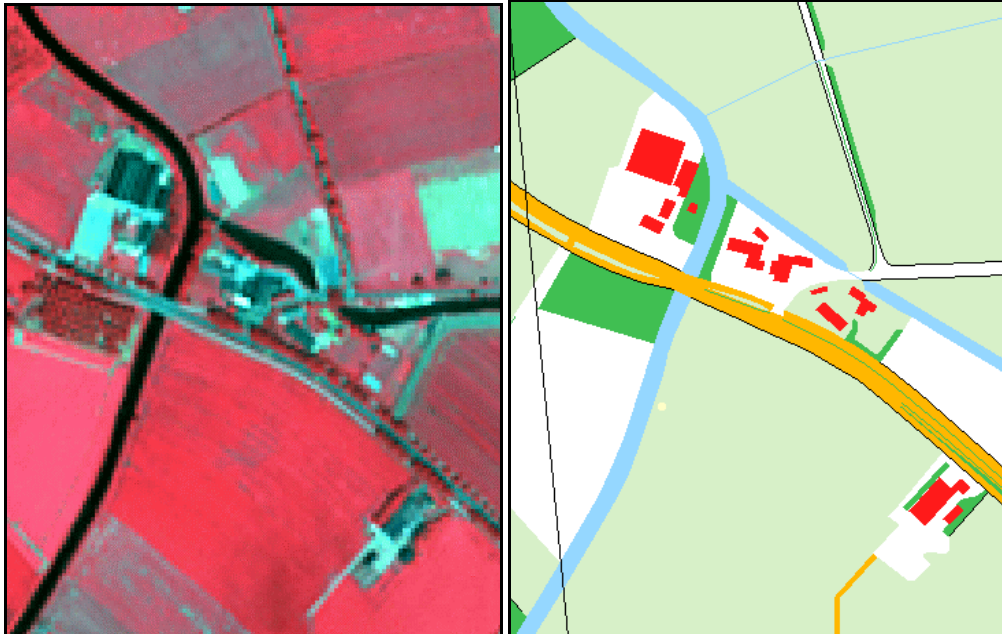
*Poelen* (kleiner dan 0,5 ha) onderscheiden zich in landbouwgebied spectraal over het algemeen uitstekend van het aangrenzende grondgebruik. De herkenbaarheid en waarneembaarheid van poelen zijn daarom meestal vooral afhankelijk van de grootte van de poel en hun ligging in het landschap. De specifieke ligging bepaalt vaak of zij een groot contrast vormen met hun omgeving. Als er een grote boom naast een kleine poel staat wordt de herkenbaarheid als sterk verkleind, niet alleen door afdekking met de boomkroon maar vaak ook door schaduwwerking (zie onderstaande figuren). Voor herkenbaarheid moet de poel minimaal ca. 5 bij 5 pixels (5 bij 5 meter) groot zijn. Voor zijn waarneembaarheid zijn minder pixels vereist. In de onderstaande situatie is de poel beter herkenbaar op de kleurenluchtfoto van Juni 2000 dan op het panchromatische IKONOS beeld van Mei 2000. Op het IKONOS beeld ligt de poel net in de schaduw van de bomen. Dit wordt voornamelijk bepaald door de lagere zonnestand in Mei in vergelijking met Juni. De poel wordt niet aangegeven op de Top10-vector.





*Kleurenluchtfoto, Juni 2000, Eurosense*

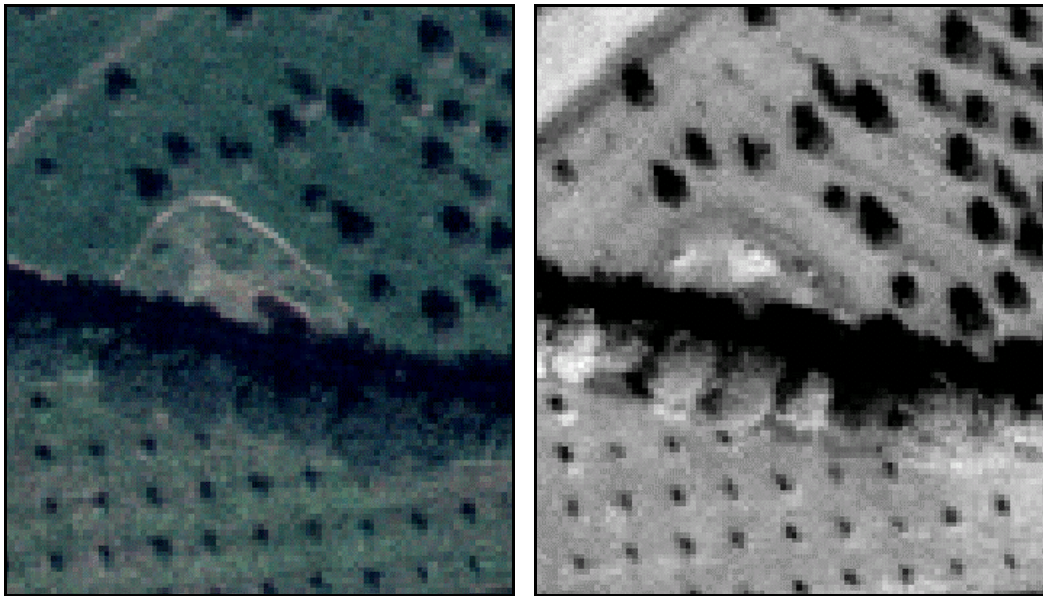
*IKONOS, panchromatisch, 13 Juni 2000*



*IKONOS, multispectraal, 13 Juni 2000*

*TOP10-vector, 1998*

*Figuur 3.3 Voorbeeld vergelijking voor waterwegen op kleurenluchtfoto, IKONOS panchromatisch en multispectraal, en Top10-vector*



1) locatie poel

*Figuur 3.4 Voorbeeld vergelijking poel op kleurenfoto (links) en panchromatisch KONOS satellietbeeld (rechts)*



*Foto 2 Poel (voor exate locatie zie fig3.4)*

### 3.2.5 Lijnvormige beplantingen

Lijnvormige beplantingen zijn over het algemeen goed herkenbaar aan de hand van structuur, vorm en schaduw. Met name in het (vroeg) voorjaar en najaar vertonen de lijnvormige beplantingen lange schaduwen. Dit compenseert gedeeltelijk de veel geringere omvang (en reflectie) van de lijnvormige beplantingen door hun bladverlies in de herfst. Wanneer schaduwen in het verlengde van een lijnvormige beplanting liggen dan is de herkenbaarheid nog minder. De dichtheid/openheid van de lijnvormige beplanting (afstand tussen de afzonderlijke bomen) is duidelijk waarneembaar op de luchtfoto's en IKONOS satellietbeelden. Echter wanneer de pixels van het digitale beeld groter zijn dan de breedte van de lijnvormige beplanting dan neemt de herkenbaarheid sterk af en treedt er verwarring op met bv. sloten. Recent aangeplante lijnvormige beplantingen zijn meestal niet waarneembaar.

Onderscheid maken tussen hagen/heggen en boomrijen is meestal goed te zien, aangezien hagen een totaal andere structuur hebben dan boomrijen (zie figuur 3.5). De heggen/hagen zijn meestal veel smaller en homogener van structuur. Opvallend is dat heggen en andere opgaande beplantingen op het panchromatische IKONOS satellietbeeld veel beter te onderscheiden zijn van hun omgeving dan op de kleurenluchtfoto (zie fig 3.5). De heggen en boomrijen hebben een zeer lichte (bijna witte) grijstint aan de zonzijde en een zeer donkere (bijna zwart) grijstint aan de schaduwzijde. In het algemeen ziet men veel meer variatie in reflectie van opgaande beplantingen op de IKONOS satellietbeelden dan op (true color) kleurenluchtfoto's. Dit komt omdat de IKONOS sensor ook in het Nabij-Infrarood meet (zie ook voorgaande paragrafen). In het Nabij-Infrarood heeft biomassa een zeer hoge reflectiewaarde. Voor vegetatiekarteringen werd dan ook vaak juist gebruik gemaakt van false color luchtfoto's omdat deze het infrarood meenemen. Verder is het niet eenvoudig om de overeenkomsten tussen de Top10-vector en de digitale beelden (luchtfoto's en IKONOS) te vinden (zie figuur 3.5). De patronen van de opgaande lijnvormige beplantingen zijn zeer sterk vereenvoudigd in de Top10-vector of zijn zelfs helemaal afwezig. De exacte begrenzingen van opgaande beplantingen zijn zeer vereenvoudigd weergegeven op de Top10-vector (een kartografisch product). Op de luchtfoto en IKONOS-beeld is het echter niet mogelijk om het verschil in beheerde en onbeheerde heg/haag (fig 3.5 en foto 3) te maken. In het algemeen is het zo dat er 'vanuit de lucht' weinig valt te zeggen over het beheer, de kwaliteit en soortensamenstelling van lijnvormige landschapselementen. Veldwerk blijft dus in de meeste gevallen onontbeerlijk, maar de effectiviteit van het veldwerk kan enorm worden vergroot door gebruik te maken van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden

Verder is het opvallend dat geen enkele solitaire boom in dit gebied staat aangegeven op de Top10-vector. Ook zijn de graften (bijv. nr 3 in fig 3.5) aanwezig in dit gebied niet aangegeven op de Top-10 vector. Dit gebiedje zeer nabij Kasteel Mheer bevat zeer veel oude lijnvormige elementen, zoals singels, heggen, hagen, graften en holle wegen dat zijn karakter zeer uniek maakt en van grote landschappelijke en ecologische waarde

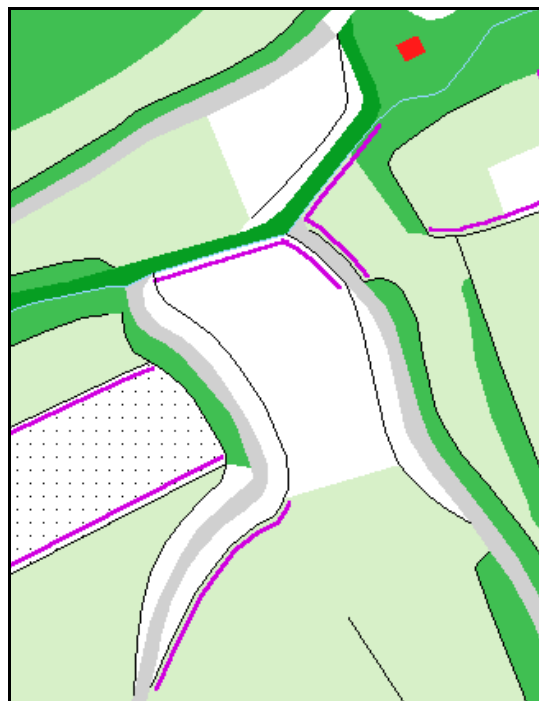
is. Voor een landschapsinventarisatie zou de voorkeur uitgaan naar veldwerk in combinatie met IKONOS panchromatische satellietbeelden.





*True Color Luchtfoto 1:1500*

*IKONOS panchromaat*



*TOP10-vector (1999)*

*Figuur 3.5 Voorbeeld vergelijking heggen (paarse lijn) en boomrijen (groene lijn) op kleurenluchtfoto en panchromatisch IKONOS satellietbeeld*



Foto 3 Voorbeeld van beheerde (links) en onbeheerde meidoorn heg (rechts). Voor exacte locatie zie figuur 3.5

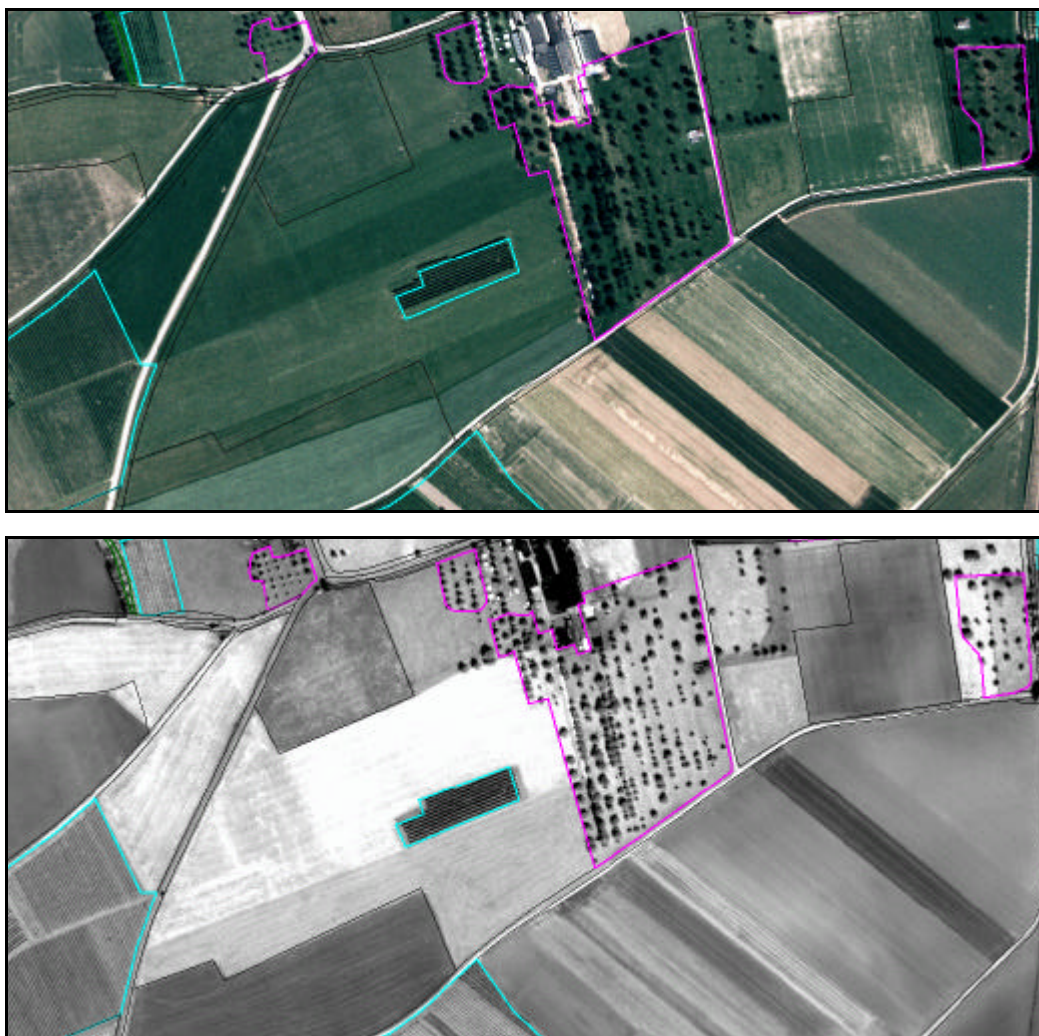
Wegbeplanting en erfbeplanting zijn aan de hand van hun context (bebouwing langs weg, zijwegen, vorm bebouwing e.d.) over het algemeen goed vast te stellen. Echter het vaststellen of het om een beheerde of onbeheerde heg gaat is niet of nauwelijks vast te stellen op luchtfoto's op IKONOS satellietbeeld. Het aantal waarneembare rijen bij bomenrijen is sterk afhankelijk van de bladontwikkeling, de afstand tussen de rijen, de grootte van de bomen en de afstand tussen de bomen in een rij. Doordat luchtfoto's in het algemeen een hogere resolutie hebben dan de IKONOS satellietbeelden, kunnen het aantal rijen bomen meestal beter worden vastgesteld op luchtfoto's.

### 3.2.6 Boomgaarden

Hoogstamboomgaarden zijn in het algemeen zeer goed te onderscheiden van de laagstamboomgaarden, zowel op luchtfoto's als op IKONOS satellietbeelden (zie fig. 3.6). Op het IKONOS satellietbeeld zijn de boomgaarden zelfs nog beter te onderscheiden dan op de kleurenluchtfoto. Dit komt niet alleen doordat de IKONOS beelden gebruik maken van het infrarood, maar ook doordat dit IKONOS beeld van het studiegebied Eijsden in het voorjaar (Mei 2000) is opgenomen, veel grond is dan nog kaal en dit vergroot het contrast met de bomen zelf in de boomgaard. De kleurenluchtfoto's van Eurosense zijn van Juni 2000 en dan is de onderbegroeiing van de boomgaarden, meestal gras, in volle bedekking aanwezig. Tijdens het veldwerk in het studiegebied Eijsden bleken er echter meerdere



hoogstamboomgaarden verdwenen te zijn die nog wel op de Top10-vector stonden aangegeven. Verder is het niet duidelijk hoeveel fruitbomen er in een boomgaard moeten staan om als boomgaard in de Top10 te worden aangemerkt. Rechts boven in fig 3.6 is bijvoorbeeld een boomgaard met ongeveer 20 fruitbomen die niet als boomgaard staat aangegeven in de Top10-vector. Dit kan komen door de jonge aanplant in de betreffende boomgaard (na de opname van de Top10-vector). Dus ook hier weer komt de actualiteit van de Top10-vector in het geding. Verder wordt het duidelijk uit de IKONOS satellietbeelden en /of kleurenluchtfoto's dat er enorme verschillen zijn in het aantal bomen per boomgaard. Dit kan niet uit de Top-10 vector worden afgeleid. Vooral bij het monitoren van boomgaarden kan dit hinderlijk zijn omdat om en nabij de kritieke threshold (definitie boomgaard) een boomgaard uit de Top10-vector verdwenen kan zijn terwijl er in werkelijkheid slechts één boom minder staat. De dynamiek van landschappelijke elementen (boomgaarden en solitaire bomen) wordt in paragraaf 3.3. in meer detail besproken.



*Figuur 3.6 Voorbeeld vergelijking boomgaarden op kleurenluchtfoto van Juni 2000 (boven,) en IKONOS panchromatisch satellietbeeld van Mei 2000 (onder). Lichtblauw zijn de fruitwekerijen (laagstamboomgaarden) uit de Top10-vector en paars de hoogstamboomgaarden uit de top10-vector(1999)*



*Foto 4 Hoogstamboomgaard*

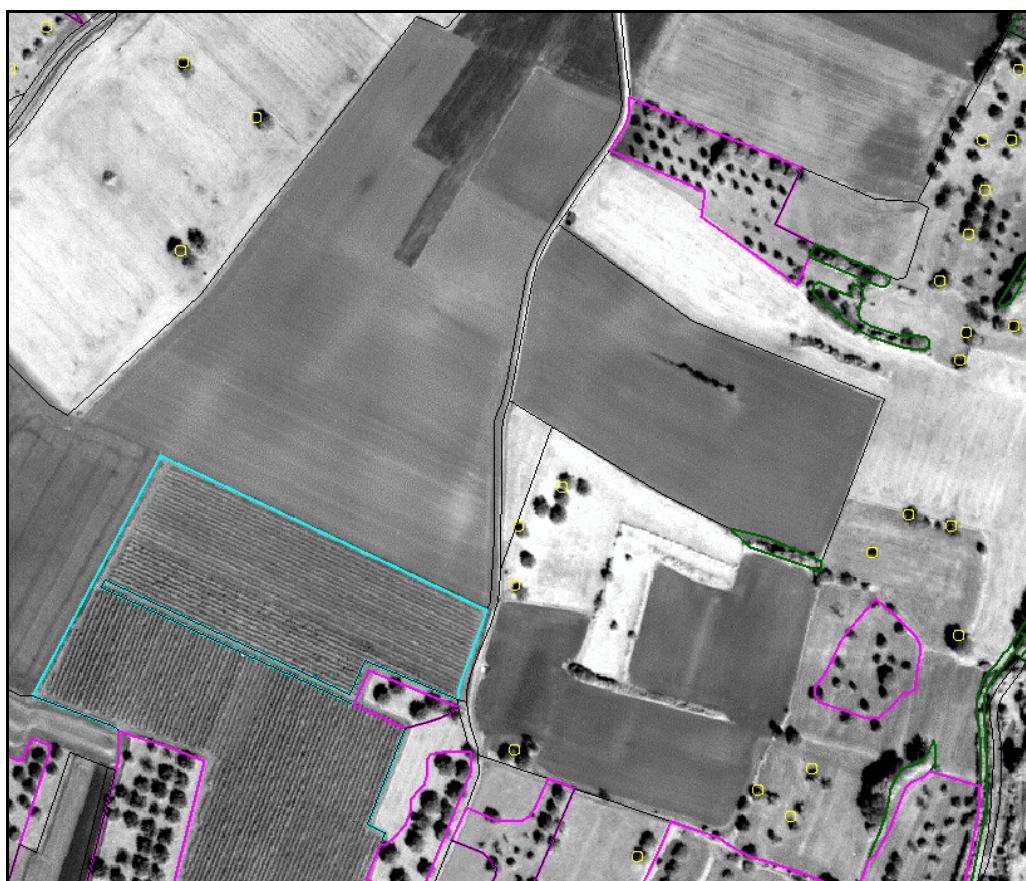


*Foto 5 Laagstamboomgaard (fruitkwekerij)*



### 3.2.7 Solitaire bomen

Solitaire bomen zijn zowel op kleurenluchtfoto's als op IKONOS satellietbeelden goed te herkennen. Om bekende redenen zijn de bomen zelfs nog beter te herkennen op de IKONOS satellietbeelden (zie paragrafen 3.2.5 en 3.2.6). Uit vergelijking van de TOP10 met IKONOS satellietbeeld (fig 3.7) wordt het duidelijk dat solitaire bomen slechts sporadisch zijn aangegeven in de Top10-vector (zie ook paragraaf 3.2.5). Veel solitaire bomen komen niet in de Top-10 vector voor, en vallen ook niet binnen een boomgaard of boomrij (zie onderstaande figuur). De reden hiervoor is niet duidelijk. Er wordt in de Top10-vector ook geen betrouwbaarheid of nauwkeurigheid gegeven voor ieder element. Wel is het duidelijk dat dit probleem los staat van de actualiteit van de Top10-vector. Een te noemen reden zou de historisch militaire achtergrond van de topografische kaarten kunnen zijn, waarin landschapselementen vooral belangrijk zijn als ze een barrière vormen.



*Figuur 3.7 Voorbeeld vergelijk solitaire bomen op panchromatisch IKONOS satellietbeeld (Mei 2000) met informatie Top10-vector (1999). Solitaire bomen uit de Top10-vector zijn aangegeven met een gele cirkel als symbool. Fruitkwekerijen (laagstamboomgaarden) zijn als vlakken in lichtblauw aangegeven, Hoogstamboomgaarden zijn als vlakken in het paars weergegeven, Bossen zijn als vlakken in groen aangegeven*

### 3.2.8 Tijdstip opname in het groeiseizoen

Voor het studiegebied Gemert zijn er twee IKONOS satellietbeelden beschikbaar met een overlap van ongeveer 600m. Het eerste beeld is van 19 April 2000 en het tweede beeld is van 13 Juni 2000 (zie figuur 3.8). Hierdoor wordt het mogelijk voor eenzelfde gebied de invloed van het groeiseizoen op de detectie van lineaire elementen te bepalen.



*Figuur 3.8 Vergelijk van IKONOS satellietbeeld op 19 April 2000 (links) en op 13 Juni 2000 (rechts) in het studiegebied Gemert*

In de onderstaande tabel wordt voor bovenstaande figuren de belangrijkste sensor parameters gegeven. Het eerste beeld is dus uit het voorjaar, als er nog relatief weinig blad aan te bomen zit en de meeste akkers nog kaal zijn. Het tweede IKONOS beeld is van Juni 2000 als de meeste bomen volop in het blad zijn en er nog maar weinig akkerbouwgewassen geoogst zijn. Het voorjaarsbeeld is met een iets grotere kijkhoek ( $90-66.5 = 23.5$  graden) opgenomen dan het Juni beeld ( $90- 70.6 = 19.4$  graden), en kan worden opgemerkt aan de huizen (bijv. boerderij rechtsmidden in beeld). In beide gevallen wordt dit een vrij grote inkijkhoek gevonden, die verre van ideaal is (dus geen ortho-foto bij benadering).

Tabel 3.4 Een aantal sensor parameters voor de twee verschillende IKONOS beelden van het studiegebied Gemert

Sensor IKONOS_2	Beeld 1	Beeld 2
Acquisition Date/Time	19 April 2000	13 Juni 2000
Acquisition time	10:11	10:17
Acquired Nominal GSD		
Cross Scan	0.95 meters	0.91 meters
Along Scan	0.91 meters	0.88 meters
Scan Direction	0 graden	0 graden
Nominal Collection Azimuth	121.6 graden	120.7 graden
Nominal Collection Elevation	66.5 graden	70.6 graden
Sun Angle Azimuth	149.2 graden	143.9 graden
Sun Angle Elevation	46.3 graden	57.7 graden

In het vroege voorjaar (april) is er nog relatief weinig groen en zijn de meeste bomen nog kaal. Door grotere biomassa zijn de opgaande beplantingen duidelijker zichtbaar in juni (zie fig 3.8). Door de hogere biomassa vind er zeer veel reflectie in het Nabij-Infrarood plaats en geeft een zeer lichte grijstint. Hierdoor zijn opgaande beplantingen in de late lente of de vroege zomer (het rechter IKONOS beeld, fig 3.8) een stuk beter waar te nemen dan in het vroege voorjaar (het linker IKONOS beeld, fig 3.8). Op het april beeld wordt dit slechts gedeeltelijk gecompenseerd door de langere schaduwen (de zonnestand is in april lager dan in juni), maar dit geldt slechts voor bomen met een grote hoogte en niet voor heggen. De heggen zijn op het voorjaarsbeeld zeer slecht te detecteren. Concluderend, een vroeg zomerbeeld prefaleert boven een voorjaarsbeeld voor het detecteren van opgaande beplantingen.

Combinatie van twee IKONOS beelden, opgenomen op twee verschillende tijdstippen, t.b.v. het detecteren van opgaande lijnelementen blijft erg lastig zolang deze niet ortho-gerectificeerd zijn.

### 3.2.9 Ervaringen van de Gemeente Gemert-Bakel

De Gemeente Gemert-Bakel heeft tijdens deze studie enige ervaring opgedaan met het werken met IKONOS satellietbeelden t.b.v. hun inventarisatie van kleine landschapselementen. De resultaten hiervan worden hieronder beknopt samengevat.

Er zijn aan de Gemeente Gemert-Bakel voor een gedeelte van hun gemeente drie A1 plots ter beschikking gesteld :

1. Afdruk van een false-colour IKONOS beeld (gecombineerd panchromatisch en multispectraal beeld)
2. Afdruk van een true-colour IKONOS beeld (gecombineerd panchromatisch en multispectraal beeld)
3. Afdruk panchromatisch IKONOS beeld gecombineerd met de top10-vector. Het panchromatische IKONOS beeld is ook digitaal aangeleverd.

### ***Hoe wordt er normaal gewerkt?***

Voordat er veldwerk wordt gedaan, wordt m.b.v. het beschikbare kaartmateriaal (kadastrale kaarten) de (vermoedelijk) aanwezige landschapselementen ingetekend. Daarna volgen veldbezoeken waarbij alle aanwezige elementen worden opgenomen (lengte, breedte, soorten beplanting, beheersvorm, eerste jaar van onderhoud).

### ***Het gebruik van IKONOS satellietbeelden***

In geen van de kaarten is te zien of het een wal of een singel betreft. In de eerste twee afdrucken is het onderscheid tussen singel of haag of laanbeplanting nagenoeg niet te maken. Het werken met het digitale IKONOS beeld (panchromatisch) gecombineerd met een kadastrale ondergrond geeft meer inzicht in het soort element. Het is dan soms mogelijk om te concluderen of het een bomenrij, singel of haag betreft. Er worden daarbij overigens soms ook interpretatiefouten gemaakt, wat later in het veld blijkt. Op de 'gewone' digitale luchtfoto<sup>1</sup> is iets beter te zien of het bomenrij (vage indruk van bomen in het gelid) of een singel betreft. Ook de kleuren groen zijn iets beter te onderscheiden op de kleurenluchtfoto. Als de andere kaarten ook digitaal beschikbaar zouden zijn, hebben wij het vermoeden dat we daarmee hetzelfde resultaat kunnen bereiken als met de digitale kleurenluchtfoto.

### ***Wat zijn de beperkingen ?***

De breedte van het element is totaal niet te voorspellen, lengte op de kaart zegt wel iets. Het soort element is niet voldoende te voorspellen, daarmee is het onmogelijk om zelfs maar een richting van een beheersvorm te voorspellen op basis van het kaartonderzoek.

### ***De topografische informatie***

De bijgeleverde topografische informatie (top10-vector) klopt in de verste verte niet. Het is ons onduidelijk hoe deze tot stand gekomen is, want er zitten heel veel fouten in.

### ***Conclusie***

Voor het maken van een beheersplan blijven veldopnames noodzakelijk. Bij de voorbereiding zijn goede digitale bestanden zeer nuttig! Dit scheelt veel tijd in het veld.

## **3.3 Temporele dynamiek van kleine landschappelijke elementen**

In deze sectie wordt er aandacht besteed aan de veranderingssnelheid van kleine landschapselementen. De snelheid waarmee het aantal kleine landschapselementen verandert bepaalt ook de behoefte aan tussentijdse monitoring m.b.v. IKONOS satellietbeelden naast het gebruik van de Top10-vector. Specifieke aandacht wordt er

---

<sup>1</sup> Technische gegevens van de digitale kleuren luchtfoto's van de Gemeente Gemert-Bakel:

1. De luchtfoto kunnen we uit printen tot op een schaal van 1:2000.
2. Het zijn gescande kleurenfoto's.



besteed aan solitaire bomen en hoogstamboomgaarden. Hiervan lijkt niet alleen de dynamiek hoog, maar worden er ook vragen gesteld bij de betrouwbaarheid van de Top10-vector voor deze landschapselementen. Voor de analyse van veranderingen in de hoogstamboomgaarden is er naast de Top10-vector en de IKONOS satellietbeelden ook gebruik gemaakt van luchtfoto's uit 1980, historische atlas Limburg (1918) en de Eerste Bosstatistiek van 1940.

Tabel 3.5 Verschil tussen 1995 en 1999 gebaseerd op de Top10- vector voor opgaande beplantingen- lineaire elementen in het studiegebied Eijsden

Lineaire elementen	Aantal			Lengte (meters)		
	1995	1999	Vershil	1995	1999	Vershil
Bomenrij dubbel	39	45	+6 (15%)	5084	6736	+1652 (33%)
Bomenrij	70	84	+14 (20%)	7058	8746	+1688 (24%)
Heg	785	661	-124 (16%)	69960	66395	-3564 (5%)
Overige lijnen	1521	1478	-43 (3%)	131209	12930	-1906 (2%)

3

Bosjes van 0,1 tot 2ha	Aantal			Oppervlakte (ha)		
	1995	1999	Vershil	1995	1999	Vershil
Boomkwekerij	11	5	-6 (55%)	7,5	2,4	-5,1 (68%)
Gemengd bos	1	1	+0 (0%)	1,7	1,7	+0,0 (0%)
Loofbos	37	39	+2 (5%)	33,7	35,1	+1,4 (4%)
Populierenopstand	8	7	-1 (13%)	5,0	4,9	-0,2 (4%)

*oppervlakte/omtrekverhouding >= 10*

'Lineaire' boom-opstanden 0,1-0,5 ha	Aantal			Oppervlakte (ha)		
	1995	1999	verschil	1995	1999	Vershil
Gemengd bos	2	3	+1 (50%)	0,6	0,8	+0,2 (33%)
Loofbos	108	118	+10 (9%)	22,5	25,2	+2,7 (12%)
Naaldbos	2	2	+0 (0%)	0,4	0,4	+0,0 (0%)

*oppervlakte/omtrekverhouding < 10*

Tabel 3.6 Verskil tussen 1995 en 1999 gebaseerd op de Top10- vector voor kleine landschapselementen – niet lineair – in het studiegebied Eijsden

Beschrijving	Aantal			Oppervlakte (ha)			
	1995	1999	verschil	1995	1999	verschil	
Boomgaard – Hoogstam	231	180	-51 (22%)	242,2	136,3	-106,0	(44%)
Fruitekwekerij – Laagstam	128	129	+1 (1%)	179,2	169,7	-9,5	(5%)
Boomkwekerij	18	10	-8 (44%)	10,5	3,3	-7,2	(69%)
Gemengd bos	8	9	+1 (13%)	53,5	54,3	+0,9	(2%)
Loofbos	309	318	+9 (3%)	122,2	131,3	+9,1	(7%)
Naaldbos	3	4	+1 (33%)	0,5	0,6	+0,1	(20%)
Oeverlijn/Landbouw	11	12	+1 (9%)	2,8	2,7	+0,0	(0%)
Populierenopstand	9	9	+0 (0%)	9,4	9,3	-0,1	(1%)

Alle terreinen in gebied

Tabel 3.7 Verskil in het aantal solitaire bomen in 1999 t.o.v 1995 afgeleid uit de Top10- vector

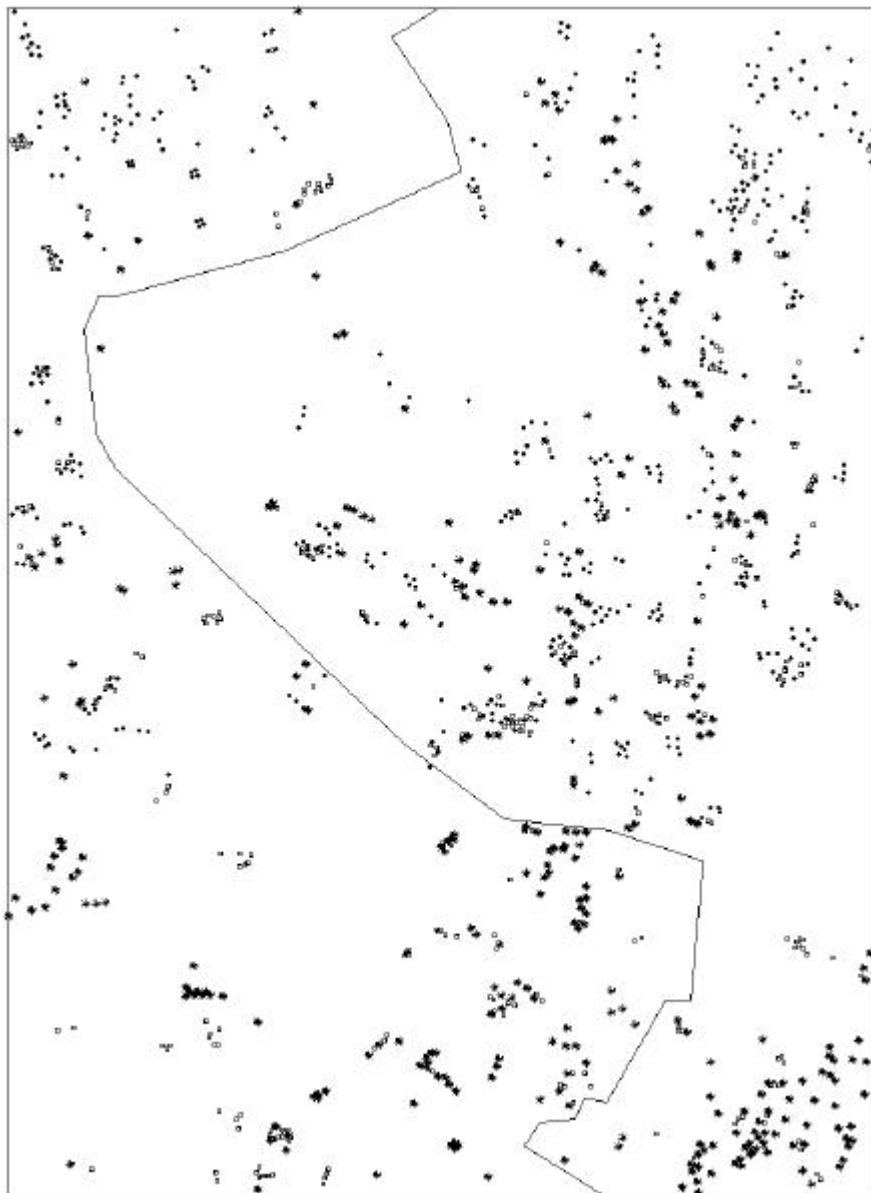
BESCHRIJVING	AANTAL		
	1995	1999	Vershil
Bomen Solitair	330	751	+421 (128%)

Uit de bovenstaande tabellen blijkt op basis van de Top10-vector (1995 en 1999) dat de dynamiek van kleine landschapselementen erg groot is voor het studiegebied Eijsden, vooral voor heggen, hoogstamboomgaarden, en solitaire bomen. In 4 jaar tijd is de hoeveelheid heg met 3,5 km afgenomen in een gebied van 5 bij 4 km ! Dit komt neer op een procentuele afname van 5% in 4 jaar tijd. De snelheid waarmee de hoogstamboomgaarden verdwijnen is nog veel groter. In vier jaar tijd verdwenen er 51 hoogstamboomgaarden (22%). In oppervlakte is het areaal hoogstamboomgaarden met 44% afgenomen.

### 3.3.1 Solitaire bomen

Alleen voor solitaire bomen lijkt er op het eerste gezicht een grote toename te zijn van het aantal bomen. Echter hier wordt men op het verkeerde been gezet. Van veel hoogstamboomgaarden zijn slechts enkele bomen overgebleven. Deze bomen zijn daarna in de Top10-vector als symbool opgenomen, waar ze voorheen als vlakken (hoogstamboomgaarden) voorkwamen. Er zijn dus slechts bomen verdwenen, terwijl het lijkt alsof er bomen zijn bijgekomen volgens tabel 3.7. Als gevolg van deze constatering is er een uitgebreidere analyse gemaakt. De schijnbare toename van het aantal solitaire bomen met 421 bomen t.o.v. 1995 uit Tabel 3.4 vraagt om enige nadere uitleg. Uit ruimtelijke analyses blijkt dat de Top10-vector uit 1995 en 1999 273 bomen gemeen te hebben en 57 bomen uit 1995 zitten niet in het bestand van 1999. Er zijn dus 479 bomen bijgekomen in 1999. Let wel, van deze 479 nieuwe bomen liggen er 157 in voormalige boomgaarden en er zijn dus maar 320

echte "nieuwe" bomen (op basis van analyse van de Top10-vector 1995 en 1999). Vergelijken we het panchromatische IKONOS beeld met de Top10-vector, dan blijkt dat lang niet alle bomen zijn opgenomen in de Top10-vector en lijkt het soms dat er willekeurig in groepjes bomen een losse boom is gekozen (symbool). Van de 330 bomen uit 1995 liggen er 113 in voormalige boomgaarden aanwezig in 1980. Uit visuele interpretatie van IKONOS satellietbeeld 2000 blijkt dat er veel solitaire bomen zijn die niet in de Top10-vector (uit 1999) zitten. Na digitalisatie blijken dit er 352 te zijn. In de onderstaande figuur is de dynamiek tussen 1995 en 1999 volgens de Top10-vector weergegeven, plus de bomen in 2000 die niet in de Top10-vector zijn opgenomen.



\* Bomen in Top10 (1995) ● Bomen in Top10 (1999) □ Bomen in 2000 en niet in Top10

*Figuur 3.9 Ruimtelijke dynamiek van het aantal solitaire bomen op basis van de Top10-vector, versies 1995 en 1999, en interpretatie van IKONOS satellietbeelden*

### 3.3.2 Hoogstam Boomgaarden

Voor historische gegevens over boomgaarden (lees hoogstam) is er gebruik gemaakt van de Historische Atlas Limburg 1:25.0000 (ROBAS, 1989). De 4 kaartbladen (769, 770, 773 en 774) die binnen het studiegebied vallen zijn rond 1918 verkend, rond 1924 herzien, en rond 1925 uitgegeven (zie Figuur 3.10). Aanvullend is er gebruik gemaakt van de kaarten van de Eerste Bosstatistiek (1940). In de Eerste Bosstatistiek zijn boomgaarden apart opgenomen. Op basis van deze twee bronnen is er een digitaal basisbestand aangemaakt met als naam 'boomgaarden 1940'. Hierbij moet worden opgemerkt dat de Eerste Bosstatistiek alleen voor Nederland beschikbaar is. De onderstaande tabel beslaat dus slechts een gedeelte (het Nederlandse deel) van het studiegebied. Tabel 3.8 beschrijft de veranderingen in de hoogstamboomgaarden t.o.v. de situatie in 1940. Hieruit blijkt dat een groot areaal hoogstamboomgaarden (289 ha) in het studiegebied Eijsden is veranderd in ander agrarisch landgebruik. Ook in de periode 1980-1995 is er in het studiegebied een groot areaal aan hoogstamboomgaarden verdwenen, in totaal 198 ha. De analyse is gebaseerd op interpretatie van luchtfoto's van 1980 van het gebied. De situatie in 1995 is gebaseerd op de Top10-vector. In tabel 3.9 zijn de veranderingen in de periode 1980-1995 weergegeven. Deze sterke achteruitgang in het areaal hoogstamboomgaarden sinds de jaren '40 is algemeen bekend en het behoud van het kleine areaal overgebleven hoogstamboomgaarden wordt door meniggen onderkend.



Figuur 3.10 Topgrafische kaartbladen uit 1925 voor het studiegebied Eijsden. Deze kaarten komen uit de Historische Atlas Limburg Robas (Wieberdink, 1989)

Tabel 3.8 Huidige veranderingen in de Hoogstam Boomgaarden t.o.v. situatie in 1940

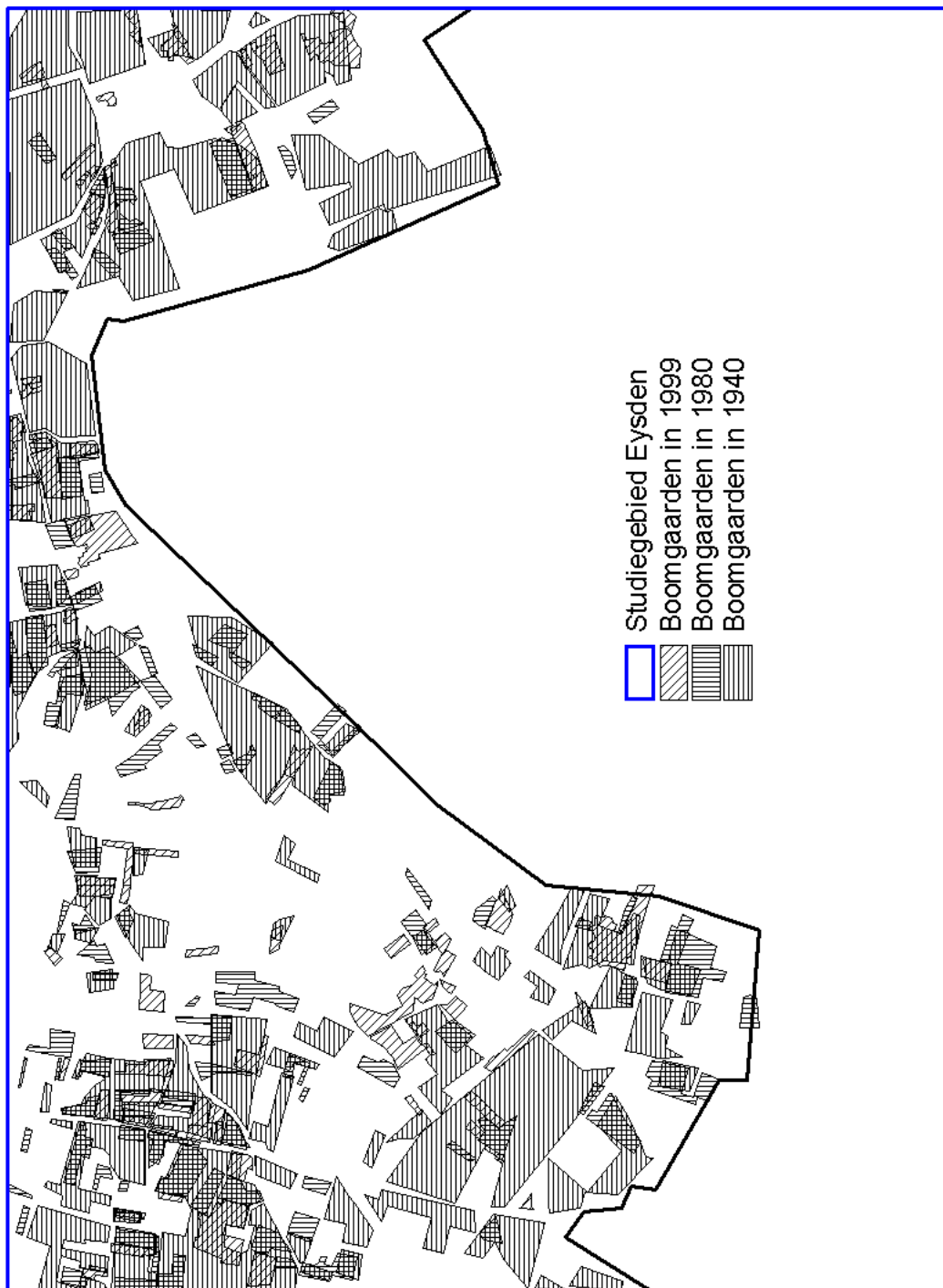
Boomgaarden uit 1940 (323 ha) zijn verandert in:		
	<u>Situatie in 1995 (ha)</u>	<u>Situatie in 1999 (ha)</u>
Hoogstam boomgaard (gebleven)	55	34
Bouwland	73	81
Fruitkwekerij	28	28
Loofbos	7	7
Weiland	129	141
Overige bodemgebruik	31	31
<b>Totaal</b>	<b>323</b>	<b>323</b>

Tabel 3.9 Afname areaal hoogstam-boomgaarden in de periode 1980-1995. De situatie in 1980 is gebaseerd op oude luchtfoto's van dat jaar

CODE	Boomgaard (hoogstammige fruitbomen) uit 1980 naar:	Ha
5233	Boomkwekerij	2
5203	Bouwland	53
5313	Fruitkwekerij (laagstammige fruitbomen)	30
5263	Overig bodemgebruik (CT)	8
5213	Weiland (CT)	105
	<b>Totaal</b>	<b>198</b>

Verrassender was echter de constatering in tabel 3.6 dat er in de periode 1995 – 1999, 51 hoogstamboomgaarden met een totaal areaal van 106 ha verdwenen is. In figuur 3.11 is de ruimtelijke dynamiek in de hoogstamboomgaarden weergegeven in de periode 1940-1999 voor het studiegebied Eijsden.

Op basis van het IKONOS beeld van mei 2000 is er nog gekeken naar de betrouwbaarheid van de Top10-vector (1999) t.a.v. van de hoogstamboomgaarden. Uit de visuele interpretatie van het panchromatische IKONOS beeld (mei 2000) is gebleken dat er van de 180 hoogstamboomgaarden (Top10, 1999) alweer 10 verdwenen zijn. Dit is wel een zorgelijke ontwikkeling te noemen. Ondanks het feit dat er alles aan gedaan wordt om het areaal hoogstamboomgaarden te behouden of uit te breiden, zie ook subsidiemogelijkheden van het Programma Beheer, lijkt de neerwaartse spiraal nog niet te zijn gekeerd. Wel moeten we hier de kantekening plaatsen dat, aangezien beide bronnen (Top10 en IKONOS) uit bijna hetzelfde jaar zijn, dat de Top10-vector misschien deze landschapselementen niet altijd even correct weergeeft. Bij het gebruik van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden kan men elke twijfel over veranderingen uitsluiten, terwijl dit niet mogelijk is op basis van verschillende updates (versies) van de Top10-vector.



*Figuur 3.11 Verandering areaal hoogstam boomgaarden in de periode 1940-1999 voor het Nederlandse deel van het studiegebied Eijsden*

### 3.4 Conclusies

Voor de meest belangrijke kleine landschapselementen binnen de studiegebieden Eijsden en Gemert is er gekeken naar de mogelijkheden om deze te detecteren op basis van IKONOS satellietbeelden. Dit is gedaan op basis van visuele interpretatie en zijn de bevindingen vergeleken met de informatie aanwezig in (true color) kleurenluchtfoto's met 1 meter resolutie en de digitale topografische kaart 1:10.000 (Top10-vector), dit om de toegevoegde waarde van de IKONOS satellietbeelden te kunnen vaststellen. Bij de interpretatie van de IKONOS satellietbeelden t.b.v. kleine landschapselementen is er in de praktijk voornamelijk gebruik gemaakt van de panchromatische beelden omdat deze het meeste ruimtelijke detail bevatten. Het gebruik van de multispectrale en gecombineerde (d.m.v. fusion technieken, zie 2.4.2) IKONOS satellietbeelden is dus tot nu toe minder toepasselijk geweest dan het gebruik van de panchromatische IKONOS satellietbeelden. Tijdens het veldwerk is er wel enig gebruik gemaakt van de multispectrale beelden in het geval er enige twijfel was over de thematiek (kaal of begroeid) van bepaalde landschapselementen.

Een groot verschil tussen de kleurenluchtfoto's en de panchromatische IKONOS beelden is dat de panchromatische beelden ook de reflectie in het nabij-infrarood meenemen. Vegetatie reflecteert sterk in het nabij-infrarood in vergelijking met andere oppervlakken. Dit heeft tot gevolg dat de meeste landschapselementen beter zichtbaar zijn op de IKONOS satellietbeelden dan op de kleurenluchtfoto's, ondanks het feit dat de ruimtelijke resolutie van kleurenluchtfoto's iets beter is. Wordt er gebruik gemaakt van false-color luchtfoto's die ook in het nabij-infrarood meten dan valt dit voordeel van de IKONOS satellietbeelden weg. In de vergelijking van de kleurenluchtfoto's met de panchromatische IKONOS satellietbeelden voor specifieke landschapselementen, waren eigenlijk alleen wegen beter zichtbaar op de kleurenluchtfoto's. Zelfs de plastic kassen, zichtbaar linksboven in fig. 3.1., zijn beter zichtbaar op de panchromatische IKONOS satellietbeelden dan op de kleurenluchtfoto's. Ook waterwegen zijn beter zichtbaar op de panchromatische IKONOS beelden dan op de kleurenluchtfoto's.

Wat betreft holle wegen, graften en houtwallen is veldwerk onontbeerlijk voor het identificeren van deze elementen, zeker in de gevallen waarbij ze onder de vegetatie verdwijnen. Indien de plaats bekend is kunnen deze elementen wel met behulp van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden in de tijd worden gevolgd. Wat betreft de kwaliteit, beheer en soortensamenstelling van specifieke landschapselementen blijft veldwerk onontbeerlijk. Hoewel, het gebruik van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden de effectiviteit van het veldwerk sterk vergroot.

Veel opvallender is het verschil van de IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's met de Top10-vector. In de Top10-vector worden de meeste kleine landschapselementen sterk vereenvoudigd ruimtelijk weergegeven (op een cartografische wijze). De ruimtelijke variabiliteit van de landschapselementen, zoals de exacte begrenzingen, heterogeniteit, compactheid en structuur, zijn alleen uit luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden te halen. Het vaststellen van deze

structuurparameters van individuele landschapselementen moet op dit moment worden vastgesteld op basis van visuele interpretatie. In andere woorden, het geautomatiseerd gebruik van IKONOS satellietbeelden is op dit moment niet beter dan voor luchtfoto's (en zijn dus sterk vergelijkbaar). Het prefereren van IKONOS satellietbeelden boven (false-colour) kleurenluchtfoto's, zal dus sterk afhangen van de prijzen van het beeldmateriaal en de hele inherente preprocessing (kosten radiometrische en geometrische correcties). Hierin wordt in meer detail op in gegaan in hoofdstuk 6. Maar ook de snelheid waarmee het beeldmateriaal ter beschikking kan komen, zal voor de eindgebruiker van groot belang zijn.

Verder hebben we gezien dat het tijdstip van opname erg belangrijk kan zijn voor het detecteren van specifieke landschapselementen. Het beste moment van opname zal sterk afhangen van de landschapselementen waarin men geïnteresseerd is, maar in het algemeen kan men stellen dat een zomerbeeld te prefereren valt boven een voorjaarsbeeld voor het identificeren en karakteriseren van kleine landschapselementen.

Uit paragraaf 3.3 is naar voren gekomen dat de dynamiek van veel kleine landschapselementen erg groot is, vooral wat betreft heggen en hoogstamboomgaarden in het studiegebied Eijsden. Tussentijdse monitoring kan dus in specifieke gebieden van groot belang zijn en vergroot het belang van IKONOS satellietbeelden. Duidelijk is vastgesteld dat de TOP10-vector in deze gevallen sterk achterloopt in actualiteit en worden er vraagtekens gezet bij de betrouwbaarheid van de Top10-vector. In ieder geval is onomstotelijk vastgesteld dat wat betreft solitaire bomen er niet op de Top10-vector vertrouwd kan worden. Voor andere landschapselementen, zoals hagen en heggen, is dit ook het geval maar lijkt de Top-10 vector toch een redelijk regionaal gemiddeld beeld te geven. Dus voor het vaststellen van regionale trends (statistieken) in het aantal en areaal landschapselementen is de Top-10 vector dus goed te gebruiken behalve voor solitaire bomen. Men moet echter niet de fout maken dat men door overlays te maken van de verschillende versies van de Top10-vector men de ruimtelijke veranderingen kan weergeven. Voor de plaatsgebonden monitoring zal men gebruik moeten maken van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden in combinatie met veldwerk.



## **4 Semi-automatische detectie van kleine landschapselementen**

### **4.1 Inleiding**

In februari 2003 is van de beeldverwerkingsoftware eCognition versie 3 verschenen en op Alterra binnen het Centrum Geo-Informatie ter beschikking gekomen. De functionaliteit van de software eCognition lijkt het uitvoeren van een segmentatie en object classificatie van kleine landschapselementen mogelijk te maken. Begin 2003 is er begonnen met het testen van het softwarepakket eCognition voor de semi-automatische detectie van kleine landschapselementen. Resultaten hiervan worden in dit hoofdstuk beschreven. Voor gedetailleerde informatie over eCognition zie ook hun website: [www.definiens-imaging.com](http://www.definiens-imaging.com).

Op digitale luchtfoto's en zeer hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRS) zijn kleine landschapselementen met het oog goed waar te nemen (zie hoofdstuk 3). Het automatisch omzetten van deze waarnemingen naar een informatielaag in een Geografische Informatie Systeem (GIS) was echter tot op heden niet goed mogelijk. Alleen het handmatig digitaliseren van de gewenste informatie op een satellietbeeld of luchtfoto gaf goede resultaten. Objecten als een boom of een bomenrij waren moeilijk met pixel-georiënteerde classificatie methoden in kaart te brengen. Deze classificatie methoden gebruikten de pixel waarden om een profiel voor een bepaalde klasse op te stellen. Dit werkte goed voor homogene objecten zoals productiegroen en diverse gewassen omdat hierbij de pixels waaruit het object bestaat (bijv. een perceel grasland) ongeveer eenzelfde pixelwaarde (-profiel) hebben. Een feit is dat de meeste landschapselementen heterogene objecten zijn met veel verschillende gradaties in kleur en schaduw. De pixels waaruit bijvoorbeeld een boomobject bestaat hebben niet hetzelfde pixelwaarde profiel. Dit wordt nog versterkt door het gebruik van ZHRS-beelden. Hoe groter het detail van de opname, hoe duidelijker de heterogeniteit van de objecten meestal wordt.

Een boom is onder andere herkenbaar aan zijn kleur in combinatie met zijn vorm. Deze twee kenmerken maken hier samen het object 'boom'. Voor het automatisch detecteren en identificeren van een boom moeten dus beide kenmerken beschikbaar zijn. Kleurinformatie is een onderdeel van een satellietbeeld of digitale luchtfoto. Dit zijn de reflectiewaarden die per pixel opgeslagen zijn. Informatie over objectvormen in een beeld kan verkregen worden door het beeld te segmenteren. Dit is een proces waarbij naast elkaar liggende pixels met elkaar vergeleken worden op basis van hun pixelwaarde. Op deze manier worden groepjes pixels die sterk op elkaar lijken samengevoegd tot 1 object. Voor ieder object is hierna informatie beschikbaar over de kleur (pixelwaarde) maar ook over de vorm. Dit maakt het mogelijk om bijvoorbeeld boomobjecten te classificeren, waar hieronder verder op in gegaan zal worden.

## 4.2 Doel

Het automatisch vastleggen van bomen en bomenrijen op digitale luchtfoto's of ZHRS beelden via het proces van segmentatie en object classificatie en het opnemen van de resultaten in een GIS.

## 4.3 Studie gebied en materiaal

Als studiegebied is een deelgebied bij Gemert gekozen, de coördinaten van het testgebied zijn;  $LL_{xy}$  (173583.5, 399334.5) en  $UR_{xy}$  (175786.5,4011054.5).

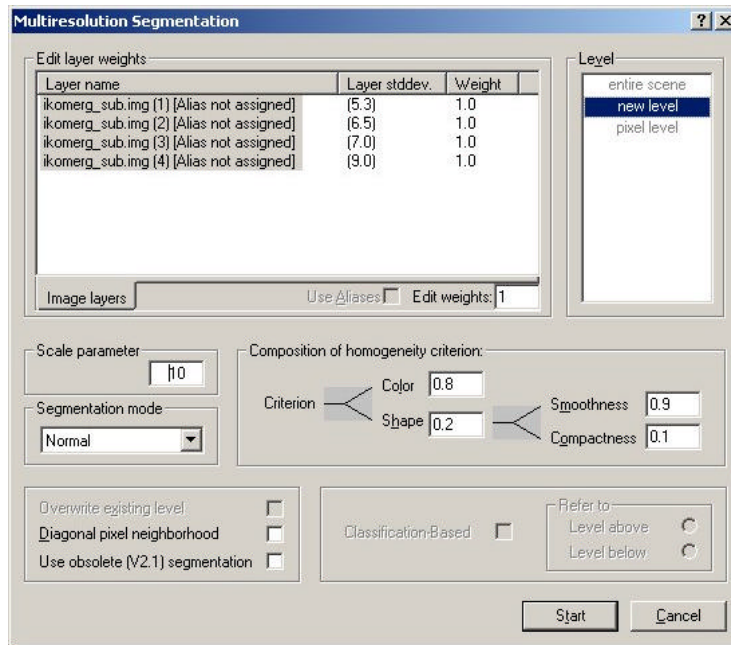
Deze studie is uitgevoerd op een pan-merged IKONOS satellietbeeld van 13 juni 2000 (zie hoofdstuk 2). Tevens is voor dit gebied gebruikt gemaakt van Top10-vector uit 1998 (zie paragraaf 2.3)

Het softwarepakket eCognition van Definiens imaging (Definiens 2003) is sinds 2000 beschikbaar en begin 2003 is versie 3.0 ter beschikking gekomen. Het softwarepakket richt zich vooral op de digitale beeldverwerking van hoge resolutie satellietbeelden en luchtfoto's. Het onderscheidt zich van andere beeldverwerkingssoftware zoals ERDAS Imagine en ENVI in de gebruikte methode. Deze andere software pakketten maken gebruik van pixelgeoriënteerde classificatie methoden, terwijl eCognition het eerste commercieel beschikbare softwarepakket is dat gebruik maakt van een objectgerichte classificatie methode.

## 4.4 Segmentatie en classificatie met eCognition

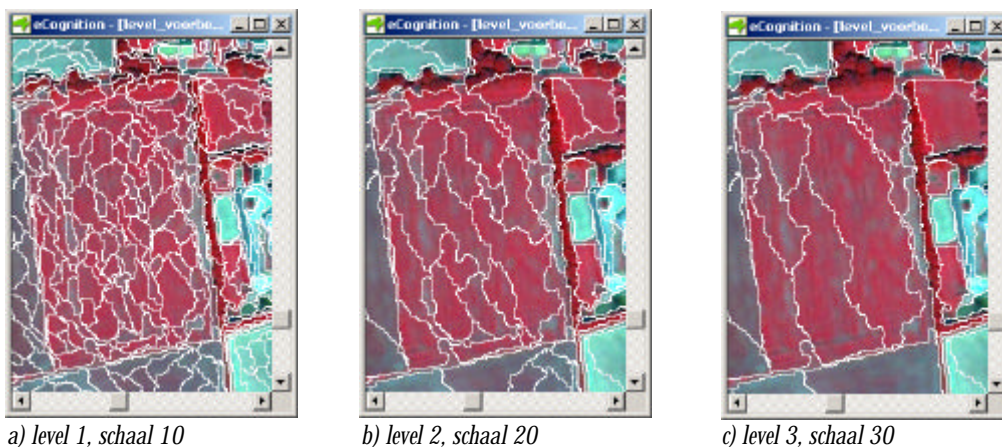
Het softwarepakket eCognition maakt het mogelijk om digitale beelden zoals digitale luchtfoto's of ZHRS beelden op basis van een objectgeoriënteerde classificatie te verwerken. Objectgeoriënteerde classificatie omvat het proces van segmentatie en classificatie. De eerste stap in het proces is segmentatie, het creëren van beeldobjecten op basis van spectrale homogeniteit op een bepaald schaalniveau. Op een gedetailleerd schaalniveau worden kleine objecten gevormd, op een minder gedetailleerd schaalniveau worden grotere objecten gevormd. Voor een bepaald schaalniveau (instelbaar) worden objecten gevormd aan de hand van een homogeniteitscriterium. Hiervoor worden parameters voor kleur (colour) en vorm (shape) opgegeven. Voor de vorm kunnen nog parameters opgegeven worden voor compactheid (compactness) of gladheid (smoothness).

De schaal wordt opgegeven als een absoluut getal (waarvan de eenheid onbekend is). De parameters kleur en vorm krijgen een gewicht tussen 0 en 1 waarbij deze samen altijd 1 zijn. De parameters compactness en smoothness krijgen ook een gewicht tussen 0 en 1 en zijn samen ook altijd 1.



*Figuur 4.1* Overzicht van de parameter instellingen voor segmentatie

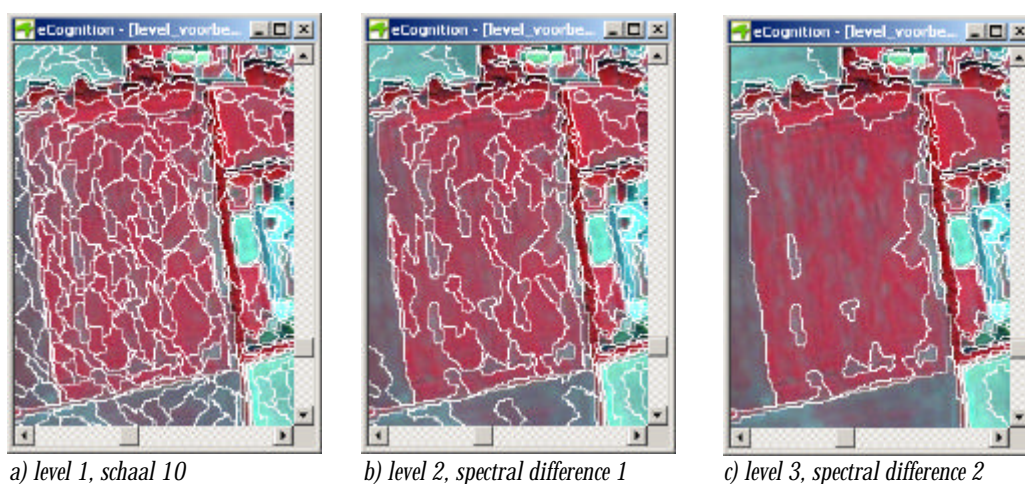
Het segmentatieproces kan op verschillende schaalniveaus worden uitgevoerd waarbij de verschillende niveaus wel met elkaar worden verbonden. Bij de eerste segmentatie worden de basisobjecten gevormd, bij volgende segmentaties worden of objecten samengevoegd (minder gedetailleerd, zogenaamde superobjecten) of objecten verder gesegmenteerd (meer gedetailleerd, zogenaamde subobjecten). Hierbij geldt dat de grenzen van subobjecten nooit de grenzen van superobjecten doorkruizen.



*Figuur 4.2* objecten na segmentatie op 3 verschillende segmentatieniveaus gebaseerd op het homogeniteitscriterium

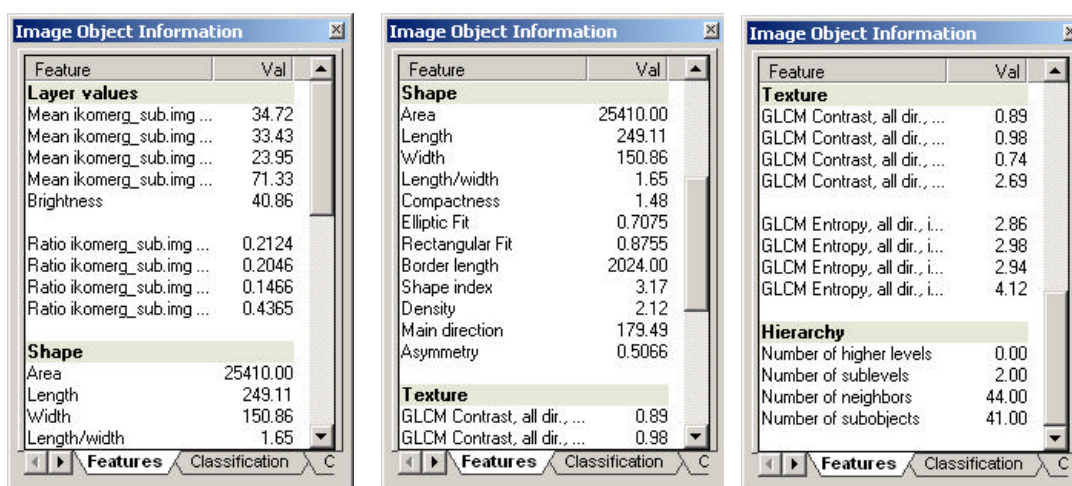
De gewenste objecten worden meestal niet in één segmentatiestap gecreëerd, afhankelijk van het gebruikte beeldmateriaal en de gewenste objecten moet het

segmentatieproces op meerdere schaalniveaus worden uitgevoerd. Hiervoor zijn twee segmentatie methoden beschikbaar, op basis van het homogeniteitscriterium (zie fig. 4.2) of op basis van spectrale verschillen (zie fig. 4.3). Op basis van het homogeniteitscriterium kan zowel sub- of super schaalniveau een segmentatie uitgevoerd worden. Hierbij staan alle objecten in relatie tot de opgegeven schaalparameter. Segmentatie op basis van spectrale verschillen kan alleen voor het super schaalniveau uitgevoerd worden, hierbij worden objecten samengevoegd op basis van gelijkheid van hun spectrale waarden.



Figuur 4.3 Objecten na segmentatie op 3 verschillende segmentatieniveaus gebaseerd op spectrale verschillen

Voor elk object is informatie beschikbaar op basis van de pixels die binnen het object vallen. Dit is o.a. de gemiddelde reflectie, de helderheid (brightness) en textuur. Ook is informatie over de vorm van het object bekend. Dit is o.a. de oppervlakte, omtrek en lengte/breedte verhouding. Als segmentatie op meerdere schaalniveaus is uitgevoerd bevat een object ook informatie over zijn sub- en/of superobjecten.



Figuur 4.4 Overzicht van een klein deel van de beschikbare objectinformatie

Nadat de segmentatie voltooid is kunnen de objecten geassocieerd worden. Binnen eCognition kunnen de gewenste klassen aangemaakt worden en vervolgens worden

per klasse de kenmerken van deze klasse gespecificeerd. Dit kan door middel van het aanwijzen van voorbeeld objecten die representatief zijn voor de klasse of door het opstellen van specifieke regels waaraan een klasse aan moet voldoen.



Fig 4.5a : klassedefinitie in eCognition

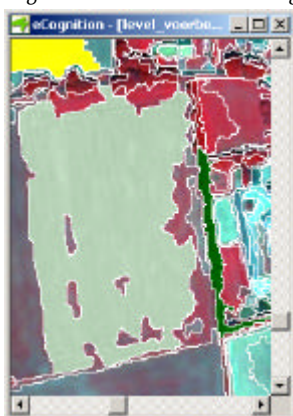


Fig 4.5b : representatie objecten voor gedefinieerde klassen

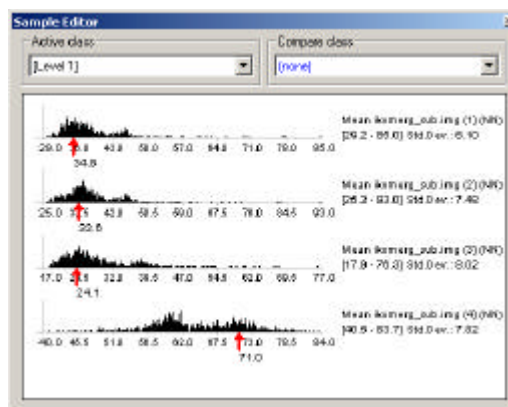
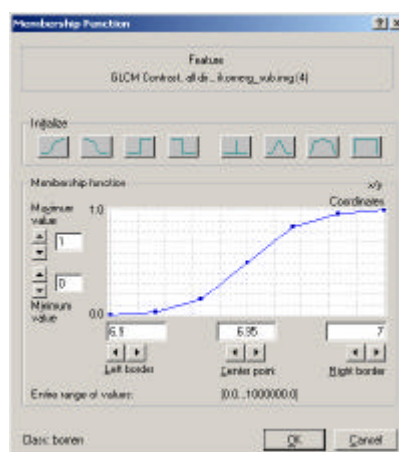
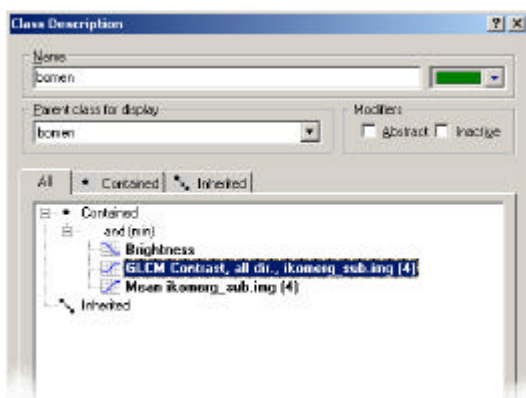


Fig 4.5c : spectraal profiel van voorbeeld object van de klasse 'overig begroeid'

Figuur 4.5 Klassedefinitie in eCognition (fig 4.5a). Representatie objecten voor gedefinieerde klassen (fig 4.5b). Spectraal profiel van voorbeeld object van de klasse 'overig begroeid' (fig 4.5c)



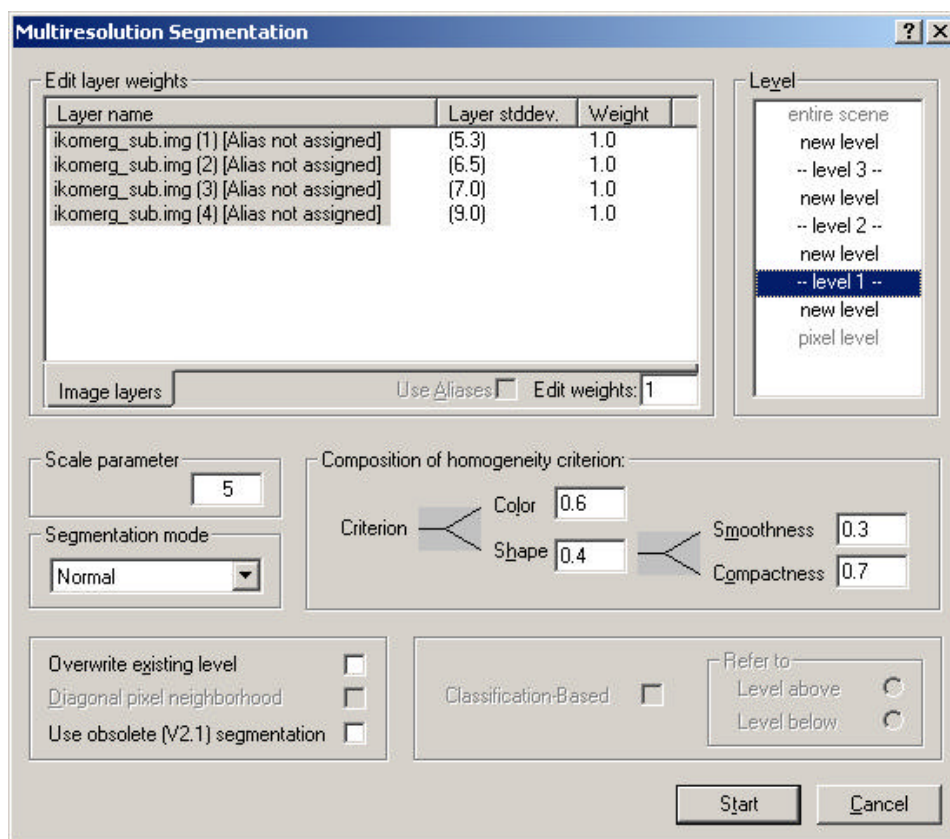
Figuur 4.6 Beschrijving van de klasse 'bomen' met behulp van specifieke regels (links) en een voorbeeld van de klasse regel "GLCM Contrast" met functie en grenzen (rechts)



## 4.5 Resultaten

### 4.5.1 Segmentatie

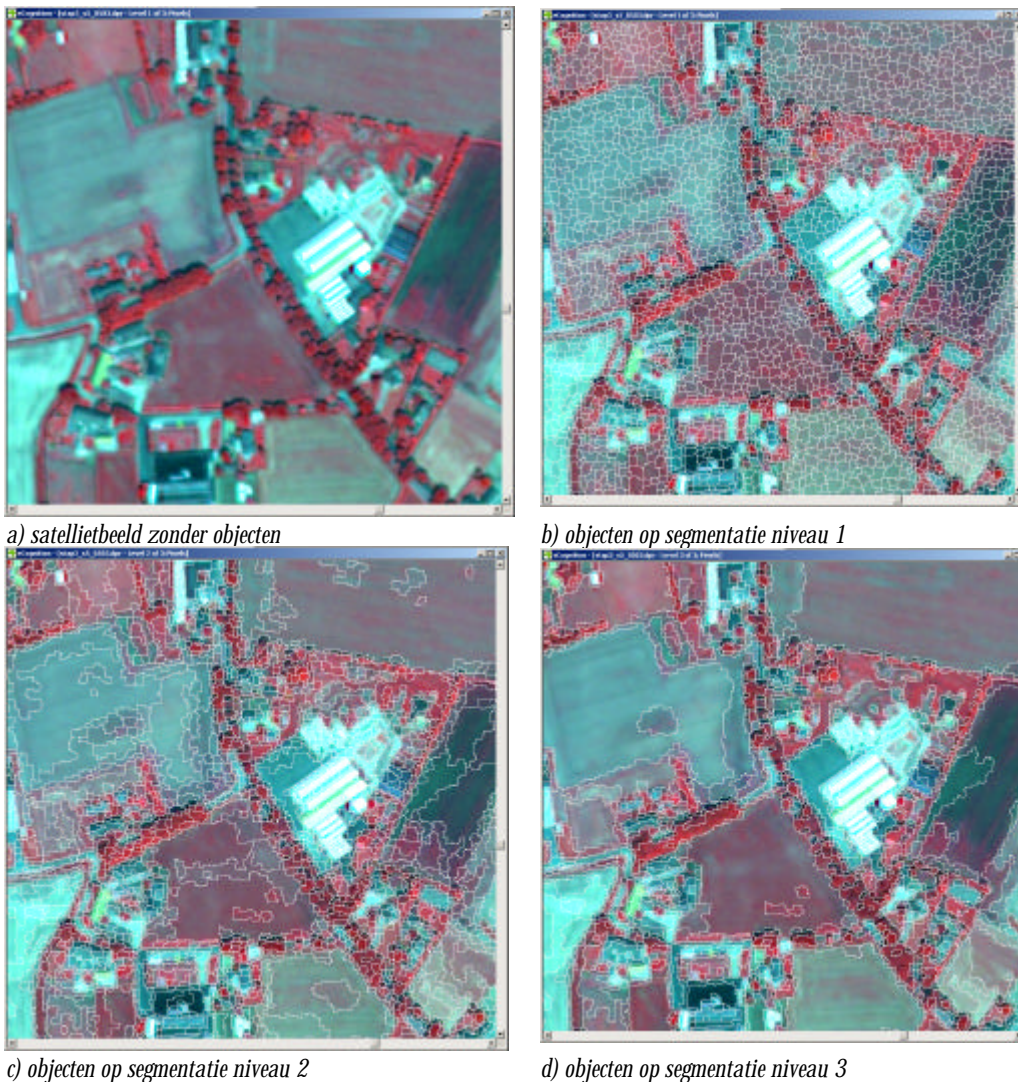
De eerste stap van het segmentatieproces is het vaststellen van het basis schaalniveau. Hier is geen vaste maat voor te geven, dit is afhankelijk van het gebruikte beeldmateriaal en van de gewenste objecten. Standaard staat als schaalniveau 10 ingevuld, dit is als uitgangspunt gebruikt. Ook zijn standaard parameterwaarden voor kleur en vorm gebruikt (color 0.8, shape 0.2, smoothness 0.9 en compactness 0.1). Vervolgens zijn er twee segmentaties op super schaalniveau uitgevoerd op basis van de spectrale verschillen methode. Een eerste visuele beoordeling laat zien dat deze methode goed in staat is om boomobjecten op verschillende schaalniveaus compact te houden terwijl andere objecten als begroeide of niet-begroeide percelen groter worden. Dit is van belang bij de uiteindelijke classificatie van boomobjecten. Segmentatie en classificatie is een iteratief proces. Na het segmentatieproces wordt visueel beoordeeld of de gewenste objecten gevormd zijn. Vervolgens worden de classificatie criteria opgesteld. De resultaten van de classificatie geven vervolgens weer aan of de segmentatie parameters bijgesteld moet worden.



Figuur 4.7 Gebruikte parameters voor segmentatie van het basis schaalniveau

Enkele overwegingen bij de gemaakte keuzes :

- De combinatie van de schaalparameter en de homogeniteitparameters creëren op segmentatieniveau 'level 1' kleine objecten waarbij zowel color als shape van belang zijn bij het segmentatieproces.
- Voor het shape criterium weegt de compactness zwaarder dan de smoothness. De nadruk ligt hierbij op een vierkante in plaats van een langgerekte vorm voor de objecten. Dit is van belang als bij het verder segmenteren op super schaalniveau waarbij objecten samengevoegd worden. Dit geeft betere resultaten voor het segmenteren van boom objecten.
- Segmentatieniveau "level 2" en 'level 3' zijn gemaakt met behulp van de segmentatie methode 'spectrale verschillen' met achtereenvolgens schaal parameter 1 en 2.
- De 'level 3' objecten zijn gebruikt voor de classificatie.



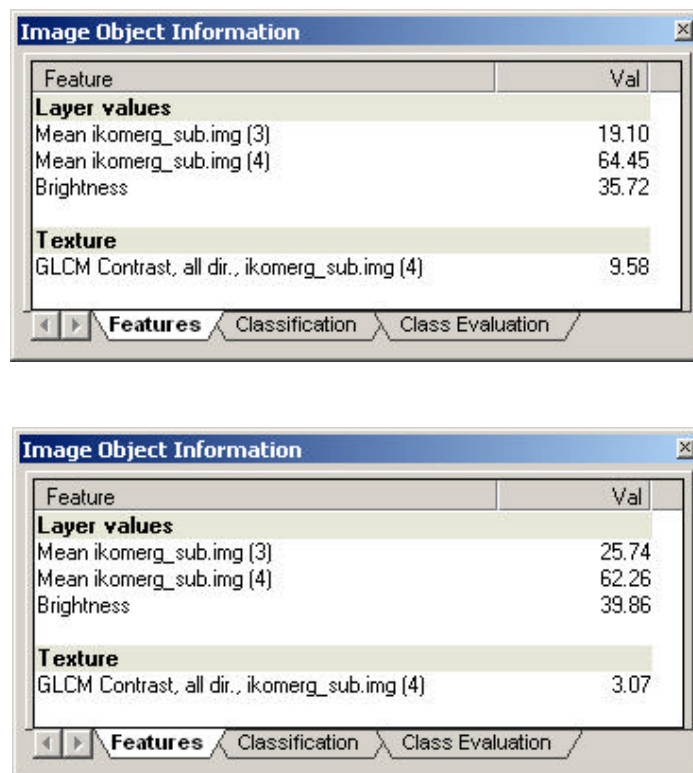
Figuur 4.8 Satellietbeeld en objecten op meerdere segmentatieniveaus

## 4.5.2 Classificatie

De eerste stap voor de classificatie is het identificeren van de relevante objectinformatiebronnen waarmee de boomobjecten zich onderscheiden van de overige objecten. Ervaring met pixelgeoriënteerde classificatie methoden leert dat de reflectie in de rode en infra-rode banden van belang zijn voor het onderscheiden van verschillende vegetatieklassen. Voor bomen is de verwachting dat informatie over textuur ook van belang is. Na vergelijking van diverse informatiebronnen en het uitvoeren van een aantal proefclassificaties met het IKONOS beeld is er gekozen voor de volgende 4 informatiebronnen :

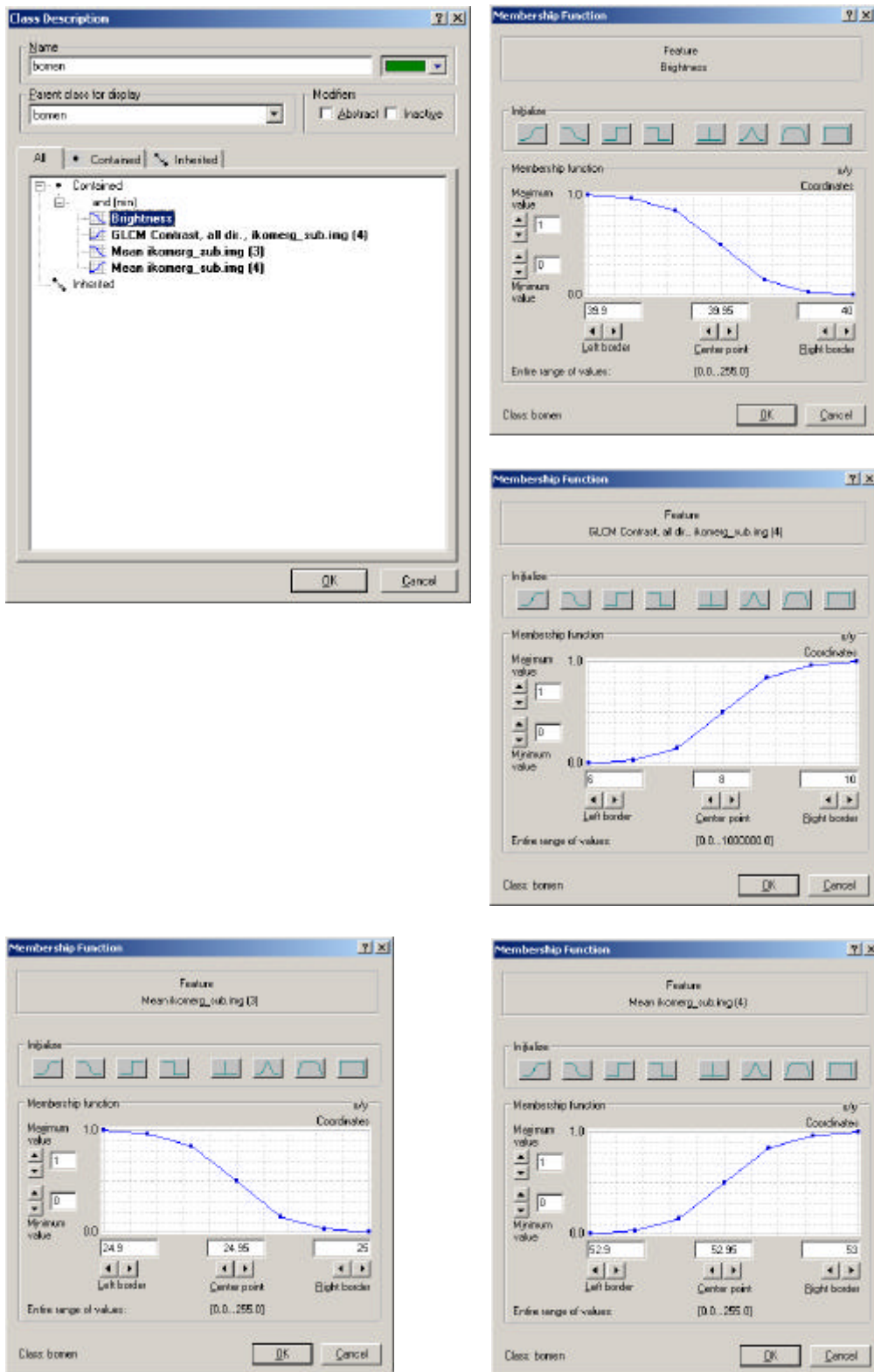
- gemiddelde reflectie in het rode kanaal (Mean[3])
- gemiddelde reflectie in het infra-rode kanaal (Mean[4])
- helderheid (Brightness)
- textuur in het infra-rode kanaal (GLCM Contrast [4])

GLCM Contrast is een textuurmaat die berekend wordt volgens de Gray Level Co-occurrence Matrix methode (Haralick 1973). In eCognition wordt echter geen matrix gebruikt maar wordt de textuurmaat berekend uit de pixels die het object vormen.

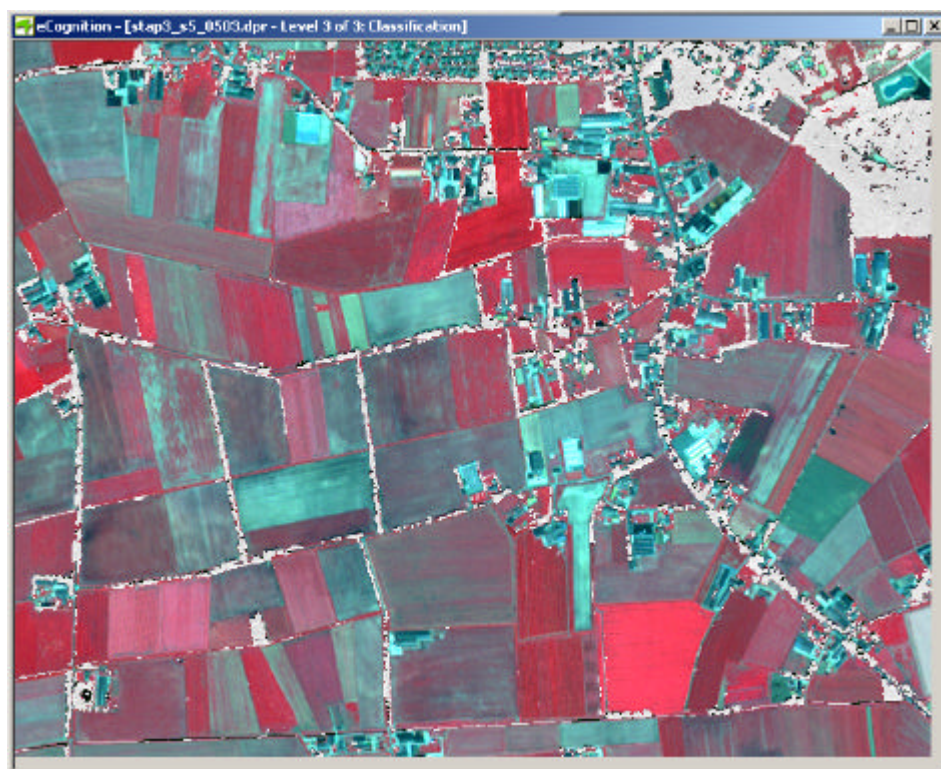
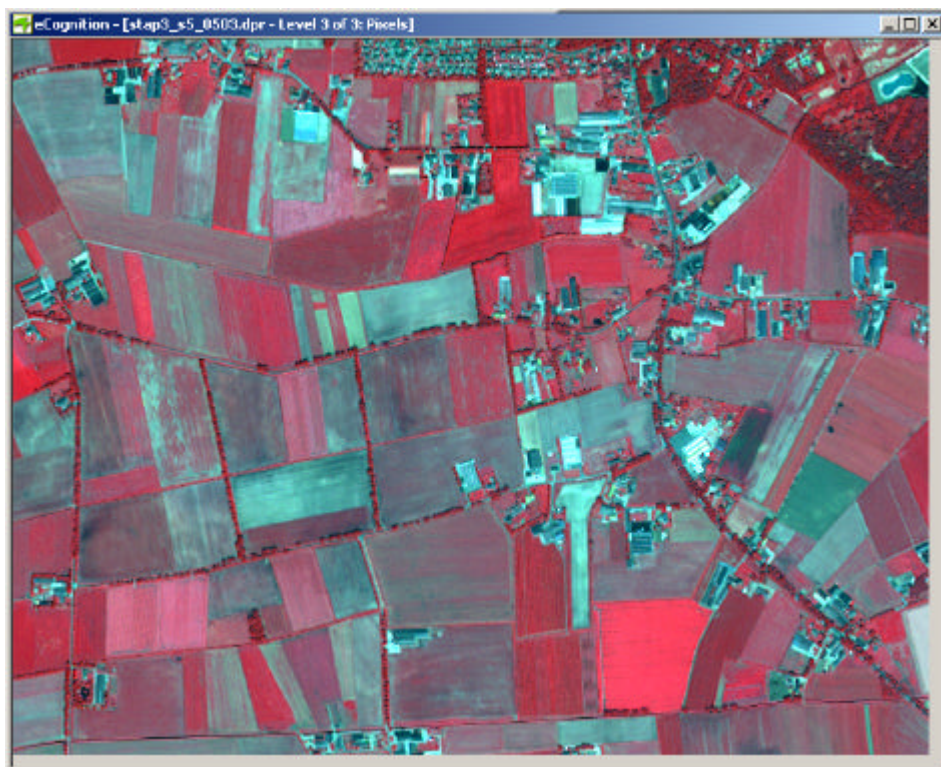


Figuur 4.9 Voorbeeld van objectinformatie van een boom object (boven) en niet-boom object (onder)





Figuur 4.10 Overzicht van de opgestelde regels waarmee bomen geclassificeerd zijn



*Figuur 4.11 IKONOS satellietbeeld weergegeven (boven) als false-color beeld (RGB = 432) en resultaat (onder) van bomenclassificatie weergegeven in grijs op het satellietbeeld (bomen zijn in onderste plaatje afgedekt met grijs)*

Het classificatieresultaat laat zien dat het merendeel van de bomen die op het satellietbeeld zichtbaar zijn ook met deze classificatiemethode gevonden worden. Een fout in de classificatie kan zowel worden veroorzaakt door het segmentatieproces als door de classificatie regels. Een fout in het segmentatieproces is bijvoorbeeld een object waarin zowel bomen als niet-bomen voorkomen maar wel aan de opgestelde classificatieregels voldoet. Het gehele object wordt als boom geclassificeerd terwijl het object niet alleen bomen bevat. Het is dan ook van belang om het segmentatieproces uitvoerig te beoordelen en aan te passen totdat het gewenste resultaat verkregen is. Ook objecten die bij een visuele beoordeling duidelijk alleen bomen bevatten worden niet altijd als boom geclassificeerd. Hiervoor is een verfijning van de classificatieregels nodig. Beide acties zijn binnen dit project in verband met de beschikbare tijd maar ten dele uitgevoerd.

De resultaten van deze exercitie zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van satellietbeelden of luchtfoto's met infrarode spectrale informatie. De segmentatie is uitgevoerd op alle beschikbare spectrale informatie (blauw, groen, rood en infrarood) van het IKONOS satellietbeeld. Voor de classificatie zijn o.a. de reflectie in het infrarood en de textuur in het infra-rood gebruikt. Dit zijn echter opname die vaak niet standaard beschikbaar zijn. Kleurenluchtfoto's (alleen het zichtbare licht) zijn echter vaak wel beschikbaar. Om een idee te krijgen of de gebruikte procedure ook werkt zonder de infrarood informatie is dezelfde exercitie uitgevoerd met alleen de blauwe, groene en rode spectrale banden van het IKONOS satellietbeeld.

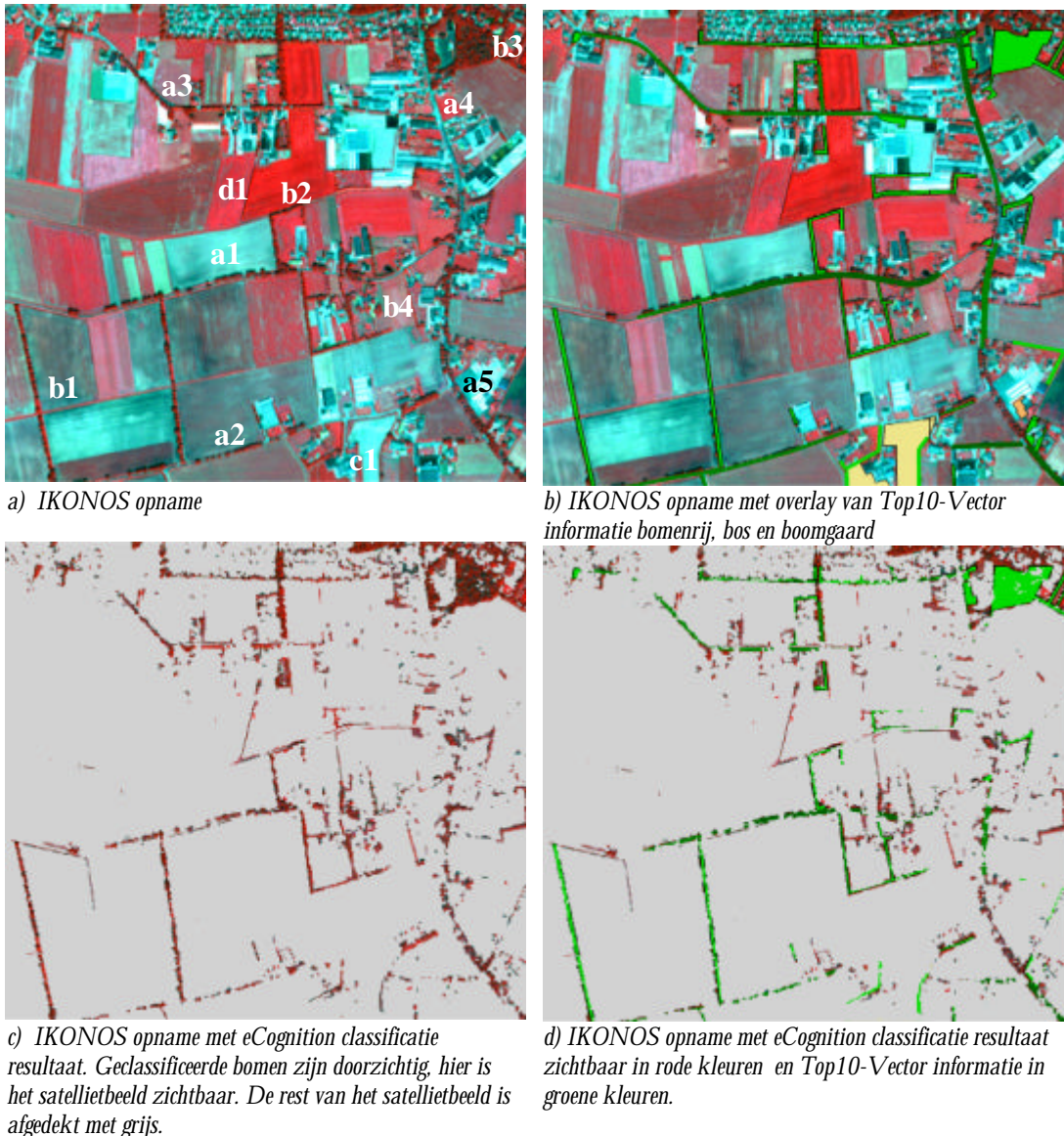
Op deze manier is het nog steeds mogelijk om bomen te detecteren, wel worden er minder bomen gevonden. Dit heeft ook te maken met de gebruikte procedure. Voor de segmentatie en de classificatie zijn dezelfde parameters gebruikt als voor de exercitie met infrarode informatie. Het is duidelijk dat deze parameters aangepast moeten worden en dat er nader onderzoek noodzakelijk is. Het laat echter wel zien dat bomendetectie en classificatie ook mogelijk is met gewone kleurenopnamen.

### **4.5.3 Vergelijking classificatie met de Top10-Vector**

De resultaten van de classificatie en de beschikbare informatie in Top10-vector zijn weergegeven in figuur 12. Uit de Top10-vector zijn de klassen bomenrij, boomgaard, heg en bos geselecteerd. Solitaire bomen komen voor dit gebied niet in Top10-vector voor (zie paragraaf 3.2 voor een beschrijving van de informatie in Top10-vector).

Bomenrijen (a) komen op verschillende plaatsen voor. Locatie a1, a2 en a3 zijn bomenrijen in Top10-Vector. De bomen worden met de classificatie procedure ook gevonden. Een voordeel van de informatie uit classificatie procedure boven de informatie uit Top10-vector is dat via de classificatie procedure meer informatie over hoe de bomenrij gevormd is beschikbaar is. Het is duidelijk te zien waar de open plekken in de bomenrij zich bevinden en waar de bomenrij aaneengesloten is. Deze informatie ontbreekt in Top10-Vector. Locatie a4 is in Top10-Vector een bomenrij.





Figuur 4.12 Satellietbeeld (a), Top10-Vector informatie (b) en eCognition classificatie resultaat (c en d)

Op het satellietbeeld is duidelijk te zien dat hier geen bomen aanwezig zijn. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door het tijdsverschil tussen de Top10-vector (1998) en het satellietbeeld (2000). De bomen kunnen dus na 1998 zijn gekapt. Locatie a5 komt niet als bomenrij in Top10-vector voor. Op het satellietbeeld is duidelijk te zien dat hier bomen staan. Deze worden met de classificatie procedure ook gevonden. Locaties b1, b2 en b3 zijn in Top10-vector als bos opgenomen. Voor locaties b1 en b2 komen de resultaten van de classificatie procedure overeen met de informatie uit Top10-vector. Op locatie b3 ontbreekt een deel van het bos in het resultaat van de classificatie procedure. Wel wordt in de omgeving van b3 meer bomen gevonden dan in Top10-vector aanwezig zijn. Dit geldt echter voor meerdere locaties in het gebied. Veel bomen zijn duidelijk te zien op het satellietbeeld en worden ook door de classificatie procedure gevonden (bijvoorbeeld bij locatie b4). Deze ontbreken echte

in Top10-vector. Een verklaring hiervoor is dat in Top10-vector geen bomen binnen bebouwd gebied opgenomen worden.

Locatie c1 is in Top10-Vector een laagstam boomgaard. Op het satellietbeeld is te zien dat een deel hiervan kale grond is (het lichtblauwe vlak) en een deel nog wel begroeid is. De classificatie procedure vindt deze boomgaard niet. Dit kan veroorzaakt worden door te weinig contrast in de gebruikte textuur informatie van het object. Op locatie d1 worden in de classificatie procedure bomen gevonden. Op het satellietbeeld is echter duidelijk te zien dat hier geen bomen voorkomen. Wel is het een contrastrijke overgang tussen twee percelen waardoor de object informatie aan de opgestelde regels voor de klasse bomen voldoet. Dit is een van de voorbeelden waarvoor de segmentatie en classificatie procedure nader bekeken en verbeterd moet worden.

Uit deze vergelijking tussen Top10-vector, het satellietbeeld en de classificatie procedure kan geconcludeerd worden dat:

- Top10-vector minder bomen en/of bos bevat dan op een satellietbeeld zichtbaar zijn. Dit kan deels veroorzaakt worden door verschil van tijdstip tussen Top10-Vector en het satellietbeeld. Echter het is duidelijk te zien dat hiermee niet alle verschillen verklaard zijn.
- De classificatie procedure in eCognition het merendeel van de zichtbare bomen goed vastlegt.
- De classificatie procedure de structuur van bomenrijen goed waarneemt. Alleen de locaties waar bomen voorkomen worden waargenomen terwijl in een Top10-Vector bomenrij element plekken zonder bomen voorkomen.
- De classificatie procedure laagstam boomgaarden niet waarneemt. Hiervoor moet de procedure verbeterd worden.
- De classificatie procedure soms bomen waarneemt op locaties waar op het satellietbeeld geen bomen te zien zijn. Hiervoor moet de procedure verbeterd worden.

## **4.6 Conclusies en aanbevelingen**

De objectgerichte classificatie methode met behulp van het softwarepakket eCognition kan goed gebruikt worden voor het vastleggen van bomen op zeer hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRs). Op het IKONOS beeld wordt het merendeel van de duidelijk zichtbare bomen met behulp van de classificatie methode gevonden. In een aantal gevallen werkt de procedure niet goed, dit is onder andere het geval bij een contrastrijke overgang tussen twee percelen waarbij bomen geclassificeerd zijn, terwijl op het satellietbeeld duidelijk te zien is dat hier geen bomen voorkomen. Deze problemen kunnen waarschijnlijk worden opgelost door meer aandacht te besteden aan het segmentatie proces en aan het classificatie proces. Ook de proef met een IKONOS satellietbeeld zonder infra-rood informatie geeft redelijke resultaten. Dit is als een proef uitgevoerd, nader onderzoek met behulp van digitale luchtfoto's zal een beter inzicht in de te behalen resultaten geven.

In vergelijking met de informatie over bomen en bos zoals deze in de Top10-vector opgenomen is blijkt dat de classificatie procedure in eCognition gedetailleerdere en actuelere informatie over deze landschapselementen geeft.

## 5 Kosten en baten analyse IKONOS satellietbeelden

De gebruikte IKONOS satellietbeelden zijn in 2000 tegen een gereduceerd tarief van 25 euro per km<sup>2</sup> bij het bedrijf NEO aangeschaft. De richtprijs voor een IKONOS satellietbeeld is op dit moment (2003) \$29,- per km<sup>2</sup> (zie de homepage van Space Imaging Europe: <http://www.euspaceimaging.com/sime.asp?page=products> voor actuele prijzen). Voor de prijs van \$29,- per km<sup>2</sup> wordt zowel het panchromatische (1 meter detail) als het multispectrale IKONOS satellietbeeld (4 meter detail) geleverd (het zgn. bundle product). De beelden zijn voorzien van georeferentie in het UTM projectiestelsel en kunnen rechtsreeks of met behulp van paspunten getransformeerd worden naar het Rijksdriehoekstelsel. De beelden zijn echter niet gecorrigeerd voor hoogteverschillen in het terrein (geen ortho-rectificatie).

Alle genoemde prijzen in tabel 5.1 gelden voor nieuw op te nemen IKONOS satellietbeelden, voor beelden uit het archief gelden lagere prijzen, voor het "bundle product" bedraagt dit \$21 per km<sup>2</sup>. Helaas wordt er voor Europa (en Nederland specifiek) niet actief een archief bijgehouden. Alleen eerder bestelde IKONOS beelden zijn hierin opgeslagen.

Bij bestelling van IKONOS beelden worden er helaas door Space Imaging ook nog de nodige voorwaarden gesteld :

- Voor nieuwe beelden geldt een minimum aaneengesloten oppervlakte van 100 km<sup>2</sup>. Het is op dit moment niet mogelijk om kleinere gebieden te bestellen (dit zou zeer interessant zijn voor een Europees Landschaps Monitoringsysteem waarbij km-hokken verspreid over Europa in detail gemonitord worden).
- Verschillende niet aaneengesloten gebieden worden als verschillende bestellingen gezien.
- Voor beelden uit het archief (in opbouw) geldt een minimale oppervlakte van 49 km<sup>2</sup>.
- Een order voor het opnemen van een nieuw beeld wordt binnen 90 dagen uitgevoerd. Op verzoek kan de order sneller uitgevoerd worden (priority tasking), hiervoor geldt een toeslag. Priority tasking tussen 1 en 7 dagen kost \$3000 + 50% van het order bedrag (de kosten van het beeld). Voor 8 tot 14 dagen is dit \$3000 + 30 % van het order bedrag, voor 15 tot 30 dagen \$3000 + 20% van het order bedrag.
- Bestelde beelden mogen 20 % bewolking (exclusief schaduw!!) bevatten. Bij een hoger percentage bewolking is er geen afnameverplichting.

Deze voorwaarden worden door de auteurs zeer onvoordelig gevonden en beperken het gebruik van IKONOS satellietbeelden. Wel is in de praktijk ondervonden dat de snelheid waarmee de beelden ter beschikking komen verbeterd is ten opzichte van de situatie van twee jaar geleden. Zo kwam in 2000 de informatie over een geslaagde opname (aangevraagd door Alterra) pas na meer dan één maand na opname beschikbaar en duurde de levering vervolgens nog eens anderhalve maand. In 2003 is



een bestelde opname van Eindhoven binnen zes weken opgenomen en binnen twee weken na opname geleverd.

Voor een ander project van Alterra werd in 2000 een prijsopgave opgevraagd bij Lufthansa voor het maken van infra-rode luchtfoto's van 10 natuurgebieden in Nederland. Het ging hierbij om luchtfoto's op een schaal van 1:5000 met 80% overlap (dit in verband met het maken van stereo-opnamen). Zowel diapositieven als contactafdrukken werden geleverd. De totale oppervlakte van de 10 natuurgebieden samen bedroeg ongeveer 8 km<sup>2</sup> (800 ha). De gemiddelde kosten kwamen hierbij op 766 euro per km<sup>2</sup>. Een vergelijkbare opdracht bij Space Imaging voor IKONOS satellietbeelden zou echter op ongeveer 35.000 euro uitkomen. Deze prijs volgt uit de berekening 10 (locaties) \* 100 km<sup>2</sup> (minimum aaneengesloten oppervlakte) \* 35 (\$ per km<sup>2</sup> voor infra-rood opname met 1 m detail). Door de minimum eis van 100 km<sup>2</sup> per gebied zou je dan uitkomen op een zeer hoge prijs van ongeveer 4300 euro per km<sup>2</sup> (35.000/8 km<sup>2</sup>). Er wordt dan wel meer geleverd maar dit valt buiten de gebieden van interesse. Bovendien heeft men met de IKONOS beelden nog geen stereo-opnamen.

Sinds 1999 zijn via TerraImaging in Amsterdam digitale luchtfoto's verkrijgbaar. Een gedetailleerd overzicht van de kosten kan nu nog niet worden gegeven, maar ter indicatie werd een bedrag van 450 euro per km<sup>2</sup> genoemd. Het product wat hiervoor geleverd wordt omvat een digitale opname die vergelijkbaar is met de multispectrale opname van IKONOS. Echter men krijgt wel een ruimtelijke resolutie detail van 15 cm en de luchtfoto's zijn ortho-gerectificeerd. Daarnaast wordt tegen een meerprijs van 100 euro per km<sup>2</sup> tevens het gebruikte hoogtebestand meegeleverd. De prijs kan verlaagd worden bij afname van grote hoeveelheden data of bij afname van de data met een lager detailniveau (informatie TerraImaging: zie [www.terraimaging.nl](http://www.terraimaging.nl)).

In het kort kan men nu zeggen dat op dit moment de levering van IKONOS satellietbeelden goed is en dat de prijs gedaald is naar een redelijk niveau (zie tabel 5.1). Wel blijven de stringente voorwaarden nadelig en het feit dat er geen uitgebreid IKONOS archief aangelegd wordt, vergelijkbaar met bijvoorbeeld het Landsat TM archief. Maar men moet ook het oog op de toekomst richten en dan ziet men dat recentelijk en de komende jaren meerdere zeer hoge-resolutie satellietensoren worden gelanceerd. Hiermee wordt de kans op een beschikbare opname enorm vergroot en kan wellicht door toenemende concurrentie tussen bedrijven de prijs gaan dalen. Ook wordt door NEO BV getracht om een IKONOS satellietbeeldenarchief voor Nederland op te bouwen waardoor veel meer IKONOS satellietbeelden beschikbaar komen en tegelijkertijd tegen een lagere prijs.

Een goede vergelijking tussen de kosten van IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's is echter lastig te maken. Dit heeft vooral te maken met de specifieke wensen van de gebruiker. Voor een aaneengesloten gebied van minimaal 100 km<sup>2</sup> waarbij de opnamedatum niet binnen een periode van minder dan 90 dagen hoeft te liggen lijkt IKONOS geen dure keuze. Gaat het echter om een groot aantal kleine locaties dan lijken luchtfoto's op dit moment een goedkopere keuze. Verder zijn er zeer grote verschillen in het detail voor luchtfotografie (25 cm) en zeer hoge resolutiebeelden

zoals IKONOS (1m panchromatisch en 4 m infra-rood). Is een detail van kleiner dan 1 meter gewenst dan valt IKONOS af en kan de Quickbird satelliet met opnamen van 60 cm eventueel nog een rol spelen. Echter voor meer gedetailleerde opnames is men voor burgerdoeleinden nog steeds aangewezen op luchtfoto's. Deze bovengenoemde conclusies wijzigen gedeeltelijk weer als er een goed IKONOS archief van Nederland kan worden opgebouwd. IKONOS komt dan wellicht gunstiger naar voren. Maar ook dit is weer afhankelijk van in hoeverre een archief met de (digitale) luchtfotografie wordt opgebouwd.

*Tabel 5.1 Indicatieve kosten luchtfoto's en hoge-resolutie satellietbeelden*

Satelliet-/lucht-foto	Opname-grootte (km <sup>2</sup> )	Opname periode	Spectrale banden(µm)	Prijs* (/km <sup>2</sup> )
TDN (panchromatisch)	4*4	1994-1997	ca.0.4-0.7 (zichtbaar)	6 euro
Eurosense (true color)	4*4	zomer 1996	ca. 0.4-0.5 (blauw) ca. 0.5-0.6 (groen) ca. 0.6-0.7 (rood)	30 euro
IKONOS (panchromatisch)	100	begin mei 2000	0.45-0.90 (zichtbaar en nabij-infrarood)	\$21,50
IKONOS (multispectraal)	100	begin mei 2000	0.45-0.52(blauw) 0.52-0.60(groen) 0.63-0.69(rood) 0.76-0.90(nabij-infrarood)	\$21,50
IKONSOS (panchromatisch en multispectraal)	100			\$29,-
Quickbird (panchromatisch)	64	vanaf 2002	0.45-0.90 (zichtbaar en nabij-infrarood)	\$22.50
Quickbird (multispectraal)	64	vanaf 2002	0.45-0.52(blauw) 0.52-0.60(groen) 0.63-0.69(rood) 0.76-0.90(nabij-infrarood)	\$22.50
Quickbird (panchromatisch en multispectraal)	64			\$30
TerraImaging Digitale Infrarood opname en hoogtemodel inclusief orthorectificatie		vanaf 1990		550 euro (indicatie)



## 6 Conclusies en aanbevelingen

Het gebruik van Remote Sensing opnamen in het Meetnet Landschap heeft alleen zin indien de techniek een duidelijke meerwaarde oplevert naast de Top10-vector in de vorm van aanvullende en/of actuele informatie. Inzet van zeer hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRS) moet men in eerste instantie verwachten voor kleinere en specifieke gebieden. Het feit dat de uitvoering van het landschapsbeleid wordt gedecentraliseerd betekent dat het Meetnet Landschap ook zal moeten worden gebruikt door andere actoren binnen het landschapsbeleid zoals de provincies, gemeenten en particuliere organisaties. Verder is om de identiteit van het Nederlandse landschap te waarborgen, speciale aandacht vereist voor karakteristieke gebieden met bijzondere landschappelijke en historische waarden, zoals de Waardevolle Cultuur Landschappen (WCL). Beleid op regionale schaal vraagt vaak meer gedetailleerde en actuelere informatie dan aanwezig in de Top10-vector. Ook voor de beantwoording van ad hoc vragen vanuit het beleid kan actuele informatie noodzakelijk zijn. De uiteindelijke behoefte aan tussentijdse monitoring zal sterk worden bepaald door de veranderingsnelheid van relevante topografische, i.c. landschappelijke grootheden. Bovendien is er al uit eerdere studies (Zeeuw, et al., 1999; Zeeuw, C.J. de en G.W. Hazeu, 2001) gebleken dat monitoren met behulp van (updates van de) Top10-vector zeer beperkt is. Dit wordt nog eens versterkt door het feit dat de TDN bij actualisatie van de Top10-vector niet bijhoudt of het om een verandering gaat of om het herstel van een foute interpretatie. Bij ruimtelijke vergelijking van verschillende Top10-bestanden gaat het dus vaker om ruis dan om werkelijk gemeten veranderingen! De Top10-vector is wel uitstekend geschikt om regionale trends in de dynamiek van afzonderlijke elementen te geven, zoals gebeurd is in studies van Dijkstra (Dijkstra et al., 1997).

In de voor u liggende rapportage is nagegaan in hoeverre zeer hoge-resolutie satellietbeelden, in dit geval IKONOS satellietbeelden met een ruimtelijke resolutie van 1 meter, een toegevoegde waarde kunnen hebben ten opzichte van luchtfoto's en de Top10-vector in het *Meetnet Landschap*. Alle aandacht was hierbij gericht op de kartering van kleine landschapselementen. Er waren twee studiegebieden uitgekozen: Eijsden, gelegen in de Voerstreek in Zuid-Limburg en Gemert, gelegen in de Peelstreek in Oost-Brabant. Voor de twee studiegebieden zijn IKONOS satellietbeelden vergeleken met kleurenluchtfoto's en de informatie in de Top10-vector. Er is ook gekeken naar de temporele dynamiek van kleine landschapselementen en naar de actualiteit en nauwkeurigheid van de Top10-vector voor landschapselementen.

Uit deze studie is gebleken dat IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's, naast de Top10-vector, belangrijke informatie kunnen verschaffen voor de monitoring van kleine landschapselementen. Panchromatische IKONOS satellietbeelden lenen zich zelfs beter voor het detecteren opgaande beplantingen en waterwegen dan de gebruikte (true color) kleurenluchtfoto's met 1m resolutie. Dit komt door het feit dat

de panchromatische IKONOS beelden ook in het nabij-infrarood meten. Moeilijk of geenszins is het mogelijk om met behulp van ZHRS-beelden en/of luchtfoto's een uitspraak te doen over het beheer, de kwaliteit en de soortensamenstelling van kleine landschapselementen. Veldwerk blijft hiervoor onontbeerlijk. Wel kunnen zowel luchtfoto's als IKONOS satellietbeelden dienen als basiskaart voor veldwerk, wat de voorbereiding en uitvoering van het veldwerk een stuk efficiënter maakt. Dit wordt ook beaamd door de korte ervaringen van de Gemeente Gemert-Bakel met IKONOS satellietbeelden, al blijft hun voorkeur uitgaan naar digitale kleurenluchtfoto's waarmee zij al veel langer ervaring hebben. Ten tweede kunnen er structuurparameters (bv. breedte, continuïteit, homogeniteit en exacte begrenzingen) d.m.v. visuele interpretatie uit de ZHRS-beelden en/of luchtfoto's worden gehaald die niet in de Top10-vector aanwezig zijn. Ten derde blijkt dat de Top10-vector vaak te onbetrouwbaar is wat betreft kleine landschappelijke elementen. Er moet dus voor veldwerk en/of regionale studies ook gebruik worden gemaakt van ZHRS en/of luchtfoto's. Als actualiteit een belangrijke voorwaarde moet dit een extra argument zijn om gebruik te maken van recente IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's. Dit omdat uit deze studie en andere studies is gebleken dat de dynamiek (lees achteruitgang) van vele kleine landschapselementen zeer hoog is.

Het monitoren van regio's met ZHRS-beelden biedt meer perspectief op langere termijn, ook indien er steekproefgewijs gemonitord zal worden. Normaliter is het juist voor kleinere gebieden gemakkelijker om aan recente satellietbeelden te komen, (door continuïteit in opnames) dan om aan recente luchtfoto's die hiervoor specifiek gevlogen moeten worden. Helaas is dit wat betreft het snel verkrijgen van IKONOS satellietbeelden nog niet erg realistisch. Vooral het slechte functioneren van Space Imaging Europe en het gevoerde beleid van Space Imaging International is hier debet aan. Een goed beeldarchief waaruit gebruikers snel data kunnen downloaden en een gunstiger prijsbeleid zijn essentiële voorwaarden voor het succes van IKONOS satellietbeelden.

Er zal een steeds grotere behoefte ontstaan om de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de Top10-vector voor de verschillende (landschaps)elementen te kwantificeren. Op basis van de in het veld uitgevoerde landschapsinventarisaties is het mogelijk om tot een betere validatie van de Top10-vector en van visuele interpretatie van IKONOS satellietbeelden te komen. Op het moment van deze studie waren echter geen referentiegegevens beschikbaar.

Verder is er gekeken of landschapselementen en hun structuurparameters op een (half-) geautomatiseerde wijze uit IKONOS satellietbeelden gehaald kunnen worden. Objectgerichte classificatie met behulp van eCognition en het gebruik IKONOS satellietbeelden gaf goede resultaten voor het vastleggen van kleine landschapselementen, in deze studie in het geval van bomen. Op het IKONOS beeld wordt het merendeel van de duidelijk zichtbare bomen met behulp van de classificatie methode gevonden. Slechts in een aantal gevallen werkt de procedure niet goed. Deze problemen kunnen waarschijnlijk worden opgelost door meer aandacht te besteden aan het segmentatie proces en aan het classificatie proces. Ook de test met een IKONOS satellietbeeld zonder gebruik te maken van het nabij-

infrarode kanaal (meeste luchtfoto's hebben geen nabij-infrarood) geeft redelijke resultaten. Nader onderzoek met behulp van digitale luchtfoto's zal een beter inzicht in de te behalen resultaten geven. In vergelijking met de Top10-vector informatie over bomen en bos blijkt dat de classificatie procedure in eCognition met de bterffende IKONOS satellietbeelden gedetailleerdere en actuelere informatie over deze landschapselementen geeft.

Verder is het noodzakelijk dat de mensen die juist in het veld zitten, meer ervaring krijgen met het gebruik van IKONOS satellietbeelden omdat zij uiteindelijk de werkelijk toegevoegde waarde bepalen.





## Literatuur

Bakermans, M.M.G.J., 1986. Gebruiksbeperkingen van de moderne topografische kaart bij onderzoek in het cultuurlandschap. Wageningen, PUDOC, Reeks Landschapsstudies deel 7.

Bont, Chr. De, 1986. Opbouw en toetsing van de legenda van de historisch-landschappelijke kaart van Nederland 1:50.000. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1946. Wageningen.

Bont, Chr. De, 1993. '...Al het merkwaardige in bonte afwisseling...'; een historische geografie van Midden- en Oost-Brabant. Bijdragen tot de Studie van het Brabantse Heem 36. Stichting Brabants Heem, Waalre.

Bont, Chr. De, 1998. The cyclone's eye: Historical dynamics and valuation in the man made landscapes of the Netherlands. In: Sereno, P., en M.L. Sturani (ed.), *Rural landscape between state and local communities in Europe; past and present*. Proceedings of the 1994 meeting of the Standing European Conference for the study of the Rural Landscape at Torino, p. 203-213. Torino.

Chavez, P.S., S.C. Sides en J.A. Anderson, 1991. Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: Landsat TM and SPOT panchromatic. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 57: 295-303.

Definiens Imaging, 2003, eCognition User Guide 3, [www.definiens-imaging.com](http://www.definiens-imaging.com)

Dijkstra, H. en J. Roos-Klein Lankhorst, 1995. Haalbaarheidsstudie Meetnet Landschap. Wageningen, DLO-Staring Centrum/IKC-Natuurbeheer, Rapport 390/Onderzoeksreeks Nota Landschap nr. 4.

Dijkstra, H., J.F. Coeterier, M.A. van der Haar, A.J.M. Koomen en W.L.C. Salden 1997. Veranderend cultuurlandschap. Signalering van landschapsveranderingen van 1900 tot 1990 voor de Natuurverkenning 1997. SC-DLO, Rapport 544, Wageningen.

Dijkstra, H., H.J.J.C.M. van Blerck en M.A. van der Haar, 1998. Ontwikkeling van een instrument voor de monitoring en evaluatie van landschapsvernieuwing. SC-DLO Rapport 606, Onderzoeksreeks Nota Landschap nr. 12.

Dijkstra, H. en J. van Lith-Kranendonk, 2000. Schaalkenmerken van het landschap in Nederland. Monitoring Kwaliteit Groene Ruimte (MKGR). Alterra-rapport 040, ISSN 1566-7197, Wageningen.

Dijkstra, H., J.J. de Jong, C. Schuiling, M.N. van Wijk, 2001. Kosten van Landschapsbeheer. Grondslagen voor verdeling van geld voor landschapsbeheer. Alterra-rapport 204, ISSN 1566-7197, Wageningen.

Dirkx, G.H.P., J.T.R. Kalkhoven, W.C. Knol, A.H.F. Stortelder, 1993. Typologie van lijnvormige beplantingen in Nederland. IBN-DLO en SC-DLO, Rapport 184, Wageningen.

Dirkx, G.H.P., A.A. de Veer, H.A.M. Thunnissen en F.B. van der Laan, 1989. SPOT voor landschap. Methode ontwikkeling voor het gebruik van SPOT-beelden voor de bijstelling van het gegevensbestand 'schaal van het landschap'. Delft, Beleidscommissie Remote Sensing, BCRS rapport 89-18.

DLG, 1999. Objectivering Doelpakketten. Subsidieregelingen Natuurbeheer 2000 en Agrarisch Natuurbeheer. Bijlage bij: Besluit No. trcz1999/13286, Besluit No. trcz1999/13288. Eindrapport Project Objectivering Doelpakketten Programma Beheer, 21 December 1999.

EC-LNV, 2001. Landschappelijke kwaliteit in beeld, Meetnet Landschap. EC-LNV, Wageningen.

ERDAS Inc., 1994. ERDAS Field Guide. Atlanta.

Farjon, J.M.J. (ed.), 1987. The suitability of remote sensing for surveying and monitoring landscape patterns. Volume A: Pilot study-Landsat imagery, Volume B: PEPS project no. 73-SPOT imagery. Wageningen, De Dorschkamp, Report 498/BCRS Report 87-12.

Haralick R.M., K.Shanmugam, I.Dinstein, Textural Features for Image Classification, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1973, p.610-621.

Hermy, M. en G. de Blust, 1997. Punten en lijnen in het landschap. Uitgave van Stichting Leefmilieu, Schuyt & Co en uitgeverij Marc van de Wiele, Brugge. 336 p.

Historische Atlas, 1990. *Grote Historische Atlas van Nederland ca. 1850; Zuid Nederland*. Groningen.

Hoogerwerf, M., Thunnissen, H.A.M. en J. Clement, 2000. Basisregistratie Percelen. Inwinningspilot. Driebergen 20 Juli 2000. 48p.

Knol, W.C., 1994. De flora en vegetatie van lijnvormige beplantingen in Nederland. SC-DLO, Rapport 207, Wageningen. 102 p.

Koomen, A.J.M., 1999. Inventarisatie aardkundige waarden in Nederland. Operatie Landijs. SC-DLO, Rapport 689, Wageningen. 70p.

Koomen, A.J.M. en E.J. van Beusekom, 1999. Aardkundig Informatie Systeem (AKIS). Bevragingssysteem voor aardkundige waarden in het Nederlandse Landschap. SC-DLO rapport 640, Onderzoeksrapport Nota Landschap nr. 14, Wageningen. 66p.

Kramer, H en L. van den Berg, 2001. Mogelijkheden voor inschakeling van hoge-resolutie satellietbeelden bij de monitoring van verstedelijking. BCRS rapport 01-38, NRSP-2, BCRS, Delft. 41p.

Laan, F.B. van der, J. Stolp, A.A. de Veer en W. Verhoef, 1986. Het gebruik van Landsat-TM opnamen voor detectie van ruimtebegrenzende elementen ten behoeve van de landschapsbeeldkartering. Amsterdam, NLR, Stiboka.

Linden, J.A. van der, 1973. *Topografische en Militaire Kaart van het Koninkrijk der Nederlanden*. Bussum.

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

Ministerie van LNV, 2000. Nota natuur, bos en landschap in de 21<sup>e</sup> eeuw 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur'. Den Haag.

Mücher, C.A., H.A.M. Thunnissen, C. de Bont, J. Clement, H. Kramer en H.J.M. Koomen, 2001. Toepassing IKONOS satellietbeelden in het Meetnet Landschap. BCRS rapport 01-40, Delft.

Rumpff, E., 1991. Vorm, waarneming en beleving van lijnvormige beplantingen. DLO-Staring Centrum, Rapport 114, Wageningen.

Shettigara, V.K., 1992. A generalized component substitution technique for spatial enhancement of multispectral images using a higher resolution data set. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58: 561-567.

Schmitz, H., 1993. Houtwallen, heggen en singels. Lijnvormige houtopstanden in Nederland. Stichting Landelijk Overleg Natuur- en Landschapsbeheer, Utrecht.

Thunnissen, H.A.M., R. Olthof, P. Getz en L. Vels, 1992. Grongebruiksdatbank van Nederland vervaardigd met behulp van Landsat Thematic Mapper opnamen. DLO-Staring Centrum, Rapport 168, Wageningen.

Thunnissen, H.A.M. en Kramer, H, 1997. Mogelijkheden voor kartering van kleine landschapselementen met behulp van hoge-resolutie-satellietbeelden en het digitale topografische bestand 1:10000. SC-DLO, Rapport 542, Wageningen, 50 p.

Topografische Dienst Nederland, 1998. Productbeschrijving TOP10vector. TDN, Emmen,

Townshend J.R.G. en C. Justice, 1981. Information extraction from remotely sensed data; a user view. *International Journal of Remote Sensing* 2: 313-329.

Vervloet, J.A.J., (1994) Historical geography and cultural heritage: some problems on valuation of landscape elements in a geographical information system together with archeology and historical architecture. In: J. Bethemont (ed), *L'avenir des paysages ruraux Europeens: entre gestion des heritage et dynamiques du changement*. Papers from the 1992 meeting at Lyon France, of the Standing European Conference for the Study of the Rural landscape, p. 35-40. Lyon.

Wieberdink, G.L., 1989. Historische Atlas Limburg : chromotopografische kaart des Rijks, 1:25.000. Uitgever Robas, Den Ilp. 88 pp.

Zeeuw, C.J. de, R.H. Meijners en A.K. Bregt, 1999. Geo-Informatie voor monitoring landgebruik, veranderingen om ons heen of ruis in databestanden?. In *Geodesia*, 1999-3.

Zeeuw, C.J. de en G.W. Hazeu, 2001. Monitoring land use changes using geo-information. Possibilities, methods and applied techniques. Alterra-rapport 214, Wageningen. 84 p.

## Bijlage A Gegevens uit de Top10- vector (versie 1999) voor het studiegebied Eijsden

### Symbolen

OMSCHRIJVING	AANTAL	OMSCHRIJVING	AANTAL
Grenspaal/steen	1	Paal	1
Kapel	7	Toren	2
Kerk zonder toren	4	Watermolen	1
KMpl. Contour	9	Wegwijzer	12
Kruis	45	Zendmast	1
Losse Boom	751		

### Lijnen

BESCHRIJVING	AANTAL	LENGTE (KM)
Bomenrij dubbel	45	6,7
Bomenrij enkel	84	8,7
Heg	661	66,4
Overige lijnen	1478	129,3
<b>Totaal</b>		<b>211 km</b>

### Vlakken

BESCHRIJVING	AANTAL	OPPERVLAKTE (HA.)
4/5 GV3	47	18
ASW	10	8
Begraafplaats	3	1
Boomgaard	180	136
Boomkwekerij	10	3
Bouwland	201	790
Fruitekwekerij	129	170
Gemengd bos	9	54
H4	2	2
H6	6	3
L3	1	1
L4	15	6
Loofbos	318	131
Naaldbos	4	1
Oeverlijn/Landbouw	12	3
Overig bodemgebruik	425	143
Overige weg >2m	45	7
OW3	67	18
Parkeerterrein	5	1
Populierenopstand	9	9
R3	21	4
R4	18	15
R6	2	1
Rijwielpad	16	5
Straat	26	7
Warenhuizen	1	1
Weiland	523	729
<b>Totaal</b>		<b>2266 ha</b>





## Bijlage B Gegevens uit de Top10-vector (versie 1998) voor het studiegebied Gemert

### Symbolen

OMSCHRIJVING	AANTAL	OMSCHRIJVING	AANTAL
Gemaal	1	Paal	2
Gemeentehuis	2	Politiebureau	1
Hoogspanningsmast	23	PTT	2
Kapel	6	Toren	5
Kerk zonder toren	8	Wegwijzer	26
KMpl. contour	29	Windmolen	1
Kruis	15	Zendmast	1
Losse Boom	267		

### Lijnen

BESCHRIJVING	AANTAL	LENGTE (km)
Bomenrij dubbel	2233	329,2
Bomenrij enkel	1453	220,6
Heg	790	100,0
Overige lijnen	7914	714,4
Totaal		1364,2

## Vlakken

OMSCHRIJVING	COUNT	OPPERVLAKTE (ha)
Bebouwd Gebied/Huizenblok	71	31,5
Begraafplaats	10	3,7
Boomgaard	2	1,1
Boomkwekerij	37	46,0
Bouwland	909	3179,6
Fietspad > 2	210	41,2
Fruitekwekerij	18	25,5
Ged. Verh. weg > 2	96	27,5
Gemengd bos	557	763,8
Heide	86	78,2
Hoofdverb. weg > 7	27	26,7
Hoofdverb. weg 4-7	15	6,4
Loofbos	1247	429,6
Naaldbos	794	1209,2
Oeverlijn/Landblauw	256	55,3
Onverh. weg > 2	815	248,1
Overig bodem gebruik	1393	875,6
Overige weg > 2	246	34,0
Parkeerterrein	20	4,1
Populieren opstand	2	1,1
Straat	212	52,1
Verh. Weg > 7	7	5,0
Verh. Weg 4-7	34	32,0
Verh. Weg lok. belang > 7	1	0,5
Verh. Weg lok. belang 2-4	238	113,8
Verh. Weg lok. belang 4-7	77	38,7
Warenhuizen	33	17,6
Weiland	1977	3180,6
Zand	5	1,6
Totale oppervlakte		10530,3

## **Bijlage C Workshop: “Kijken naar en meten aan kleine landschaps-elementen – wat we kunnen en wat we willen”.**

***Donderdag 21 Maart 2002, Alterra, Wageningen.***

Verslag uit Boornblad, Jaargang 14 – Nummer 3 – Juni 2002.

Eind maart kwamen beleidsmakers van LNV, vertegenwoordigers van diverse provincies en gemeenten, geo-informatiedeskundigen van Alterra en anderen die betrokken zijn bij het beheer van het Nederlandse landschap bijeen, om zich over kleine landschapselementen te buigen. Daarbij onderstreepten alle partijen het belang van kleine landschapselementen. Ook de rol die satellietbeelden en luchtfoto's spelen, in combinatie met de Top10-vector en veldwerk, is onderzocht. Landschapsbeheer Nederland heeft een coördinerende taak in het ontwikkelen van een meetnet kleine landschapselementen en zal naast LNV de spil zijn tussen de vele partijen die betrokken zijn bij het landschapsbeheer.

Nico Bakker van de Topgrafische Dienst legde uit dat het moeilijk is om alle kleine landschapselementen specifiek te definiëren en op te nemen in het Top10-bestand. 'Wanneer definieer je iets als een bos, een bomenrij, een boomgaard of een verzameling individuele bomen? En wat doe je met afzonderlijke bomen? De grenzen zijn vaag en onderhevig aan persoonlijke interpretatie van de veldwerker. We werken nu hard aan een compleet nieuwe digitale bestand, geschikt voor de 21<sup>e</sup> eeuw. We gaan hierbij uit van topografische objecten met een unieke identificatie waarbij alle kenmerken van het object weergegeven kunnen worden. Alterra heeft de gebruikerswensen voor dit nieuwe product geïnventariseerd. Aan de hand daarvan is een prototype ontwikkeld en omdat we zoveel mogelijk de gebruikers erbij willen betrekken, zijn van 1 mei tot half juni hun reacties verzameld.'

De gemeente Gemert-Bakel is al een heel eind met het inventariseren van kleine landschapselementen, vertelde Aline Domma van de gemeente tijdens de bijeenkomst. De gemeente richt zich daarbij echter vooral op het beheer, en daarmee op de instandhouding van de elementen. Domna: "We werken vanuit de visie dat continuïteit in het beheer een waarborg is voor kwaliteit". Vanuit diverse hoeken wordt het signaal gegeven dat het van cruciaal belang is om goed af te stemmen welke kleine landschapselementen gemeten moeten worden en hoe dit gedaan moet worden.

Henk Baas van Landschapbeheer Nederland onderstreept dit: 'Wij zetten ons in voor beheer, herstel en onderhoud van natuurlijke, cultuurhistorische en aardkundige landschapselementen. We willen weten welke elementen we in ons beleid centraal moeten stellen. We zoeken daarbij afstemming met gemeenten, provincies en natuurorganisaties, en we leggen relaties met andere meetnetten.' Sander Mûcher: 'Afstemming staat voorop, maar we moeten wel ruimte laten voor gemeenten die bijzondere elementen van hun gebied ook op willen nemen.' Alterra-onderzoeker prof. dr. ir. Arnold Bregt laat nog een waarschuwing horen: 'Denk erom dat er ook continuïteit in de metingen moet zijn. Anders is er geen historische vergelijking

mogelijk en het gaat juist om veranderingen. Natuurlijk verandert het landschap en kan het zijn dat er nieuwe meetcategorieën nodig zijn, maar probeer deze zoveel mogelijk onderdeel te laten uitmaken van bestaande categorieën zodat een vergelijking altijd mogelijk blijft.'