

De vervlakking van Nederland

De vervlakking van Nederland

Naar een gaafheidkaart voor reliëf en bodem

A.J.M. Koomen

R. P. Exaltus

Alterra-rapport 740

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2003

REFERAAT

Koomen, A.J.M. en R..P. Exaltus, 2003. *De vervlakking van Nederland; naar een gaafheidkaart voor reliëf en bodem*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 740. 75 blz.; 18 fig.; 6 tab.; 7 ref.

Op basis van hoogtegegevens en bodemgegevens wordt in dit rapport een methode beschreven om deze gegevens te bewerken en de resultaten vervolgens te interpreteren naar hun betekenis voor archeologie en aardkunde. De toepassing in drie studiegebieden laat zien dat de ontwikkelde methode een meerwaarde heeft voor archeologische (prospectie) en aardkundig onderzoek. Voorts biedt de methode kansen voor het opstellen van een landsdekkende gaafheidkaart voor bodem en reliëf.

Trefwoorden: gaafheid, reliëf, bodem, geomorfologie, archeologische verwachting

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €24,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 740. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
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	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Doelstelling van het onderzoek	11
1.3 Leeswijzer	13
2 Methode van onderzoek	15
2.1 Gebruikte databestanden	15
2.2 Geselecteerde studiegebieden	16
2.3 Methode ter bepaling van de verandering in hoogte aan maaiveld	17
2.4 Evaluatie van de resultaten met boorgegevens	21
3 Resultaten in de studiegebieden	25
3.1 Resultaten Uitgeest	25
3.1.1 Resultaten van de analyse van hoogtegegevens	25
3.1.2 Vergelijking van de hoogtegegevens met boorgegevens	29
3.1.3 Interpretatie naar aardkundige en archeologische waarden	35
3.2 Resultaten Cuijk	36
3.2.1 Resultaten van de analyse van hoogtegegevens	36
3.2.2 Vergelijking van de hoogtegegevens met boorgegevens	42
3.2.3 Interpretatie naar aardkundige en archeologische waarden	48
3.3 Resultaten Diepenheim	49
3.3.1 Resultaten van de analyse van hoogtegegevens	49
3.3.2 Vergelijking van de hoogtegegevens met boorgegevens	55
3.3.3 Interpretatie naar aardkundige en archeologische waarden	63
4 Discussie	65
4.1 Betrouwbaarheid van de gebruikte gegevens	65
4.2 Methode en resultaten	66
4.3 Toepassingen	70
5 Conclusies	71
6 Aanbevelingen	73
Literatuur	75

Woord vooraf

Voorliggend rapport brengt verslag uit van de resultaten van een pilot-studie naar de vervlakking van Nederland. Veranderingen in hoogte aan het maaiveld zijn aangevuld met gegevens uit ondiepe grondboringen en en ook de betekenis hiervan voor archeologie en geomorfologie onderzocht.

Informatie over aantastingen van het maaiveld zijn beschikbaar vanuit de bodemkaart en de geomorfologische kaart. Ook provincies hebben informatie over ontgrondingen. Toch geven deze bronnen een verre van compleet beeld van de veranderingen; vooral de meer recente en kleinschalige veranderingen ontbreken. Hieraan beoogt deze studie een bijdrage te leveren door oude en recente hoogtegegevens te gebruiken.

Het pilot-project “De vervlakking van Nederland, naar een gaafheidkaart voor reliëf en bodem” is uitgevoerd in samenwerking tussen Alterra, Instituut voor de Groene Ruimte en de ROB, Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek. De werkzaamheden zijn uitgevoerd door:

- Arjan Koomen, Alterra (analyse hoogtegegevens, aardkunde, projectleiding)
- Richard Exaltus, Alterra (analyse boorgegevens, archeologie)

De volgende personen hebben aan dit project bijgedragen:

- Daan Hallewas, ROB
- Paul Boekenoogen, ROB
- Jos Deeben, ROB
- Paul Zoetbrood, ROB
- Chris de Bont, Alterra
- Gilbert Maas, Alterra

De financiële middelen om het project uit te voeren zijn afkomstig vanuit programma 283 ‘Regionale identiteit’ waarvan Kees Hendriks programmaleider is en van de ROB waar Daan Hallewas contactpersoon was. Tevens heeft het Natuurplanbureau financieel bijgedragen aan dit project. Vanuit het Natuurplanbureau was Joep Dirx contactpersoon.

Samenvatting

Het Nederlandse landschap is voortdurend aan veranderingen onderhevig; dat is altijd zo geweest en dat zal ook in de toekomst niet anders zijn. De snelheid van de veranderingen is echter de laatste decennia enorm toegenomen. Verstedelijking, uitbreiding van de infrastructuur maar ook recreatie en natuurontwikkeling hebben hier in hoge mate aan bijgedragen (Dijkstra et. al., 1997).

Het gevolg is dat de herkenbaarheid van het landschap verloren dreigt te gaan; maar ook de informatie die het landschap en de bodem als een archief in zich dragen. Alle veranderingen hebben grote impact op aardkundige en cultuurhistorische waarden en daarmee op de identiteit van ons landschap.

De primaire doelstelling van het onderzoek is om een methode te ontwikkelen waarmee de veranderingen in de hoogte van het maaiveld gedetailleerd kunnen worden opgespoord en weergegeven en die binnen afzienbare termijn landsdekkend uitvoerbaar is. Het aan het einde van de jaren '90 beschikbaar gekomen Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) geeft hiervoor samen met hoogtepunteninformatie uit de periode 1950-1980 (over het algemeen zijn deze gegevens van voor de uitgevoerde ruilverkavelingen) een mogelijkheid. Dit is vervolgens aangevuld met bodemkundige detail-karteringen. Dergelijke gedetailleerde en actuele gegevens zijn in eerste instantie direct toepasbaar in de archeologie en de aardkunde.

De ontwikkelde methode is toegepast in drie studiegebieden: Uitgeest, Cuijk en Diepenheim. Het blijkt dat de resultaten en de interpretatie daarvan belangrijke informatie geeft over gaafheid van bodem en relief. Deze kennis kan toegepast worden bij archeologisch (onder andere prospectie) en aardkundig onderzoek. Voorts blijkt dat de methode goede kansen biedt om een landsdekkende gaafheidskaart op te stellen voor bodem en relief.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het Nederlandse landschap is voortdurend aan veranderingen onderhevig; dat is altijd zo geweest en dat zal ook in de toekomst niet anders zijn. De snelheid van de veranderingen is echter de laatste decennia enorm toegenomen. Verstedelijking, uitbreiding van de infrastructuur maar ook recreatie en natuurontwikkeling hebben hier in hoge mate aan bijgedragen (Dijkstra et. al., 1997).

Het gevolg is dat de herkenbaarheid van het landschap verloren dreigt te gaan; maar ook de informatie die het landschap en de bodem als een archief in zich dragen. Alle veranderingen hebben grote impact op aardkundige en cultuurhistorische waarden en daarmee op de identiteit van ons landschap.

In de eerste ronde van de Natuurverkenning in 1997 is een verkennende inventarisatie uitgevoerd naar de mate van de veranderingen in het landschap op basis van informatie uit landsdekkende bestanden (Koomen, 1997). Uit deze studie kwam naar voren dat ongeveer 25% van het landschap in Nederland het natuurlijke reliëf gedeeltelijk of volledig was kwijtgeraakt. Tevens werd de kanttekening geplaatst dat veel informatie ontbrak. De gebruikte bestanden waren niet overal actueel en bovendien bleek dat veel kleinschalige (perceelsgebonden) veranderingen niet in deze bestanden waren opgenomen. De wens om tot een overzicht en interpretatie van veranderingen in de hoogte van het maaiveld te komen dat zowel actueel als gedetailleerd is, is tot op heden blijven liggen. Met het beschikbaar komen van een landsdekkend hoogtebestand (Actueel Hoogtebestand Nederland) doet zich een kans voor om tot een beter inzicht in de veranderingen aan maaiveld te komen ten opzichte van oude hoogtegegevens. Een analyse van de betrouwbaarheid van deze gegevens maakt onderdeel uit van deze studie; hiervoor is zowel veldwerk als een bestand van gearchiveerde grondboringen gebruikt. Recent is de vraag naar dergelijke data vanuit diverse invalhoeken (geomorfologie, historische geografie en archeologie) samengebracht. Dit heeft geresulteerd in deze pilot-studie.

1.2 Doelstelling van het onderzoek

De primaire doelstelling van het onderzoek is om een methode te ontwikkelen waarmee de veranderingen in de hoogte van het maaiveld gedetailleerd kunnen worden opgespoord en weergegeven en die binnen afzienbare termijn landsdekkend uitvoerbaar is. Het aan het einde van de jaren '90 beschikbaar gekomen Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) geeft hiervoor samen met hoogtepunteninformatie uit de periode 1950-1980 (over het algemeen zijn deze gegevens van voor de uitgevoerde ruilverkavelingen) een mogelijkheid. Dergelijke gedetailleerde en actuele gegevens zijn in eerste instantie direct toepasbaar in de volgende onderzoeksterreinen:

1 – Geomorfologie

De Geomorfologische kaart van Nederland is opgebouwd in de periode 1960-1990. Veel van het kaartmateriaal kent hierdoor een zekere ouderdom. Dit feit gecombineerd met de hoge dynamiek in het Nederlandse landschap, maakt dat een actualisatie noodzakelijk is. Naast actualisatie biedt de te ontwikkelen methode in deze studie ook een grotere mate van detail. Op dit moment is het schaalniveau van de Geomorfologische kaart 1: 50 000. Indien deze aanpassingen op landsdekkend niveau gerealiseerd kunnen worden betekent dit dat het bestand van de Geomorfologie van Nederland een veel hogere betrouwbaarheid biedt voor gebruik bij planvorming en monitoring, omdat er op een schaalniveau van 1: 25 000 of zelfs 1: 10 000 gekarteerd kan worden.

2 - Archeologie

Voor de archeologie zijn de veranderingen van de hoogte van het maaiveld, in combinatie met bodemgegevens, zeer interessant. Met deze gegevens kan, naast de Indicative Kaart Archeologische Waarden (IKAW), een gaafheidskaart voor reliëf en bodem(archief) worden ontwikkeld. Hierdoor worden zowel de IKAW als archeologische verwachtingskaarten veel beter toepasbaar als beleidsinstrument.

Door reliëfveranderingen te vergelijken met bodemgegevens kan worden bepaald waar en in welke mate in de tweede helft van de twintigste eeuw aantasting van de bodem en daarmee van het bodemarchief, heeft plaatsgevonden.

In gebieden die al in sterke mate zijn aangetast, kunnen zones worden geselecteerd die nog (deels) intact zijn. Bijvoorbeeld overgangen van dekzandruggen naar beekdalen die door het afvlakken van nabijgelegen dekzandkoppen, afgedekt zijn geraakt. Hierdoor kunnen betere ontwerpen voor inventariserend onderzoek worden opgesteld zodat dergelijk onderzoek zich niet ten onrechte richt op gebiedsdelen met geheel verstoorde bodems en tegelijkertijd zones waar door afdekking nog (deels) gave bodems voorkomen, buiten beschouwing laat.

Informatie over de aantasting van het bodemarchief geeft bovendien beter inzicht in de mate waarin archeologische resten uit een bepaalde periode of van een bepaald type, zeldzaam zijn (geworden).

Veranderingen in de hoogte aan het maaiveld hebben ook hun weerslag op de historische geografie. Elementen in het landschap die karakteristiek zijn voor een gebied (bijvoorbeeld oude bouwlanden en steilranden) en die zijn verdwenen kunnen met deze studie opgespoord worden. In deze pilotstudie is het onderdeel historische geografie niet verder uitgewerkt.

Aanvullend zal ook nagegaan worden wat voor informatie er nog beschikbaar is over de uitgevoerde plannen in het kader van de ingrijpende ruilverkavelingen.

De resultaten van deze studie beschrijven de periode vanaf ongeveer 1960 tot eind jaren '90. Dit is afhankelijk van de beschikbare databestanden. Voor 1960 is er natuurlijk ook al veel in het landschap veranderd. Het Historisch Grondgebruikbestand van Nederland (HGN) kan over deze periode wellicht nog aanvullende informatie opleveren. Overigens is het natuurlijk wel zo dat het grootschalig herinrichten van landschappen waarbij het oorspronkelijk reliëf

grotendeels werd genivelleerd vooral op het conto van de ruilverkavelingen moet worden bijgeschreven. De gebruikte databestanden en daarmee ook de resultaten van deze studie hebben daarmee betrekking op een van de meest ingrijpende recente fasen van veranderingen in het landschap.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de gebruikte databestanden, de geselecteerde onderzoeksgebieden en de methode van de bepaling van de gaafheid van het landschap. In hoofdstuk 3 komen vervolgens de resultaten aan bod. Interpretatie en discussie over de resultaten vormen de inhoud van hoofdstuk 4. Conclusies over de bruikbaarheid van de methode om tot een landsdekkend beeld te komen; de betrouwbaarheid en de toepassingen voor de in paragraaf 1.2 genoemde kennisbestanden zijn in hoofdstuk 5 beschreven. Aanbevelingen voor de toekomst zijn te vinden in hoofdstuk 6.

2 Methode van onderzoek

Dit hoofdstuk beschrijft de methode van het onderzoek. In paragraaf 2.1 worden allereerst de gebruikte databestanden beschreven. Paragraaf 2.2 beschrijft de geselecteerde onderzoeksgebieden. De methode om op basis van hoogtegegevens een beeld van de gaafheid van het landschap te krijgen staat beschreven in paragraaf 2.3 en aanvullend de methode om boorgegevens te gebruiken voor een toets van de betrouwbaarheid in paragraaf 2.4.

2.1 Gebruikte databestanden

Hoogtepuntenbestand 1: 10 000

Dit bestand is opgebouwd door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat uit ingemeten punten in het landschap en bestaat voornamelijk uit natuurlijke punten (maaiaveld). Ook bevat dit bestand kunstmatige punten in de vorm van dijken of andersoortige door de mens in het landschap aangebrachte elementen. De punten zijn over het algemeen in de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw ingemeten. Per 1: 10.000 kaartblad is er een bestand beschikbaar van meetpunten. Overigens bestaat een kaartblad met puntinformatie niet altijd uit metingen van een datum; veelal zijn de opnamen op diverse tijdstippen uitgevoerd. De betrouwbaarheid van het bestand is over het algemeen goed. Opvallende structurele verschillen in hoogte komen voor zoals bijvoorbeeld in blad 39 FN1 waar een later opgenomen deel van de hoogtepunten binnen een kaartblad 1-2 meter verschil laten zien. Bij gebruik van het bestand dient men zich hiervan bewust te zijn.

Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)

Tegen het einde van de jaren '90 van de vorige eeuw is het Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN) opgebouwd door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat. Peildatum is 1996. Met behulp van laseraltimetrie is er een landsdekkend bestand opgebouwd. Voor deze studie is de meest gedetailleerde resolutie in gridcellen van 5m x 5m gebruikt waarbij het basisbestand met meetpunten (minimaal 1 waarde per 16 m²) is geïnterpoleerd naar een 5m x 5m grid.

TOP-10 vector

Het TOP-10 Vector is een digitaal bestand van de Topografische Kaart van Nederland op schaal 1: 10.000. Het bestand bevat punt-, lijn- en vlakelementen. Voor deze pilot zijn vooral de vlakken gebruikt die over het algemeen een-of meerdere percelen begrenzen. Bronhouder is de Topografische Dienst Nederland gevestigd te Emmen.

Boorgegevens

De vroegere STIBOKA later Staring Centrum en thans Alterra, heeft een schat aan ondiepe boorgegevens (tot 1.20 meter) verzameld in het kader van bodemkarteringen voor o.a. landinrichtingsprojecten (voorafgaande aan de inrichtingsmaatregelen).

Voor heel Nederland zijn velddata beschikbaar. Een deel hiervan is inmiddels zelfs digitaal ontsloten. Dit enorme archief is bijzonder geschikt om informatie over de aard en gaafheid van de bodem te achterhalen.

Geomorfologische kaart van Nederland 1: 50 000

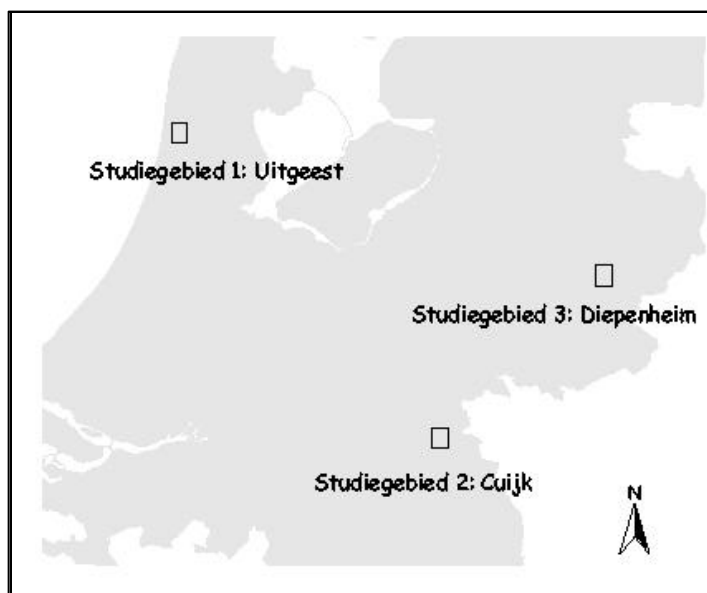
Landsdekkend bestand met informatie over genese en reliëf aan maaiveld (Geomorfologie). Het bestand is vanaf eind jaren '60 door STIBOKA en later Staring Centrum in samenwerking met de Rijks Geologische Dienst (nu TNO-NITG) opgebouwd. Begin jaren '90 is het project wegens geldgebrek stopgezet toen 2/3 van Nederland gekarteerd was. Eind jaren '90 is in het kader van het Meetnet Landschap (LNV) door Alterra begonnen met de opbouw van een digitaal en landsdekkend bestand dat medio 2003 gereed zal zijn.

Bodemkaart van Nederland 1: 50 000

Landsdekkend bestand met informatie over bodemtypen, grondwatertrappen en aantastingen. Bestand is opgebouwd in opdracht van LNV door STIBOKA, later Staring Centrum en thans Alterra. Een actualisatie van bodems en grondwatertrappen is voor een aantal kaartbladen uitgevoerd.

2.2 Geselecteerde studiegebieden

Om bij het ontwikkelen van de methode een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de mogelijkheden en beperkingen ervan is de keuze van de studiegebieden van groot belang. De methode dient immers in verschillende landschapstypen bruikbare resultaten op te leveren. Bovendien is het in verband met de toepassing in de geomorfologie en archeologie ook van belang dat deze aspecten alle goed zijn vertegenwoordigd in de studiegebieden.



Figuur 1 Overzicht van de drie geselecteerde studiegebieden

In totaal zijn er een drie studiegebieden in onderling overleg geselecteerd (figuur 1). Het eerste gebied is het gebied van het Oer-IJ nabij Uitgeest; het tweede het rivierenlandschap bij Cuijk. Als derde is er in het dekzandlandlandschap van Oost-Nederland nog een studiegebied toegevoegd nabij Diepenheim. Voor alle studiegebieden is een gebied ter grootte van een TOP-10 kaartblad (5 km x 6,25 km) uitgewerkt. Voor de vergelijking van de hoogtegegevens met boorgegevens zijn telkens kleinere delen van deze studiegebieden geselecteerd. Dit is gedaan omdat binnen deze pilotstudie onvoldoende ruimte was om de gehele studiegebieden uit te werken.

2.3 Methode ter bepaling van de verandering in hoogte aan maaiveld

In deze studie zijn vier methoden geprobeerd om op basis van het oude hoogtepuntenbestand en het AHN de veranderingen in hoogte van het maaiveld te bepalen:

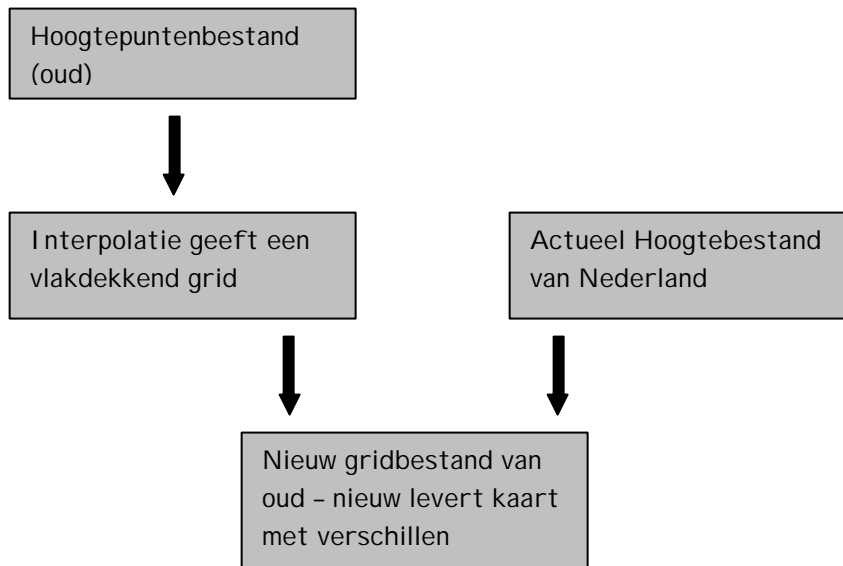
- 1 Methode gebaseerd op interpolatie van het oude hoogtepuntenbestand
- 2 Methode gebaseerd op verschillen tussen werkelijke meetpunten
- 3 Methode gebaseerd op gemiddelde waarden per kaartvlak
- 4 Patroonanalyse op basis van AHN en interpretatie voor de geomorfologie

Deze paragraaf beschrijft achtereenvolgens de verschillende methoden.

Methode 1 gebaseerd op interpolatie

Het AHN is een hoogtebestand met een grote mate van detail. In gridcellen van 5m x 5m is steeds een geïnterpoleerde waarde beschikbaar. De dichtheid aan punten in het oude hoogtepuntenbestand is veel lager. Doel van de methode is echter om een vlakdekkende kaart te produceren waarop de veranderingen in hoogte aan het maaiveld staan weergegeven. Hiertoe zijn de volgende stappen genomen:

- 1 De oude hoogtepuntenbestanden zijn daarom door middel van interpolatie (met behulp van het Arc/Info commando TOPOGRID) omgezet in een grid met dezelfde gridgrootte als het AHN (5m x 5m);
- 2 Vervolgens zijn deze twee gridbestanden met elkaar gecombineerd zodanig dat de gegevens uit het AHN per gridcel zijn afgetrokken van de gegevens uit het geïnterpoleerde oude hoogtepuntenbestand. Het resultaat is een kaart met voor elke gridcel informatie over de verandering van hoogte van het maaiveld.



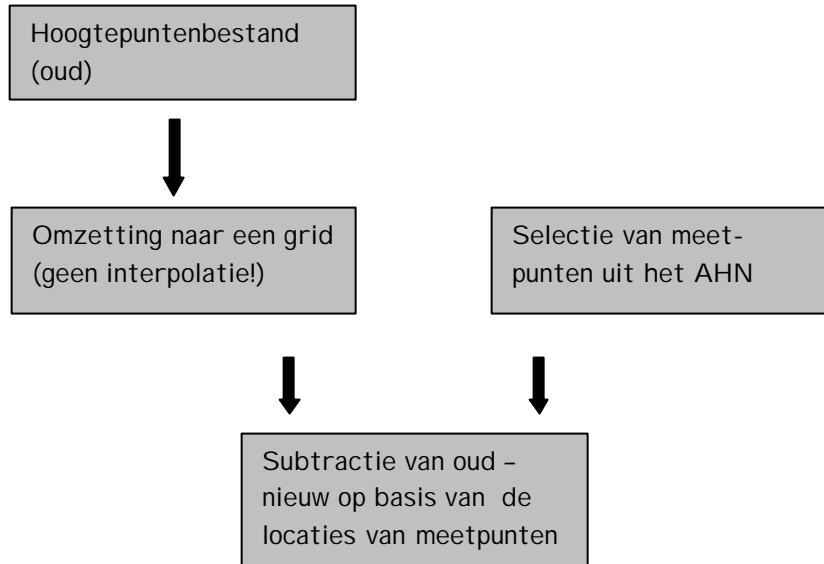
Figuur 2 Stroomdiagram van de werkwijze bij methode 1 op basis van interpolatie

Methode 2 gebaseerd op werkelijke meetpunten

Van het oude hoogtepuntenbestand is een grid gemaakt waarbij niet is geïnterpoleerd maar waarbij de voorkomende waarden zijn omgezet naar een 5m x 5m grid. Bij deze methode is dus eigenlijk andersom geredeneerd dan bij methode 1. Niet de oude hoogtepunten zijn omgezet naar een grid dat vergelijkbaar is met het AHN; maar van het AHN zijn alleen die grids gebruikt waarvoor het grid van de oude hoogtepunten een waarde heeft. Het grote verschil is dat in deze methode alleen de werkelijke meetpunten zoals die zijn opgenomen in het oude hoogtepuntenbestand voor de analyse zijn gebruikt.

- 1 Omzetten van het oude hoogtepuntenbestand naar een grid van de waarin alleen de werkelijke meetpunten een waarde krijgen. Met dit grid zijn voor de locaties met werkelijke meetpunten ook de waarden uit het AHN geselecteerd;
- 2 Vervolgens zijn beide grids gecombineerd tot een bestand waarin de meetgegevens uit het AHN en die uit het oude hoogtepuntenbestand samen een nieuw grid vormen. Dit genereert een nieuw bestand met voor elk meetpunt een waarde die de verandering van de hoogte aan het maaiveld vertegenwoordigt. Deze resultaten zijn gebruikt voor de vergelijking met bodemgegevens.

De hierboven beschreven methode is in een stroomdiagram weergegeven:



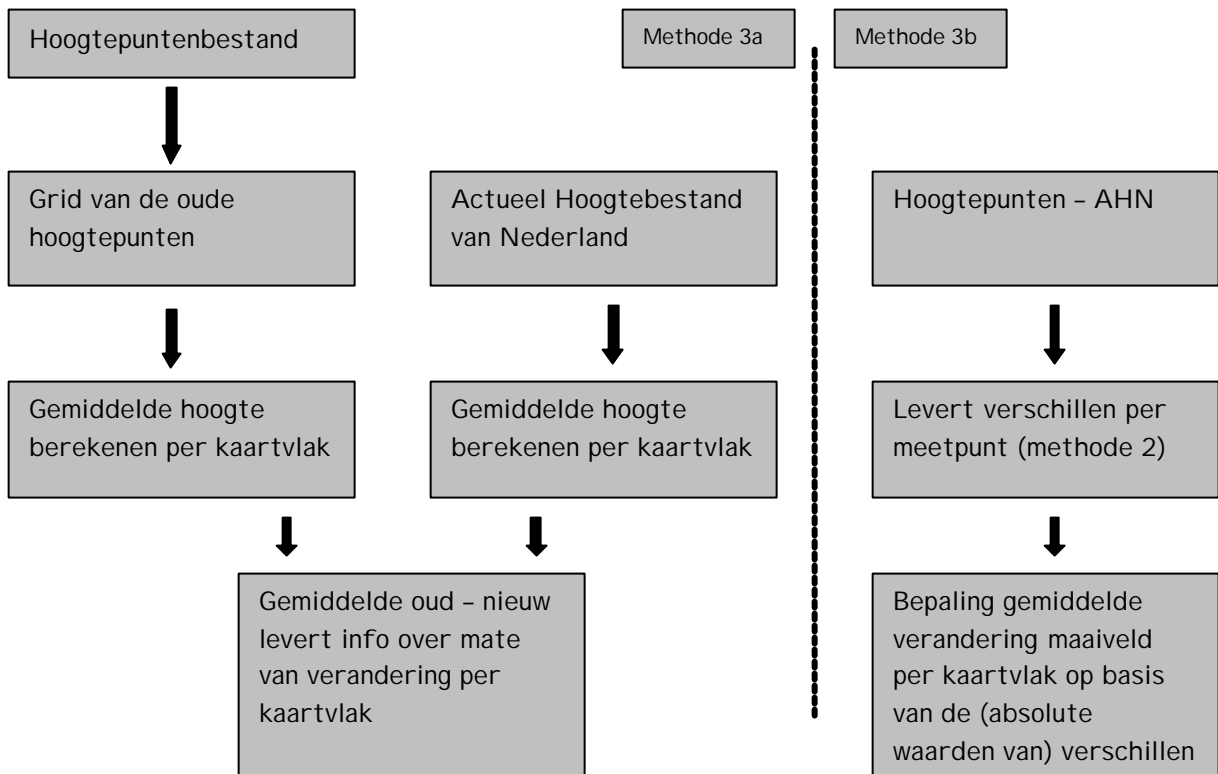
Figuur 3 Stroomdiagram van de werkwijze bij methode 2 op basis van subtractie van meetpunten

Methode 3a en 3b gemiddelde per kaartvlak

In deze methode is gebruik gemaakt van de waarden van de oude hoogtepunten en die van het AHN om uitspraken te kunnen doen over kaartvlakken zoals bijvoorbeeld percelen uit de TOP-10 of eenheden van de Geomorfologische kaart:

- 1 Het oude meetpunten bestand is eerst omgezet naar een grid waarin alleen de werkelijke meetpunten een waarde krijgen;
- 2 Voor de grids van de oude meetpunten en voor het AHN is de gemiddelde hoogte per kaartvlak te berekent;
- 3 De twee gemiddelde waarden per kaartvlak zijn van elkaar afgetrokken waardoor er per kaartvlak (bv. TOP-10) een waarde is die aangeeft met hoeveel een kaartvlak (perceel) is opgehoogd dan wel afgegraven.
- 3b Een variant hierop is om de informatie per kaartvlak niet te baseren op het verschil van de gemiddelde waarden, maar om op basis van de meetpunten eerst de verschillen te bepalen (methode 2) en vervolgens een gemiddelde verandering per kaartvlak te bepalen (op basis van de werkelijke veranderingen of absolute waarde daarvan). Voordeel van met name het werken met absolute waarden is dat egalisaties binnen een perceel opvallen daar de waarden anders tegen elkaar weg zouden kunnen vallen.

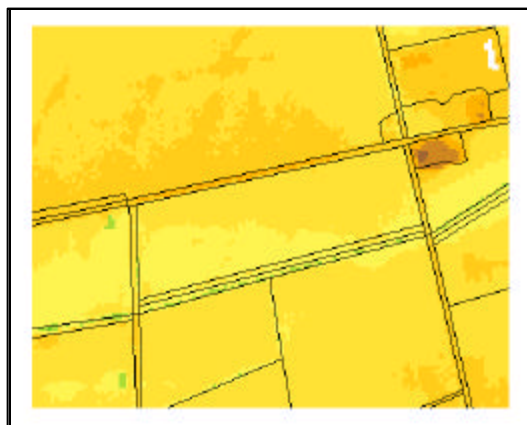
De beschreven methoden zijn in een stroomdiagram weergegeven:



Figuur 4 Stroomdiagram van de werkwijze van methode 3a en 3b op basis van gemiddelden per kaartvlak

Methode 4 patroonanalyse op basis van AHN en interpretatie voor de Geomorfologie

Deze methode leunt voor een belangrijk deel op expertkennis. Op basis van het AHN en de Geomorfologische kaart van Nederland kunnen patronen in hoogteligging vergeleken worden. Locaties waar patronen die op de Geomorfologische kaart wel doorlopen maar in het AHN een onderbreking laten zien kunnen een aanwijzing zijn voor een verandering of aantasting aan maaiveld. Dit geldt ook voor opvallend rechte en hoekige grenzen tussen gebieden; veelal percelen in hoogte. Door structureel perceel na perceel te bekijken ontstaat er een overzicht van ‘verdachte’ percelen; percelen die zijn verlaagd, opgehoogd of geëgaliseerd.



Figuur 5 Voorbeeld van een 'verdacht' perceel in het studiegebied bij Cuijk. Het langgerekte perceel in het midden van de kaart komt overeen met de ligging van een geul. Het patroon van de geul is in dit perceel onderbroken doordat het noordelijke deel hoger ligt. Op basis van boorgegevens valt te achterhalen dat vanaf de hogere rug direct ten Noorden van de geul materiaal in de geul geschoven is (Bron: AHN, Meetkundige dienst, Rijkswaterstaat)

Methode 4 is in deze studie als hulpmiddel gebruikt bij de vergelijking van hoogteveranderingen en bodemgegevens.

Overzicht methoden

Uit deze verschillende methode komen verschillende kaarten als resultaat naar voren (tabel 1).

Tabel 1: Overzicht van methode om veranderingen in hoogte aan maaiveld te kunnen constateren

Methode	Principe	Resultaat
1	Vlakdekkende interpolatie	Kaart met verschillen in hoogteligging op basis van interpolatie
2	Verschillen in hoogte van meetpunten	Kaart met hoogteverschillen in meetpunten tussen de oude hoogtepunten en het AHN
3	Gemiddelde hoogteligging per kaartvlak	Kaart met gemiddelde waarde voor verandering in hoogte per kaartvlak
4	Patroonanalyse	Overzicht van 'verdachte' percelen

Voorbeelden van de resultaten voor de verschillende studiegebieden zijn in hoofdstuk 3 gepresenteerd.

2.4 Evaluatie van de resultaten met boorgegevens

Evaluatie van de resultaten kan, wanneer het nog gaat om een klein aantal proefgebieden, in het veld gebeuren; maar voor een mogelijk landsdekkend bestand is een volledige evaluatie in het veld niet meer haalbaar. Daarom is onderzocht of bestaande boorgegevens een bijdrage kunnen leveren aan de evaluatie van de resultaten van de hoogteanalyse.

Door de vergelijking met boorgegevens kunnen naar verwachting hoogteveranderingen zoals deze bepaald kunnen worden op basis van AHN data en

oude hoogtegegevens, beter worden begrepen en worden geïnterpreteerd zodat een zo betrouwbaar mogelijk (kaart)beeld kan worden vervaardigd.

Door de met oude hoogtemetingen en AHN-gegevens vastgestelde maaiveldveranderingen te vergelijken met gedetailleerde bodemgegevens, ontstaan inzichten in degradatie die zeer bruikbaar zijn om aardkundige waarden, cultuurhistorie en archeologie, geschikter te maken als graadmeters voor de landschapskwaliteit.

De toegepaste methode bestaat uit de volgende 4 stappen:

1 Selectie van proefgebieden en boordata:

Allereerst zijn binnen de proefgebieden, deelgebieden geselecteerd die meerdere bodemtypen beslaan. Vervolgens zijn boorgegevens geselecteerd die uit verschillende perioden stammen. Dit is gedaan om inzicht te verkrijgen in de significantie van de ouderdom van de boorgegevens met betrekking tot de toepasbaarheid.

2 Bepaling van de gaafheid van het bodemprofiel voorafgaande aan grootschalige (hedendaagse) landinrichtingswerkzaamheden:

Uit de beschikbare boorgegevens is afgeleid in welke mate de bodem, voorafgaande aan de meer recente bodemingrepen die door de AHN-metingen weerspiegeld worden, nog intact was.

3 Interpretatie en evaluatie van de waargenomen reliëfveranderingen aan de hand van de bodemgegevens:

Aan de hand van de kaarten waarop de hoogteveranderingen per werkelijk meetpunten zichtbaar zijn gemaakt (methode 2), is afgeleid in welke mate het oorspronkelijke reliëf in elk van de proefgebieden is veranderd.

Door stijging en daling te vergelijken met de bodemgegevens, is bepaald in hoeverre de hoogteverandering overeenstemmen met hetgeen op basis van bodemgegevens verwacht mag worden.

4 Waardering actuele aardkundige en cultuurhistorische/archeologische waarden:

Voor de proefgebieden is de kwetsbaarheid van archeologische resten per bodemtype vastgesteld.

Aan de hand van oude boorgegevens wordt bepaald waar en in welke mate de bodems ten tijde van het veldonderzoek nog intact waren.

Op basis van de hoogtegegevens berekende stijging of daling geeft aan of de betreffende bodems nog in dezelfde mate intact kunnen zijn. Hierbij kan worden bepaald welke horizonten (A, B, E of C) waarschijnlijk nog aanwezig zijn. Dit geeft vervolgens inzicht in de mate waarin archeologische resten nog intact kunnen zijn. Zo kunnen bodems die ten tijde van het bodemonderzoek nog intact waren inmiddels zijn afgedekt. Deze zullen daardoor gaaf zijn gebleven en ook in de toekomst niet snel worden aangetast. In dergelijke situaties zijn mogelijk zelfs betere conserveringsomstandigheden ontstaan voor eventuele archeologische resten.

Omgekeerd kunnen bodems die ten tijde van het veldonderzoek nog deels intact waren, door verlaging inmiddels in hun geheel zijn aangetast.

3 Resultaten in de studiegebieden

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van het onderzoek naar methoden om de veranderingen in hoogte aan het maaiveld te kunnen bepalen. Per studiegebied zal een paragraaf besteed worden aan de resultaten van de in paragraaf 2.3 beschreven methoden inclusief de validatie met behulp van boorgegevens. Voordat de resultaten aan bod komen zal steeds eerst aandacht zijn voor de landschappelijke setting van het studiegebied, de periode waarop de analyses betrekking hebben, en eventuele grootschalige ingrepen die hebben plaatsgehad.

3.1 Resultaten Uitgeest

3.1.1 Resultaten van de analyse van hoogtegegevens

Het studiegebied

In het gebied liggen de bebouwde kernen van Heemskerk en Uitgeest. Door tamelijk recente uitbreidingen is de eerstgenoemde inmiddels vrij omvangrijk geworden. Het is een gebied met veenvlakten die zijn doorsneden door sloten en enkele kronkelende waterlopen. Deze kronkelende waterlopen zijn de nog zichtbare restanten van kreeksystemen wellicht nog gerelateerd aan die van het Oer-IJ; de open verbinding van de zee richting Amsterdam. De afzettingen van het Oer-IJ liggen in de omgeving van Uitgeest vrijwel aan maaiveld maar zijn verder bedekt onder een mariene kleilaag van 0.5 meter tot 1 meter dikte.

De bebouwing van Uitgeest ligt daarentegen geheel op een oude strandwal evenals de oorspronkelijke kern van Heemskerk. Deze van nature hogere strandwallen maakten dit gebied al vroeg geschikt voor bewoning. In het noordwesten van het gebied ligt de overgang naar de duinen.

Het oorspronkelijke reliëf kent dus een afwisseling tussen laaggelegen kleigronden en zandige hoger gelegen gronden. In hoeverre is dit oorspronkelijke reliëf nog intact in dit landschap?

Tijdsdiepte van de analyse

In onderstaande tabel is informatie opgenomen over de tijdsperiode waarin de gebruikte bestanden zijn opgenomen:

Tabel 2 Gegevens over opname van bestanden voor studiegebied Uitgeest

Bestand	Jaar/periode
Oude hoogtepunten	1954-1970
AHN	1996
Geomorfologische kaart	1968 (delen in 1977)
Bodemkundige gegevens	1986

Dit betekent dat de analyses van de hoogtegegevens veranderingen over de periode 1954 – 1996 (maximaal) in beeld kan brengen. Niet alle bestanden zijn voor het studiegebied dekkend; het duingebied in het noordwesten ontbreekt in het AHN

Grootschalige veranderingen

Behalve de uitbreidingen van Heemskerk en Uitgeest hebben in het studiegebied van Uitgeest ook landinrichtingsprojecten plaatsgevonden. In totaal maar liefst vier die elk betrekking hebben op een deel van het gebied.

Tabel 3 Gegevens over landinrichting in het studiegebied Uitgeest

Gebied	Type	Start	Einde	Deel studiegebied
Heemskerk-Beverwijk	?	In voorbereiding		West
Limmen-Heiloo	Ruilverkaveling	1986	?	Noord
Uitgeest	Ruilverkaveling	1979	1990	Oost
Assendelft	Ruilverkaveling	1969	1981	Zuidoost

Bovenstaande betekent dat verandering uit de hoogtegegevens tussen 1954 en 1996 veranderingen als gevolg van ruilverkavelingen zichtbaar moeten kunnen maken.

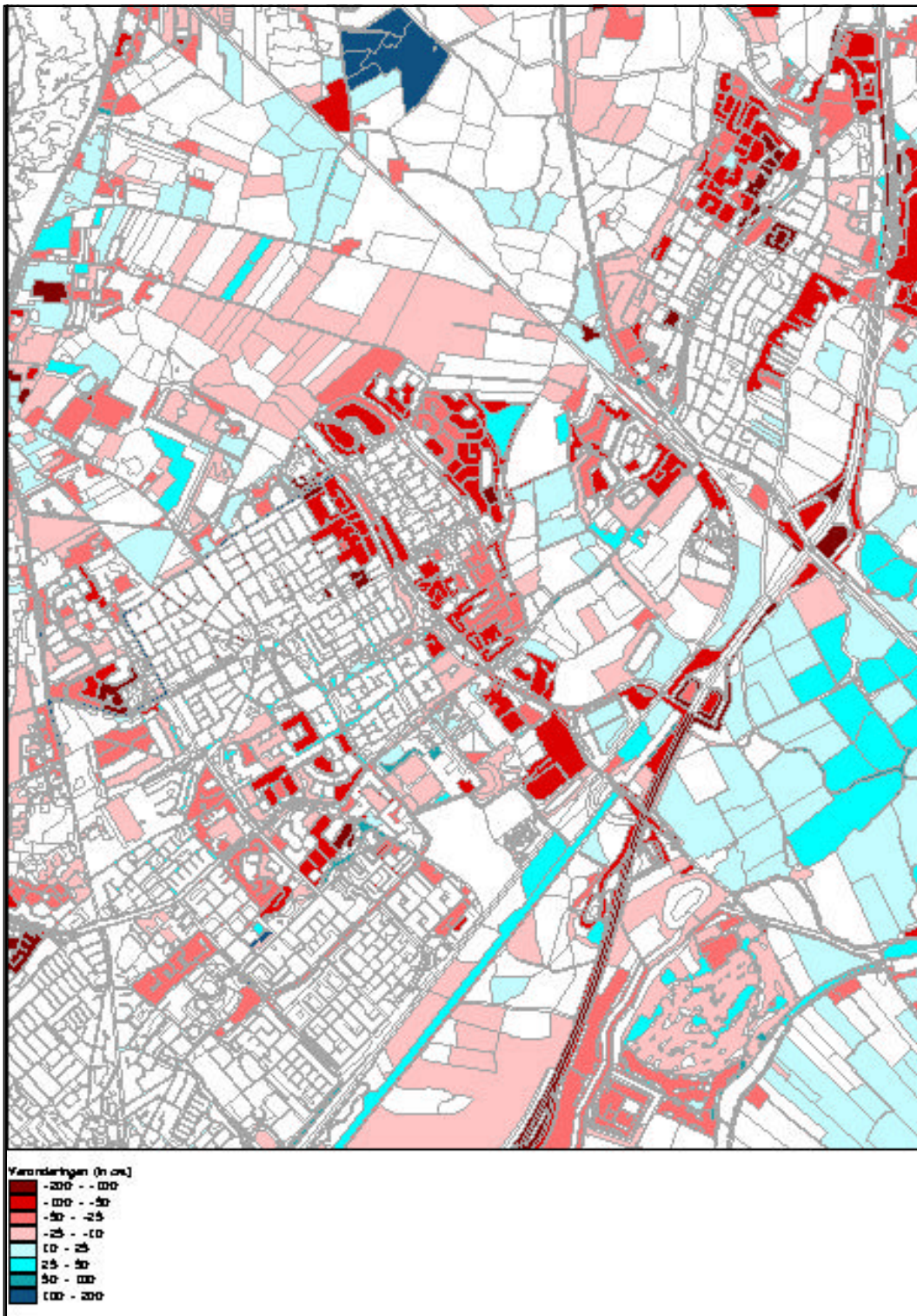
Resultaten van de analyse op basis van hoogtegegevens

Figuur 6 geeft een kaart weer van het studiegebied bij Uitgeest. Voor de productie van deze kaart is methode 3 gebruikt (paragraaf 2.3). Wat opvalt in het kaartbeeld zijn de tamelijk sterke verhogingen van het maaiveld in de uitbreidingen van de bebouwing van Heemskerk en Uitgeest op de strandwallen. Het AHN heeft in bebouwde gebieden minder meetpunten waardoor de betrouwbaarheid geringer is dan normaal in het bestand. Overigens zal bij het bouwrijp maken van deze gebieden het maaiveld inderdaad zijn opgehoogd, wat een verhoging van 1 tot maximaal 2 meter zou kunnen verklaren.

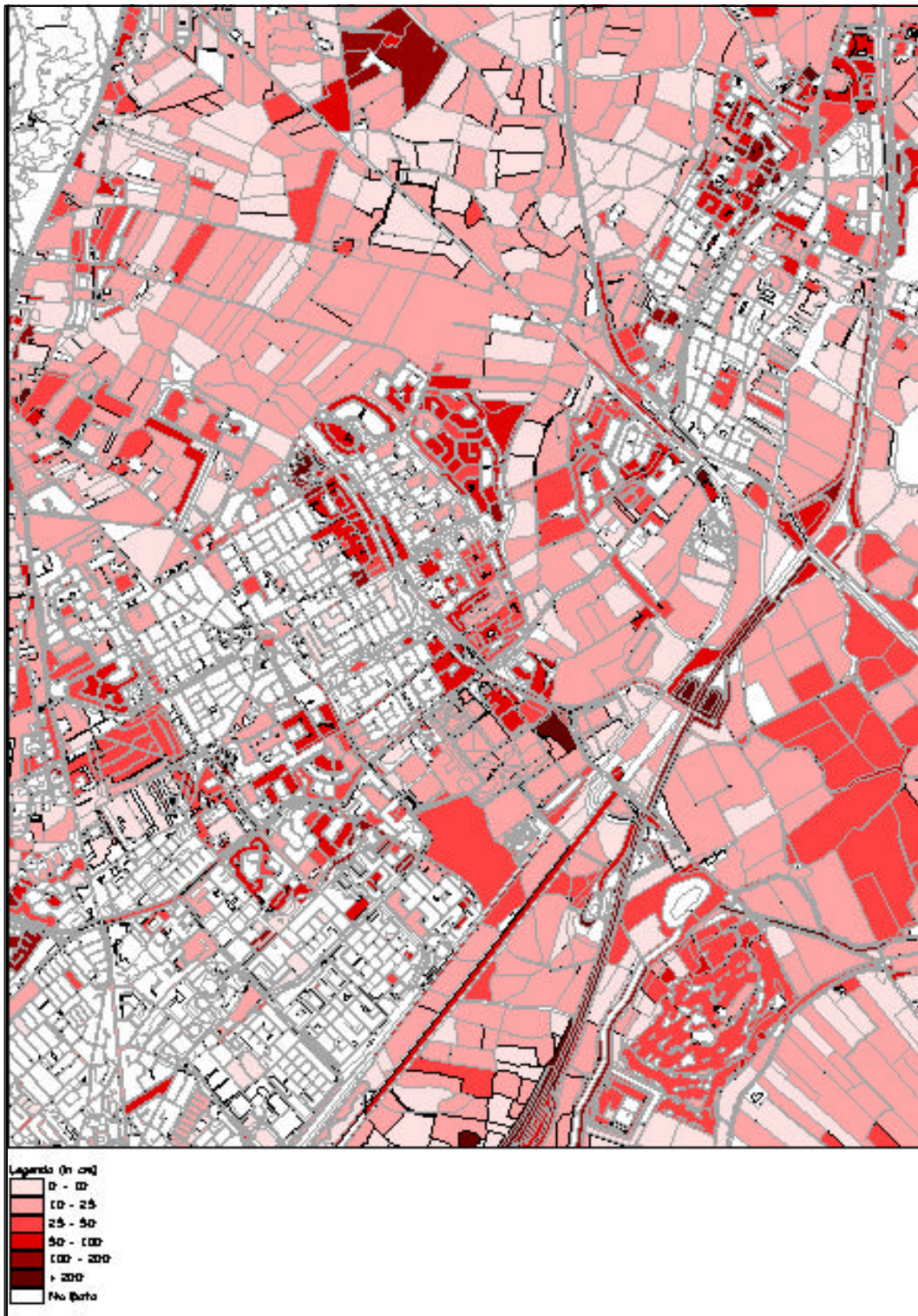
In het Noorden van het studiegebied liggen enkele percelen die sterk zijn verlaagd volgens de methode. Bij een controle in het veld bleek dat een aantal van deze percelen inderdaad flink verlaagd zijn ten opzichte van sommige ernaast gelegen percelen. Het in het centrum van de afgegraven percelen gelegen woonerf is samen met het toegangspad hoger gelegen. Wellicht betreft het hier een oude strandwal die gedeeltelijk is afgegraven.

De golfbaan in het Zuidoosten van het studiegebied valt ook op door een algemene verhoging van het maaiveld met enkele verlagingen (water).

Direct ten Noorden hiervan liggen een aantal percelen waarvan het maaiveld lager is komen te liggen. Het gaat hier om kleibodems met veen in de ondergrond die zeer waarschijnlijk als gevolg van klink zijn gedaald.



Figuur 6 Methode 3a. Veranderingen in de hoogte van het maaiveld in centimeters op basis van gemiddelde hoogte van vlakken uit de TOP-10 voor hoogte-informatie uit 1954 en 1970. Rode kleuren geven opgehoogde percelen aan; blauwe verlaagde percelen



Figuur 7 Methode 3b. Veranderingen in de hoogte van het maaiveld in centimeters op basis van de absolute waarden van de verschillen tussen meetpunten en gemiddeld over de vlakken van de TOP-10 voor hoogte-informatie uit 1954 en 1970

In figuur 7 wordt het beeld volgens methode 3 waarbij op basis van absolute waarden van de verschillen tussen meetpunten uit het oude hoogtepuntenbestand en het AHN het gemiddelde per vlak is bepaald (zie paragraaf 2.3) bevestigd. De beschreven veranderingen komen terug als gebieden waar in totaal de grootste veranderingen in de hoogteligging van het maaiveld zijn opgetreden.

3.1.2 Vergelijking van de hoogtegegevens met boorgegevens

Selectie van boordata

Voor het studiegebied bij Uitgeest is gebruik gemaakt van het in 1986 verrichte booronderzoek voor het ruilverkavelingsgebied Limmen-Heiloo (Kiestra, E. & G. Rutten, 1986). Hier is geboord met een intensiteit van 1 boring per hectare. Dit onderzoek vond 11 jaar eerder plaats dan de opname van de AHN-gegevens. De gegevens van dit bodemonderzoek geven aan welke geleidelijke processen in het gebied tot verandering van het reliëf leiden en hoe deze gerelateerd zijn aan de in het gebied aanwezige bodemtypen. Verder bieden de resultaten van het bodemonderzoek inzicht in de veranderingen die in het kader van de inmiddels uitgevoerde ruilverkaveling hebben plaatsgevonden. Van het in 1986 onderzochte gebied is het deel tussen de coördinaten 106-505/507 en 109-505/507 geselecteerd omdat dit zowel het strandwalgebied, het veengebied als de overgang daartussen, laat zien.

Bepaling van de toestand van het landschap voorafgaande aan grootschalige (hedendaagse) landinrichtingswerkzaamheden

Het deel van ruilverkavelingsgebied Limmen-Heiloo waarvoor bodemgegevens geanalyseerd zijn, valt uiteen in het Oer-IJ-estuarium rond Castricum en Uitgeest en het strandwallen en -vlaktegebied ten noorden hiervan.

De oudste bewoningssporen in het gebied dateren uit Neolithicum en Bronstijd. Vooral de hogere delen van het gebied zoals de strandwallen zijn van oudsher in trek als vestigingslocaties. Ook in de IJzertijd en de Romeinse tijd vond hier bewoning plaats. In de Middeleeuwen intensiverde de bewoning en vond in toenemende mate ontwatering plaats. Laag gelegen klei- en veengronden werden in gebruik genomen als grasland, terwijl de wat hoger gelegen delen van de voornamelijk uit zand bestaande vlakvaaggronden als akkers werden gebruikt. Dit laatste was overigens al in de IJzertijd en de Romeinse tijd het geval. Door langdurig gebruik als akkers zijn plaatselijk gooreerdgronden ontstaan.

Tijdens de bodemkartering in 1986 troffen de onderzoekers slechts hier en daar vergraven of geëgaliseerde gronden aan. Akkerbouw speelde ten tijde van het bodemonderzoek slechts een zeer beperkte rol binnen het gebied. Wel zagen de bodemonderzoekers dat enkele percelen in gebruik waren genomen voor de maisteelt.

Hieronder worden de binnen het ruilverkavelingsgebied Limmen-Heiloo voorkomende bodemtypen besproken voor zowel bodemopbouw als de mate waarin verlaging en toenemende bewerkingdiepte tot aantasting van archeologische resten kan leiden.

Broekeerdgronden (WZ)

Deze gronden vormen van oorsprong de geulen en laagten in het gebied.

De dikte van de moerige bovengrond varieert van 10 tot 20 cm dikte. Plaatselijk is hierin een moerige eerdlaag ontstaan. Onder de moerige eerdlaag ligt gelaagde zavel en/of klei en soms veen.

Hoewel deze gronden in gebruik zijn als grasland, zijn ze ook daarvoor niet erg geschikt. Boeren proberen hierin verbetering te brengen door ploegen, egaliseren en het opbrengen van elders uitgebaggerde grond.

Door de ligging van deze gronden in geulen en laagten, is de kans op de aanwezigheid van archeologische resten, erg klein. Daarmee is ook de kans dat deze door reliëfveranderingen beschadigd zullen worden, erg klein. Dit geldt met name als het om opvulling en verhoging van deze laagten gaat. De landschappelijke waarde van de voor het gebied kenmerkende laagten, gaat hierdoor echter ernstig achteruit.

Beekeerdgronden (pZg51)

Binnen het studiegebied is het voorkomen van deze gronden beperkt tot een laagte ten zuiden van de spoorlijn Castricum-Uitgeest. De beekeerdgronden hebben een humeuze bovengrond van 20 cm dikte.

In verband met de lage ligging van deze gronden is de kans op het aantreffen van archeologische sporen hierin, klein. Indien deze toch aanwezig zijn, ligt de top hiervan in het onder de humeuze bovengrond gelegen matig fijne zand.

Verlaging van deze gronden tot meer dan 20 cm, zou tot aantasting van archeologische sporen kunnen leiden.

Poldervaaggronden met pikkleilaag (kMn/32/52)

De poldervaaggronden in het gebied bestaan uit zware zavel (kMn32) of lichte klei (kMn52). De bovengrond varieert in dikte van 10 tot 20 centimeter. Hieronder ligt een laag kalkloze, zware pikklei die tussen 25 en 50 centimeter beneden het maaiveld overgaat in een laag matig lichte of zware zavel.

Op en in deze zavel kunnen bewoningssporen voorkomen. Binnen het gebied is een vindplaats uit de IJzertijd/Romeinse tijd bekend op deze gronden.

Zodra bodembewerking/vergraving de dikte van de bovengrond en de pikklei overschrijdt, kan aantasting van archeologische resten plaatsvinden.

Voor alle gronden met een pikkleilaag geldt dat deze van oorsprong worden doorsneden door geulen en prieltjes.

Al tijdens het bodemonderzoek bleek dat deze vaak werden dichtgeschoven met materiaal van de hoger gelegen delen van de poldervaaggronden. Juist verlaging van deze van oorsprong net iets hoger gelegen gronden kan direct tot aantasting van nabij het oppervlak gelegen archeologische resten leiden.

Poldervaaggronden zonder pikkleilaag (Mn12)

Deze poldervaaggronden bestaan uit matig lichte zavel.

De bovengrond varieert in dikte van 15 tot 30 centimeter. Hieronder ligt lichte of zware zavel. Het onderliggende kalkrijke zand, begint meestal tussen 40 en 60 centimeter beneden het maaiveld.

Op en in dit kalkrijke zand kunnen met name op de hoger gelegen gronden bewoningssporen voorkomen. Binnen het gebied zijn twee vindplaatsen uit de IJzertijd/Romeinse tijd bekend op deze gronden.

Verlaging van deze poldervaaggronden kan direct tot aantasting van aan of nabij het oppervlak gelegen archeologische resten leiden.

Vlakvaaggronden met pikkleilaag (k3kZn/k5kZn)

Deze gronden hebben een uit zware zavel (k3kZn) of lichte klei (k5kZn) bestaande bovengrond die in dikte varieert van 10 tot 20 centimeter. Hieronder ligt een laag kalkloze, zware pikklei van 10 tot 25 centimeter dikte. Op een diepte van 30 tot 50 cm beneden het maaiveld begint kalkrijk kleiarm, matig fijn zand.

Dit kleiarne zand vormt de afzetting waarop en waarin sporen uit de IJzertijd en de Romeinse tijd kunnen voorkomen.

Verlaging van deze vlakvaaggronden kan vanaf 30 cm tot aantasting van nabij het oppervlak gelegen archeologische resten leiden.

Vlakvaaggronden (k0Zn/k1Zn/k3Zn)

Deze gronden hebben een uit zeer lichte zavel tot zware zavel bestaande bovengrond die in dikte varieert van 15 tot 30 centimeter. Op een diepte van 30 tot 50 cm beneden het maaiveld begint kalkrijk kleiarm, matig fijn kalkloos zand.

Dit kleiarne zand vormt de afzetting waarin prehistorische sporen aanwezig kunnen zijn. Verlaging van de vlakvaaggronden kan echter al direct tot aantasting van aan of nabij het oppervlak gelegen archeologische resten uit latere perioden, leiden.

Gooreerdgronden (cZn30/31)

Ten opzichte van de vlakvaaggronden hebben de gooreerdgronden een wat dikkere en humeuze bovengrond. Deze minerale eerdlaag is het gevolg van de lange tijd dat de betreffende terreindelen als akkers in gebruik zijn geweest. Ten tijde van het bodemonderzoek bleken de meeste gooreerdgronden echter in gebruik te zijn als grasland.

Het langdurige en intensieve gebruik van deze gronden als akkers betekent dat hier een grote kans is op de aanwezigheid van archeologische sporen uit de IJzertijd en de Romeinse tijd. Hoewel de bovenkant van deze sporen zal zijn aangetast door beakkering, zullen dieper gelegen delen nog intact zijn. Zolang deze gronden in gebruik blijven als grasland, zal moderne, diepere grondbewerking, hier geen verandering in brengen.

Woudeerdgronden ((c)Mn05)

De woudeerdgronden binnen het in figuur 8 afgebeelde deel van het studiegebied behoren tot de stroomrugggronden. Deze gronden hebben een 40 tot 50 cm dikke bovengrond die uit zavel bestaat en door langdurig gebruik als bouwland, humeus is en baksteen bevat.

Hoewel het hier van oorsprong de beste gronden in het gebied betreft, waren deze ten tijde van de bodemkartering in gebruik als grasland.

De geschiktheid van deze gronden voor het gebruik als bouwland betekent dat hier een grote kans is op de aanwezigheid van archeologische sporen uit de IJzertijd en de Romeinse tijd. De bovenste delen van deze sporen zullen zijn opgenomen in de

bouwvoor. Dieper gelegen delen zullen echter nog intact zijn. Zolang groundbewerking zich beperkt tot de bovenste 40 tot 50 cm, zal hierin geen verandering optreden.

Vergelijking van de waargenomen reliëfveranderingen met de bodemgegevens

In figuur 8 zijn de gronden zonder kleidek weergegeven in oranje-tinten, de gronden met kleidek in blauwtinten en de veengronden en gronden met een moerige bovenlaag, in groentinten. Voor elk van de drie groepen gronden geeft een lichte kleur daling aan en een donkere kleur stijging.

Op deze figuur is te zien dat enkele van de grootste hoogteveranderingen, samenvallen met perceelsgrenzen. Mogelijk gaat het hier om verhoging van weggetjes en verhoging door uit naastliggende sloten opgebaggerde grond. Wat de sterke verlagingen betreft, is het echter mogelijk dat het om een vertekening gaat die wordt veroorzaakt doordat voor de AHN-metingen, binnen blokken van 5 x 5 meter gemeten wordt. Binnen een dergelijk blok kan zowel landoppervlak als een sloot gemeten zijn (zie paragraaf 4.1 methode 2).

De sterkste daling is zichtbaar in een aaneengesloten terreindeel van zes percelen in het noorden van het studiegebied.

Daling van een aaneengesloten gebied is het gemakkelijkst te verklaren door klink.

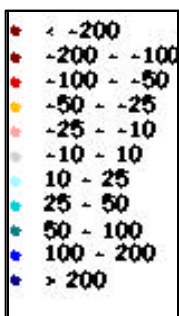
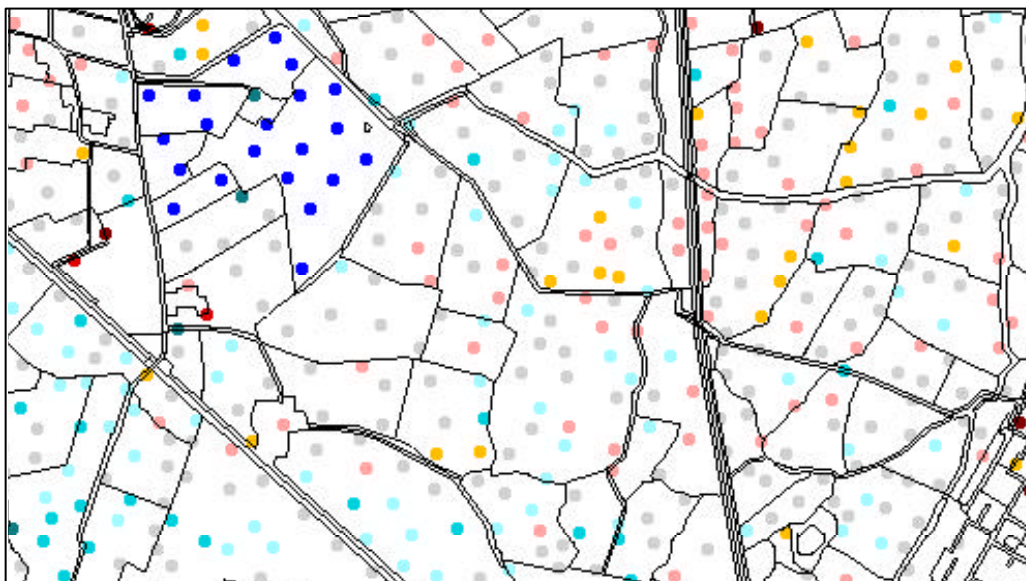
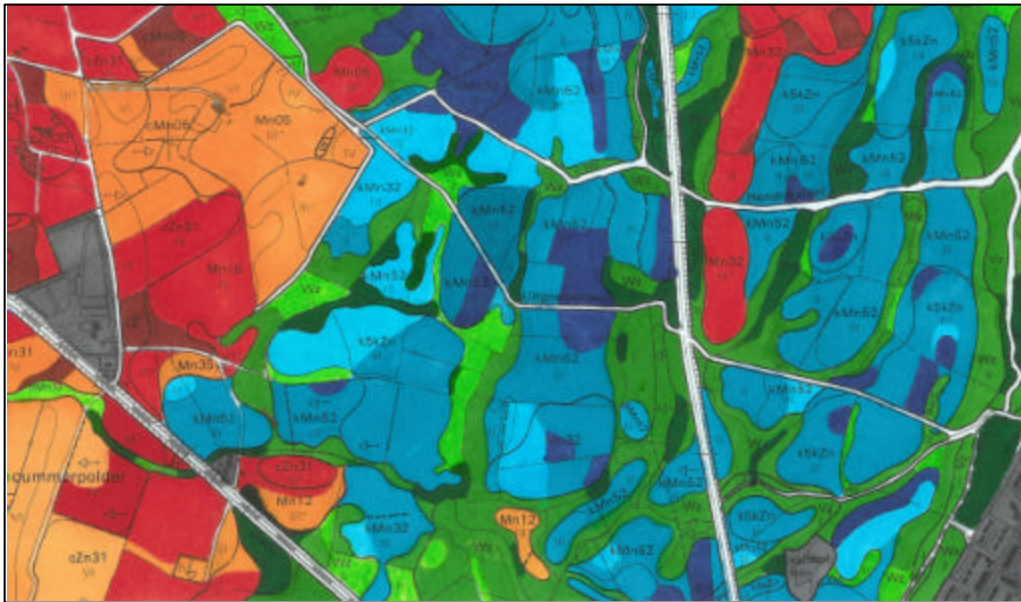
Het betreft hier echter overwegend uit zeer lichte zavel bestaande woudeerdgronden (cMn05) en poldervaaggronden (Mn05) die in het geheel niet gevoelig zijn voor klink. Met name de woudeerdgronden vormen van oudsher de beste bouwlanden in het gebied. Al tijdens de bodemkartering bleek een van deze percelen afgegraven te zijn.

De daling valt hier derhalve te verklaren uit het afgraven van de bovenste halve meter van deze gronden. Deze zeer lichte en humeuze bovengrond is vervolgens gebruikt om elders zwaardere gronden meet op te hogen en te verbeteren.

Uit het bodemonderzoek blijkt dat daling verder vooral is opgetreden op de broekeerdgronden (Wz) en veengronden. Dit zijn de gronden die gevoelig zijn voor daling door oxidatie en krimp van organisch (venig en moerig) materiaal. Bovendien zijn juist op deze gronden, na de verlaging van de polderpeilen in 1994 onderliggende klei en veenlagen aan krimp en klink blootgesteld. Ook zijn dit juist de gronden waarop de boeren door ploegen en egaliseren proberen om verbetering in de waterhuishouding te bewerkstelligen.

De beekerdgronden beperken zich in het gebied tot een viertal laaggelegen percelen pal ten zuiden van de spoorlijn Castricum-Uitgeest. Deze percelen zijn sinds de ruilverkaveling samengevoegd tot twee percelen. Op de meest noordelijke hiervan, zijn de hoogten volgens de AHN-metingen gelijk gebleven. Op het ten zuiden hiervan gelegen perceel geven de AHN-metingen echter overwegend stijging aan. De grens tussen hoog en laag wordt exact gevormd door de tussen de beide percelen gelegen sloot. Dit geeft aan dat het zuidelijke perceel opgehoogd is met van elders aangevoerde grond.

Op de percelen waarop volgens de AHN-metingen zowel stijging als daling heeft plaatsgevonden, komt daling opvallend vaak voor op de lichtste gronden en de



Figuur 8: Proefgebied Uitgeest. Boven: hier zijn de gronden zonder kleidek (Mn12, k0/1/3/Zn, cZn30/31 en Mn05) weergegeven in oranje-tinten, de gronden met kleidek (kMn32/52 en k3/5kZn) in blauwtinten en de veengronden (Vz) en gronden met een moerige bovenlaag (Wz), in groentinten. Voor elk van de drie groepen gronden geeft een lichte kleur daling aan en een donkere kleur stijging. Onder: de bepaalde verschillen in hoogte tussen de oude hoogtepunten en het AHN; geel/rode tinten betekenen ophoging en blauwe tinten verlagings

stijging juist op de zwaarste gronden. Dit is overeenkomstig de verwachting dat grondverbetering veelal op perceelsniveau plaatsvindt en dat daarbij, laag gelegen delen met relatief zware gronden worden verhoogd ten koste van hoger gelegen lichtere gronden. Met name de vlakvaaggronden met pikkleilaag die oorspronkelijk doorsneden werden door geulen en prieltjes, bleken al tijdens het bodemonderzoek te zijn opgehoogd met materiaal afkomstig van aangrenzende hoger gelegen vlakvaaggronden zonder pikkleilaag. Het gaat hier vooral om het door de bodemkarterders gesignaleerde opvullen van de prielen en kreekjes van waaruit de pikklei is afgezet.

De poldervaaggronden met een pikkleilaag zijn van oorsprong ook doorsneden met geulen en prieltjes. Deze gronden laten over het geheel genomen een sterke afwisseling tussen gestegen en gedaalde delen zien. Ook dit moet veroorzaakt zijn door egalisaties waarbij de geulen en prieltjes zijn opgevuld. Al tijdens de bodemkartering bleek een aantal percelen met poldervaaggronden met pikklei, geëgaliseerd te zijn. Aangrenzende poldervaaggronden zonder pikklei, die net iets hoger liggen, lijken in een aantal gevallen gebruikt te zijn om poldervaaggronden met pikklei te verhogen.

Net ten zuiden van de spoorlijn Castricum-Uitgeest ligt een klein perceel dat al tijdens het booronderzoek verlaagd bleek te zijn. Deze verlaging blijkt ook uit de vergelijking van oude hoogtegegevens met AHN-metingen.

Samenvattend gelden ter evaluatie van de vastgestelde hoogteveranderingen, voor het ruilverkavelingsgebied Limmen-Heiloo de onderstaande punten:

- 1 Extreeme hoogteveranderingen liggen meestal op perceelsgrenzen en zullen overwegend zijn veroorzaakt door het effect van sloten op de AHN-metingen;
- 2 Sterke daling van een aantal aaneengesloten percelen kan verklaard worden door het afgraven van een dikke laag humeuze zavel die zeer geschikt is om andere gronden mee op te hogen en te verbeteren;
- 3 De delen van het gebied waarop volgens de AHN-metingen daling is opgetreden betreffen met name de krimpgevoelige broekeerdgronden;
- 4 Stijging op de beekerdgronden valt exact samen met een tijdens de ruilverkaveling gevormd perceel dat waarschijnlijk is opgehoogd; Daling komt vooral voor op de lichtste gronden en de stijging juist op de zwaarste gronden. Laag gelegen, relatief zware gronden worden verhoogd ten koste van hoger gelegen lichtere gronden.
- 5 Met name de vlak- en poldervaaggronden met pikkleilaag zijn opgehoogd met materiaal afkomstig van aangrenzende hoger gelegen vlak- en poldervaaggronden zonder pikkleilaag. Hier gaat het vooral om het opvullen van de prielen en kreekjes van waaruit de pikklei is afgezet. Dit verschijnsel is vooral zichtbaar waar beide typen gronden op hetzelfde perceel liggen;
- 6 Van percelen die volgens de hoogtegegevens gedaald zijn, is tijdens het bodemonderzoek vastgesteld dat deze (na de oude hoogtemetingen) zijn afgegraven.

Uit de bovenstaande opsomming volgt dat de met behulp van AHN-metingen gevonden hoogteveranderingen goed te verklaren zijn aan de hand van bodemkundige gegevens. Zonder vergelijking met bodemgegevens zouden met name de grootschalige dalingen moeilijk te verklaren zijn en zou hierdoor ten onrechte de indruk zijn ontstaan dat de AHN-gegevens teveel daling weergeven.

3.1.3 Interpretatie naar aardkundige en archeologische waarden

Over het geheel genomen blijken reliëfverschillen te zijn afgenomen. Dit lijkt het directe gevolg te zijn van herpercelering en grondverbetering in het kader van de ruilverkaveling.

Het oorspronkelijke patroon van geulen en prieltjes is al grotendeels verloren gegaan door ophoging vanaf aangrenzende hoger gelegen gronden. Juist verlaging van deze van oorsprong net iets hoger gelegen gronden kan al vanaf 25 cm tot aantasting van nabij het oppervlak gelegen archeologische resten leiden.

Op de hoogste delen van deze gronden heeft waarschijnlijk al een aanzienlijke aantasting van het bodemarchief plaatsgevonden.

Dit is vrijwel zeker het geval op de woudeerdgronden die plaatselijk meer dan een halve meter zijn afgegraven. Dit leidt direct tot het verloren gaan van de herkenbaarheid van stroomruggen.

Door de verwijdering van de bovenlaag, komen vervolgens archeologische sporen binnen het deel van de bodem te liggen waarin grondbewerking plaatsvindt. Hierdoor gaan deze sporen alsnog verloren en kan bovendien in versterkte mate ontkalking plaatsvinden van tot dan toe kalkrijke lagen die niet aan oppervlakteprocessen waren blootgesteld. Dit leidt tot het verloren gaan van tot dan toe goed bewaarde botresten en mollusken in dergelijke lagen.

Op de poldervaaggronden zonder pikklei, is binnen het gebied een relatief grote kans op het aantreffen van archeologische vindplaatsen. Deze gronden blijken echter regelmatig te zijn gebruikt om aangrenzende, laaggelegen poldervaaggronden met pikkleilaag te verhogen. Hierdoor kan directe aantasting van archeologische sporen hebben plaatsgevonden. Indirect zal aantasting plaatsvinden door de toename van bioturbatie en ontkalking. Voor de vlakvaaggronden geldt vrijwel hetzelfde.

Op een aan de hand van de AHN-metingen vervaardigde reliëfkaart is te zien dat een aanzienlijk deel van de percelen doorsneden wordt door een dicht patroon van ontwateringgreppels. De in het gebied ondiep liggende archeologische sporen zullen hier direct door zijn aangetast.

Indien de grondverbetering leidt tot toenemende be-akkering ten behoeve van de maisteelt, zal geïntensiverde grondbewerking leiden tot verdere teloorgang van archeologische resten.

Voor het ruilverkavelingsgebied Limmen-Heiloo kunnen de bovengenoemde gevolgen voor de aardkundige en cultuurhistorische/archeologische waarden gestaafd worden aan de hand van een monitoringonderzoek (Exaltus 2003).

Tijdens dit onderzoek zijn in de periode 1994-2001 binnen onderhavig studiegebied, jaarlijks drie archeologische vindplaatsen bemonsterd voor bodemmicromorfologisch onderzoek. Hierop zijn bovendien herhaalde hoogtemetingen verricht.

Uit de hoogtemetingen bleek dat geïntensiveerde grondbewerking tot het verloren gaan van de voor het gebied kenmerkende reliëfverschillen leidt.

In de slijpplaten was nauwkeurig te zien dat toegenomen blootstelling van de archeologische resten, jaar na jaar tot verdere aantasting leidde. Deze aantasting bestond uit het verloren gaan van bodemmicromorfologische verschijnselen die archeologische informatie bevatten door bioturbatie en uit ontkalking.

Voor de drie binnen het in figuur 8 afgebeelde gebied gelegen archeologische vindplaatsen bleek het volgende aan de hand;

Vindplaats 6 werd aanvankelijk gevormd door een op 30 cm diepte gelegen laag in een poldervaaggrond zonder pikklei die een kleine hoogte vormde temidden van de omliggende poldervaaggronden met pikkleilaag. Gedurende het onderzoek is deze hoogte door grondbewerking steeds verder verlaagd. Hierdoor is de hoogte steeds minder herkenbaar geworden en is de archeologische laag in toenemende mate binnen het bereik van de bodemfauna komen te liggen en gebioturbeerd. Bovendien heeft volledige ontkalking plaatsgevonden.

De AHN-metingen op deze vindplaats weerspiegelen de daling van de betreffende hoogte en de ophoging van het naastliggende terrein.

De op vindplaats 7 vanaf 40 cm beneden het maaiveld gelegen vondstlaag raakte in dezelfde periode eveneens vrijwel geheel gebioturbeerd en ontkalkt. Herpercelering en het hierbij opnieuw uitgraven van de pal naast de vindplaats gelegen sloot, leidde tot plaatselijke ophoging. Deze ophoging blijkt onmiskenbaar uit de AHN-metingen op deze vindplaats. Dit versterkt bovendien de eerder genoemde veronderstelling dat extreme hoogteveranderingen veroorzaakt kunnen zijn door het (opnieuw) uitgraven van sloten

Het perceel waarop vindplaats 10 ligt, is na enkele jaren van monitoringonderzoek, waarin in de voor het micromorfologisch onderzoek gebruikte slijpplaten geleidelijke achteruitgang werd vastgesteld, in gebruik genomen als maisakker. Voorafgaande hieraan ging het oorspronkelijke slotenpatroon verloren. Na het eerste jaar maisteelt bleek uit het slijpplatenonderzoek dat het deel van de vondstlaag dat binnen een halve meter beneden het maaiveld ligt, volledig verstoord was.

3.2 Resultaten Cuijk

3.2.1 Resultaten van de analyse van hoogtegegevens

Het studiegebied

Het studiegebied nabij Cuijk ligt grotendeels ten Westen van deze plaats. Het grootste deel van het gebied bestaat uit een rivierenlandschap dat in de laatste ijstijd is ontstaan in een vrijwel onbegroeid landschap. Mede door de sterk wisselende afvoeren kon hier een rivier ontstaan met meerdere geulen die van elkaar gescheiden werden door hogere platen. Dit landschap is ook nu nog redelijk goed te herkennen. Het aardige is dat er hier twee verschillende fasen van een vlechtende rivier naast elkaar liggen; in het noordelijke deel wat nu grotendeels is verdwenen door de

Kraaijbergse Plassen ligt een systeem dat jonger is dan dat ten Zuiden ervan. Dit is op kaarten mooi zichtbaar door het verschil in richting van de geulen; het jongere systeem in het Noorden is zuidoost-noordwest gericht en het oudere in het Zuiden is oost-west gericht.

In het Noorden van het studiegebied ligt de overgang naar de huidige Maas, waar in het Noordwesten de grote zandafgraving van de Kraaijbergse Plassen ligt. In het Noordoosten ligt de overgang naar de stuwwal van Nijmegen.

Tijdsdiepte van de analyse

In onderstaande tabel is informatie opgenomen over de tijdsperiode waarin de gebruikte bestanden zijn opgenomen:

Tabel 4 Gegevens over opname van bestanden voor studiegebied Uitgeest

Bestand	Jaar/periode
Oude hoogtepunten	1971 en 1972
AHN	1996
Geomorfologische kaart	1986 en 1987
Bodemkundige gegevens	1970 en 1971

Dit betekent dat de analyses van de hoogtegegevens veranderingen over de periode 1971 – 1996 (maximaal) in beeld kan krijgen. In dit verband is het mooi dat de periode waarin de oude hoogtepunten zijn bepaald, vrijwel overeenkomt met de periode waarin de bodemkartering is verricht. Deze laatste geeft hierdoor de toestand van het landschap weer voorafgaande aan de op basis van het AHN bepaalde reliëfveranderingen.

Grootschalige veranderingen

Behalve de uitbreidingen van Cuijk is er in het studiegebied ook een landinrichtingsproject (ruilverkaveling) geweest.

Tabel 5 Gegevens over landinrichting in het studiegebied Cuijk

Gebied	Type	Start	Einde	Deel studiegebied
Land van Cuijk	Ruilverkaveling	1981	2001	Zuid

Bovenstaande betekent dat verandering uit de hoogtegegevens tussen 1971 en 1996 veranderingen als gevolg van ruilverkavelingen zichtbaar moeten kunnen maken.

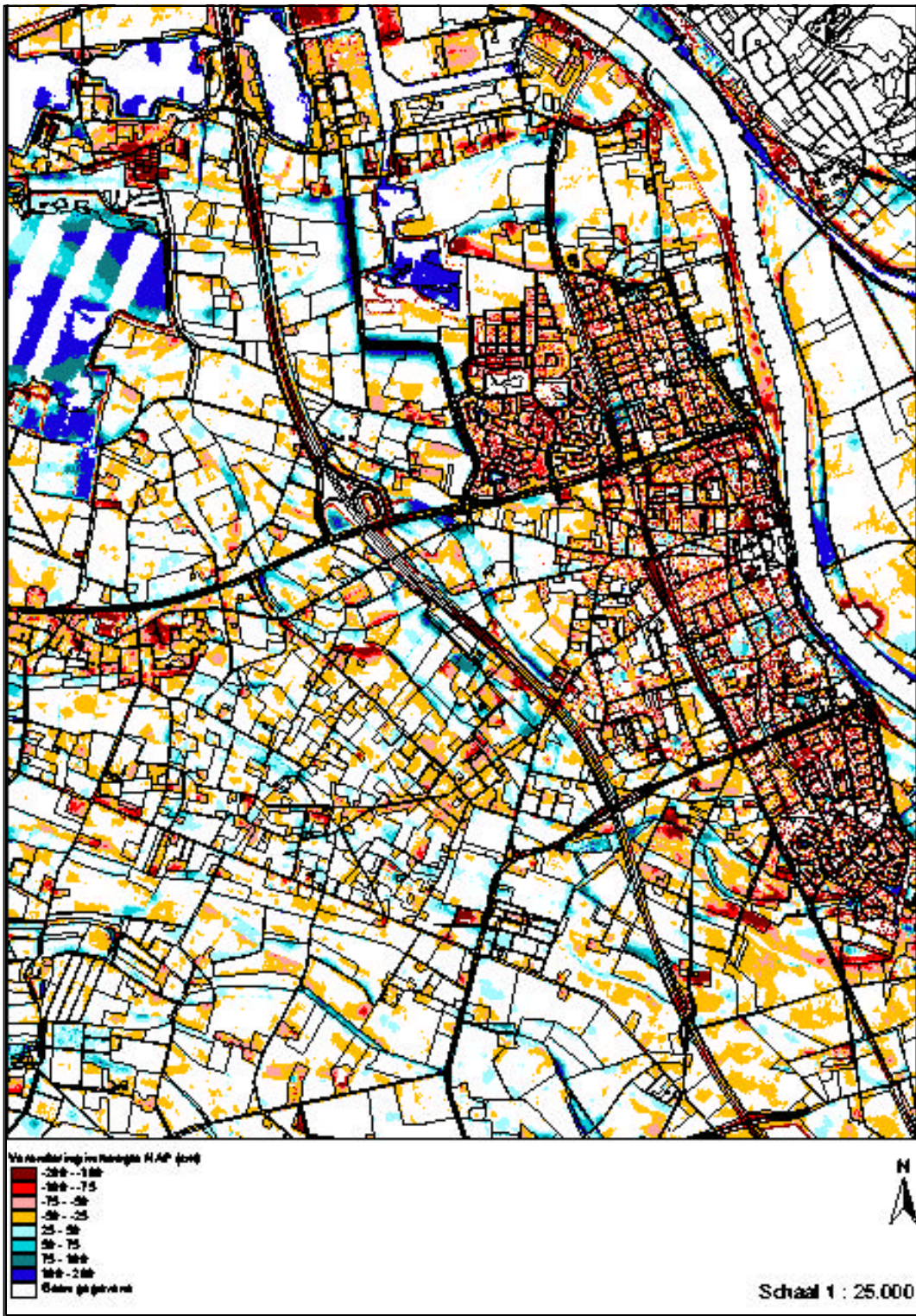
Resultaten van de analyse op basis van hoogtegegevens

Op de kaart in figuur 9 is het resultaat te zien van de vergelijking tussen de geïnterpoleerde oude hoogtepunten en het AHN (methode 1, paragraaf 2.3).

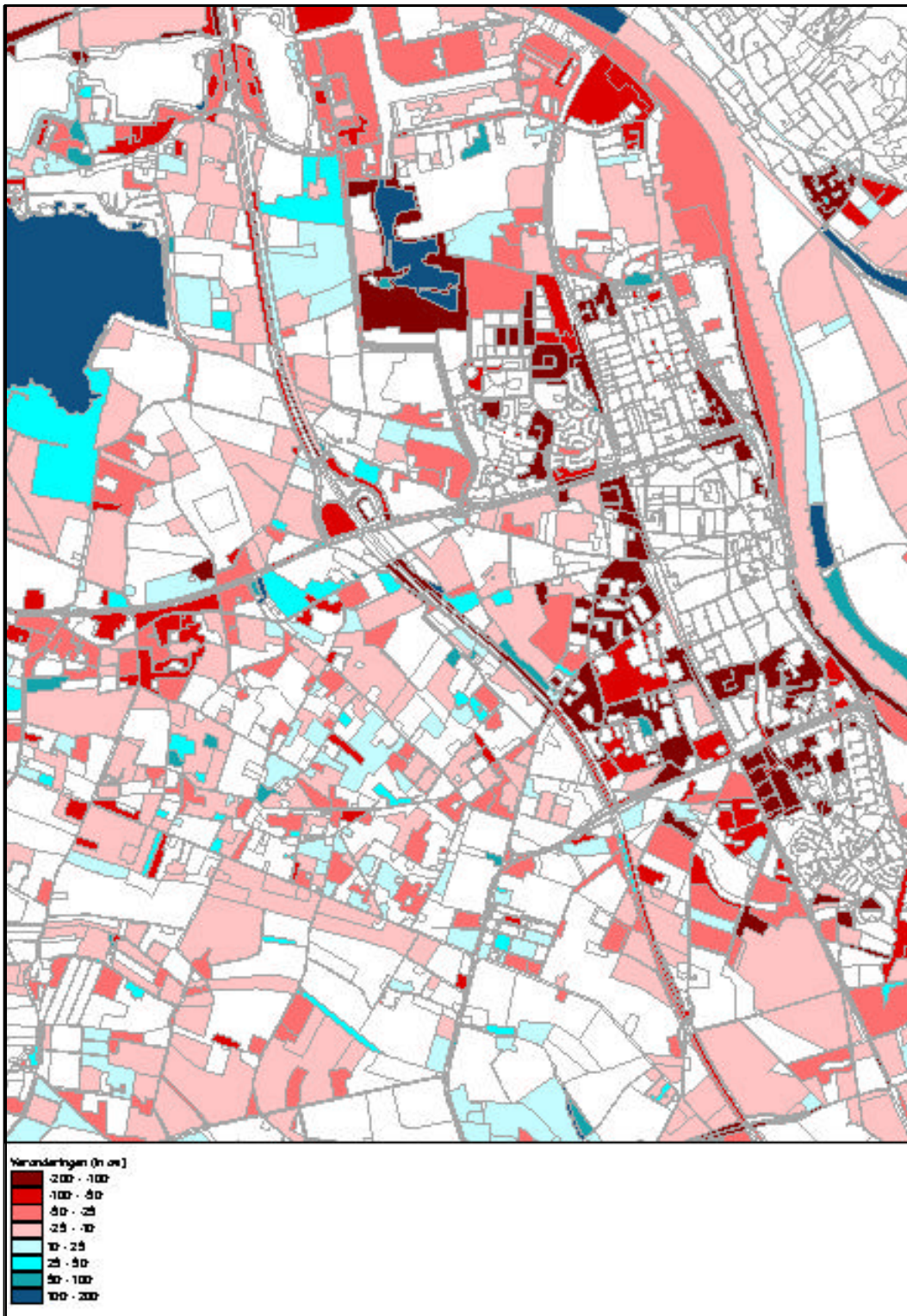
In figuur 10 is het resultaat te zien van de toepassing van methode 3 voor het studiegebied van Cuijk. Het blijkt niet mee te vallen hier enkele opvallende gebieden met een eenduidige verandering te beschrijven. Incidenteel blijkt een perceel in een geul te zijn opgehoogd. Verder valt op dat de Kraaijbergse Plassen als sterk afgegraven naar voren komen hetgeen klopt. Ook is in de bebouwing van Cuijk te zien dat hier ophogingen hebben plaatsgevonden.

In figuur 11 is het resultaat te zien van de toepassing van de alternatieve methode 3 voor het studiegebied van Cuijk. Ook uit deze kaart komt hetzelfde beeld naar voren als hierboven reeds geschetst.

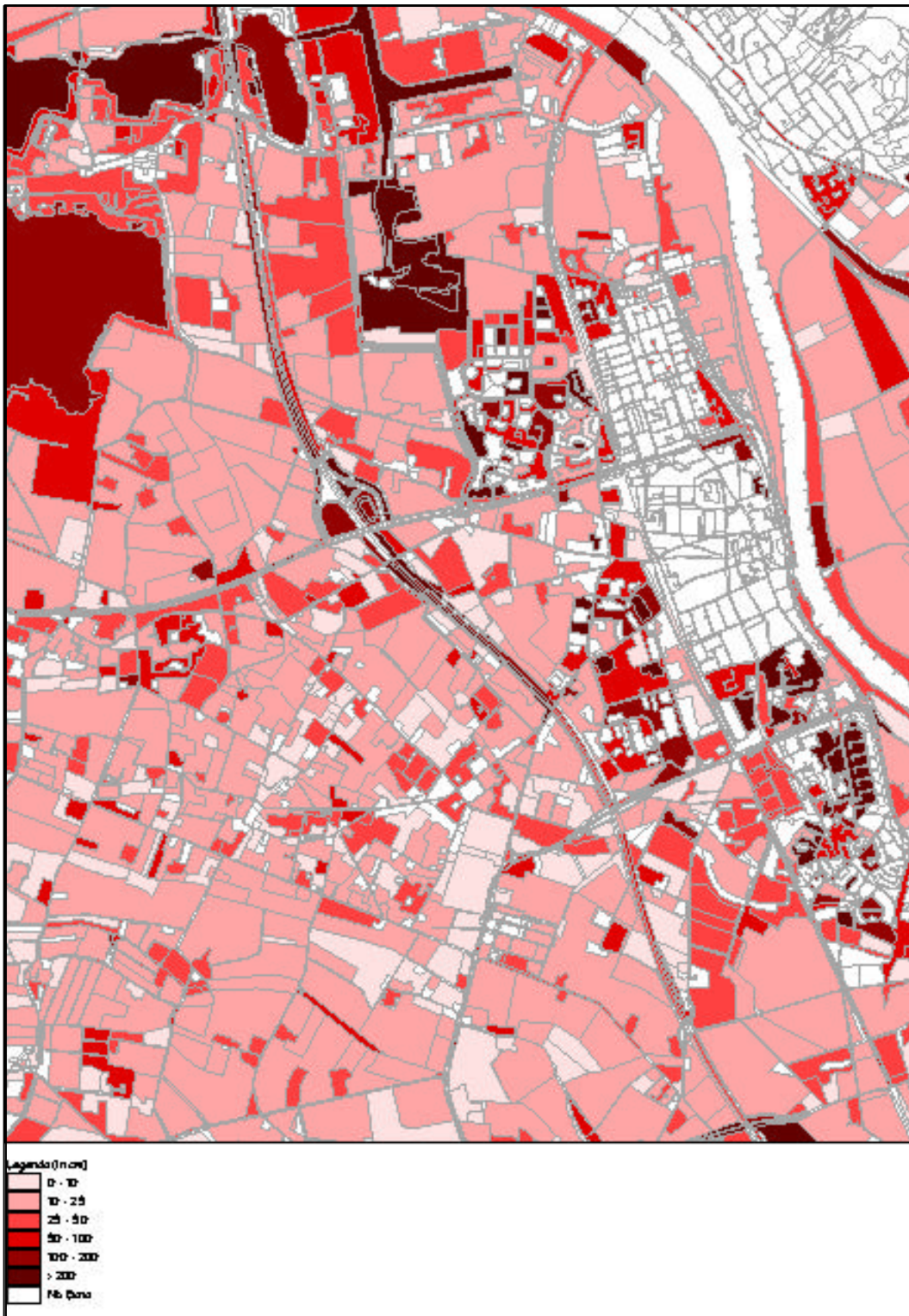
Met behulp van de bodemkundige analyses is geprobeerd meer inzicht te verkrijgen in de reliëfveranderingen.



Figuur 9 Methode 1. Interpolatie naar een gebiedsdekkende kaart voor het oude hoogpuntenbestand (1971) Deze zijn vervolgens vergeleken met het AHN (1996)



Figuur 10 Methode 3a. Veranderingen in de hoogte van het maaiveld in centimeters op basis van gemiddelde hoogte van vlakken uit de TOP-10 voor hoogte-informatie uit 1971 en 1996. Rode kleuren geven opgehoogde percelen aan; blauwe verlaagde percelen



Figuur 11 Methode 3b. Veranderingen in de hoogte van het maaiveld in centimeters op basis van de absolute waarden van de verschillen tussen meetpunten en gemiddeld over de vlakken van de TOP-10 voor hoogte-informatie uit 1971 en 1996

3.2.2 Vergelijking van de hoogtegegevens met boorgegevens

Selectie van boorgegevens

Voor het studiegebied bij Cuijk is gebruik gemaakt van het in 1970/71 verrichte boor- onderzoek voor de ruilverkaveling Land van Cuijk (Kleinsma, W.B., Groot-Obbink, D.J. & H.J.M. Zeegers, 1972). Hier is geboord met een intensiteit van 1 boring per hectare. Dit onderzoek vond 27 jaar eerder plaats dan de opname van de AHN-gegevens. In deze 27 jaar heeft een ingrijpende ruilverkaveling plaatsgevonden en hebben ook geleidelijke processen die tot reliëfverandering leiden, ruimschoots de tijd gehad om hun sporen na te laten. Binnen het in 1970/71 verrichte bodemonderzoek is in dit project gebruik gemaakt van het gebied tussen coördinaten 185-412.5/414.5 en 188-412.5/414.5. Dit deelgebied is gekozen omdat hierin zowel oude geulen, eerdgronden, duinvaaggronden als tussenliggende kleigronden voorkomen.

Voor het ruilverkavelingsgebied land van Cuijk kan evaluatie van de hoogtegegevens voornamelijk plaatsvinden door te trachten vastgestelde hoogteveranderingen te verklaren aan de hand van veranderingen in het landgebruik en aanpassingen van het landschap ten behoeve van de landbouw, zoals deze uit de bodemgegevens afgeleid kunnen worden. De vergelijking van hoogtegegevens en bodemgegevens moet hier vooral leiden tot het vaststellen en verklaren van veranderingen.

Bepaling van de toestand van het landschap voorafgaande aan grootschalige (hedendaagse) landinrichtingswerkzaamheden

Het ruilverkavelingsgebied land van Cuijk, vormt voor het grootste deel een ten zuiden van de Maas gelegen dal dat aan de Peelhorst grenst. Het noordelijke deel van het gebied bestaat uit de restanten van een vlechtend riviersysteem uit het Pleistoceen. Hierdoor is van oorsprong een afwisseling van parallel aan de Maas lopende geulen en platen aanwezig met daartussen rivierduinen. Tot de afsluiting van de Beersche Overlaat in 1942, had het water van de Maas hier regelmatig vrij spel. Hierdoor is het van oorsprong uit zand bestaande landschap uit het Pleistoceen steeds verder bedekt geraakt door klei.

De rivierduinen vormden al in de Steentijd aantrekkelijk vestigingsplaatsen. Landbouw vond voornamelijk plaats op de zuidelijker gelegen zandgronden en de hogere rivierkleigronden. Het gebruik hiervan intensiverde in de IJzertijd en de Romeinse tijd. In de Middeleeuwen zijn de hooggelegen zand-en rivierkleigronden in gebruik genomen als intensief bemeste bouwlandgronden. Uiteindelijk ontstond zo een landschap bestaande uit hoge delen, doorsneden door een grillig patroon van geulen. Plaatselijk kwamen hierin hoogteverschillen voor van 1 à 2 meter.

Tijdens de bodemkartering in 1971 troffen de onderzoekers nauwelijks vergraven of geëgaliseerde gronden aan. Alleen de vlakvaaggronden bleken in veel gevallen, ten behoeve van de zand- en grindwinning, afgegraven te zijn. Deze beslaan echter nog geen 3 % van het totale oppervlak van het gebied.

Akkerbouw beperkte zich ten tijde van het bodemonderzoek nog voornamelijk tot de oude bouwlanden en de hogere kleigronden. De overige gronden waren in verband met de hoge grondwatertrappen, in gebruik als grasland.

Op basis van hun bevindingen concludeerden de bodemonderzoekers echter dat ruim tweederde van het gebied, na verbeterde ontwatering, mogelijkheden heeft voor akkerbouw.

Hieronder worden de binnen het gebied van de ruilverkaveling land van Cuijk voorkomende bodemtypen besproken voor zowel bodemopbouw als kwetsbaarheid van archeologische resten. Hierbij zijn de onderscheiden bodemtypen zoveel mogelijk gerangschikt naar hoogteligging. De bespreking begint met de hoogst gelegen bodemtypen.

Zwarte enkeerdgronden (bEZ54, bEZ63)

Deze gronden hebben een humushoudende bovengrond die dikker is dan 50 cm. In het algemeen varieert de dikte tussen 50 en 80 cm. Plaatselijk loopt de dikte op tot 100 cm. De dikke humushoudende bovengrond is ontstaan ten gevolge van eeuwenlange plaggenbemesting.

Deze gronden komen met name voor rond de oude bewoningskernen. Het uit de Middeleeuwen stammende humushoudende bovendeck ligt vaak op gronden die al in de prehistorie en de Romeinse tijd in gebruik waren. Hoewel de eerste aanleg van het humushoudende bovendeck tot aantasting van oudere archeologische resten kan hebben geleid, zijn doorgaans veel oude bewoningssporen goed onder dit dek bewaard gebleven.

Verlaging van het humushoudende bovendeck is pas schadelijk zodra onderliggende archeologische resten hierdoor binnen het bereik van landbouwmachines komen te liggen. Een verlaging van enkele decimeters hoeft hierdoor geen negatieve gevolgen voor de archeologische resten te hebben. Uiteraard wordt hierdoor wel de cultuurhistorische waarde van deze gronden aangetast.

Laarpodzolgronden (CHn54)

De laarpodzolgronden hebben een humushoudende bovengrond die in dikte varieert tussen 30 en 50 cm. In het algemeen hebben deze gronden een sterk ontwikkelde B-horizont die relatief dicht onder het oppervlak ligt.

Voor zover deze gronden binnen het onderzoeksgebied voorkomen grenzen deze aan de enkeerdgronden.

Doordat de humushoudende bovengrond maximaal 50 cm dik is, zal verlaging hiervan al snel tot gevolg hebben dat onderliggende archeologische resten binnen het bereik van landbouwmachines komen te liggen.

Veldpodzolgronden (Hn62)

De veldpodzolgronden hebben een humushoudende bovengrond die dunner is dan 30 cm. In het algemeen hebben deze gronden een sterk ontwikkelde B-horizont die dicht onder het oppervlak ligt.

Door hun hoge ligging zijn deze gronden met name in de prehistorie erg aantrekkelijk geweest voor bewoning.

Door het ontbreken van een aanzienlijke afdekkende laag liggen archeologische resten in veldpodzolen pal onder het maaiveld. Verlaging zal dan ook vrijwel direct tot aantasting van archeologische resten leiden.

Vorstvaaggronden (Zb64, Zb65.)

De vorstvaaggronden zijn rivierduin-zandgronden met een zwak ontwikkelde A-horizont. Onder de A-horizont komt veelal een bruine laag voor in de positie van een B-horizont.

Het betreft hier relatief hoog gelegen gronden die langs voormalige riviergronden liggen. De hoge ligging langs laag gelegen, natte gebieden, maakte deze gronden in de prehistorie tot aantrekkelijke vestigingsplaatsen.

Verlaging van vorstvaaggronden kan direct tot aantasting van nabij het oppervlak gelegen archeologische resten leiden.

Vlakvaaggronden (Zna62, Zn64, Zn 71, Zna71)

De vlakvaaggronden zijn hoge zandgronden met een duinachtige ligging. Bodemvorming beperkt zich in de vlakvaaggronden overwegend tot een zeer dunne A-horizont of een micropodzol. Het plaatselijk voorkomen van een humuspodzol binnen 120 cm -Mv, wijst er op dat het veelal gaat om overstoven humuspodzolgronden.

De hoge ligging langs laag gelegen, natte gebieden maakte deze gronden in de prehistorie tot aantrekkelijke vestigingsplaatsen.

Verlaging van vlakvaaggronden kan direct tot aantasting van nabij het oppervlak gelegen archeologische resten leiden. Archeologische resten in overstoven humuspodzolen zullen echter aanmerkelijk minder snel worden aangetast.

Bruine beekeerdgronden (bcZg54, bc Zg55, btZga55, btZga54, bcZga55, bcZg64)

De bruine beekeerdgronden zijn zandgronden met een 15 tot 50 cm dikke grijsbruine bovengrond waarin ijzerhuidjes voorkomen. Door regelmatige overstroming is de bovengrond van deze gronden lutumhoudend. Plaatselijk komt zelfs een kleidek voor.

Ondanks het regelmatig overstromen, lagen deze gronden meestentijds droog en waren ze hierdoor en door de aanwezigheid van lutum, geschikt voor landbouw.

Verstoring die dieper reikt dan de afdekkende kleilaag, kan tot aantasting van archeologisch resten leiden.

Ooivaaggronden (Rd12a, Rd15a, Rd35a)

De ooivaaggronden bestaan uit klei zonder minerale eerdlaag. Door de relatief hoge ligging komen binnen 50 cm -Mv geen hydromorfe kenmerken voor.

Door hun ligging pal langs de oude rivierlopen kunnen deze gronden aantrekkelijk zijn geweest voor bewoning in de prehistorie.

Verlaging kan direct tot aantasting van archeologische resten leiden.

Poldervaaggronden (Rn12b, Rn12a, Rn32b, Rn32a, Rn62b)

De poldervaaggronden bestaan uit klei zonder minerale eerdlaag. Door de lage ligging komen binnen 50 cm -Mv geen hydromorfe kenmerken voor.

De poldervaaggronden vormden de laagst gelegen gronden in het onderzoeksgebied. Veelal zijn deze gevormd in de vulling van geulen en voormalige rivierlopen. Omdat het hier voor bewoning ongeschikte delen van het landschap betreft, zal bodemverstoring hier niet snel tot aantasting van archeologische resten leiden.

Evaluatie van de waargenomen reliëfveranderingen aan de hand van bodemgegevens

In figuur 12 zijn per werkelijk meetpunt vastgestelde hoogteveranderingen weergegeven in combinatie met de bodemeenheden. Hierbij zijn hoger gelegen zandgronden weergegeven in oranje-tinten, de gronden in de voormalige geulen in blauwtinten en de overige kleigronden, in groentinten. Voor elk van de drie groepen gronden geeft een lichte kleur daling aan en een donkere kleur stijging.

In figuur 12 is te zien dat een groot aantal van de grootste hoogteveranderingen, samenvallen met perceelsgrenzen. Waarschijnlijk gaat het hier om vertekening door het effect van sloten op de AHN-metingen waarbij binnen een blok van 5 x 5 meter zowel landoppervlak als een sloot gemeten zijn. (zie paragraaf 4.2 methode 2). Het lijkt derhalve zinvol om dergelijke punten langs perceelsranden buiten beschouwing te laten.

Los van de door perceelsgrenzen veroorzaakte extremen, is in figuur 12 een afwisseling van gestegen en gedaalde punten te zien. Hierbij valt op dat het aantal punten waarop volgens de AHN-metingen stijging is opgetreden, domineert. Mogelijk betekent dit dat de punten waarop volgens de AHN-metingen geen significante verandering heeft plaatsgevonden, overwegend zijn gedaald.

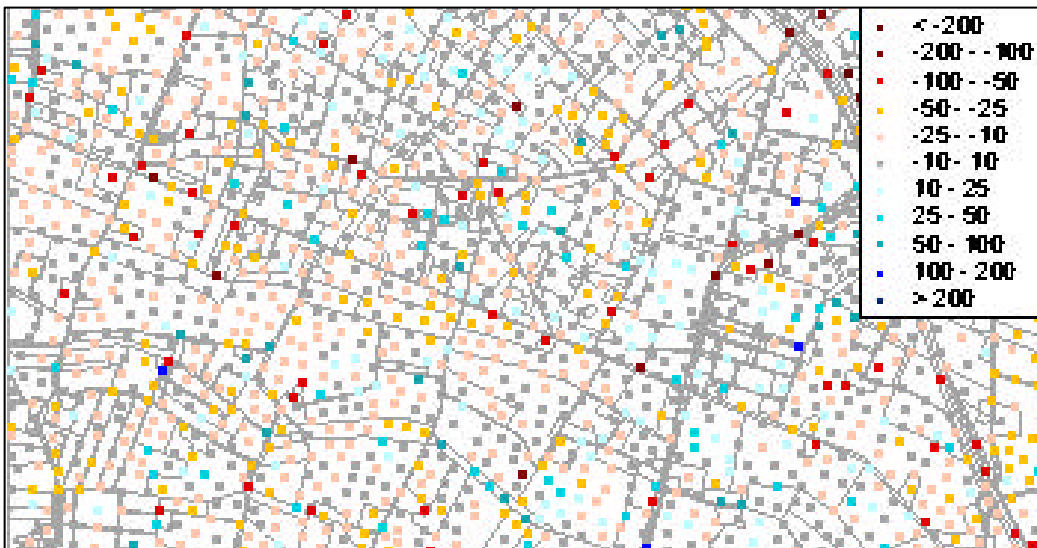
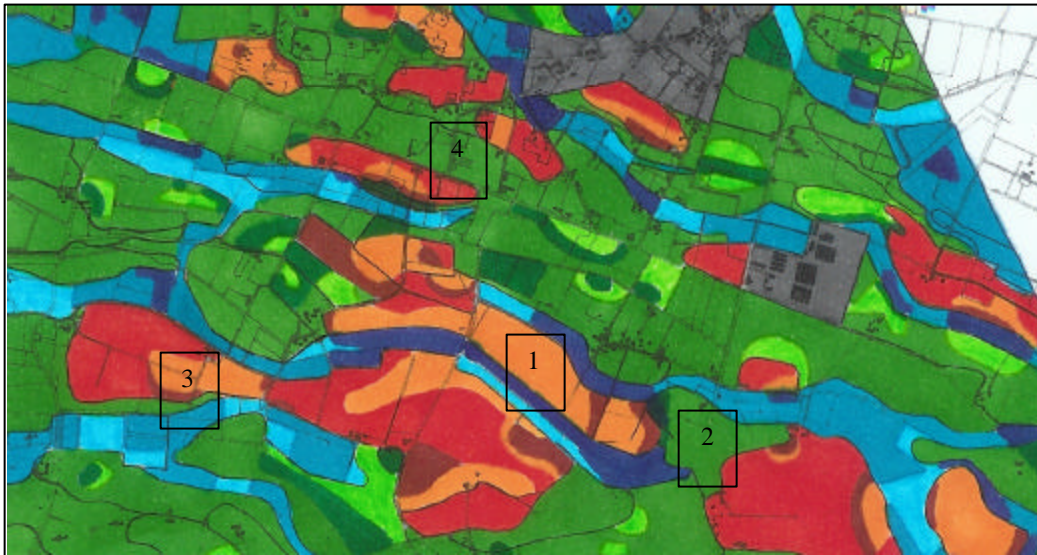
De sterkste daling is zichtbaar in enkele delen van de met lichte zavel gevulde geulen. Deze zijn in figuur 12 lichtblauw gekleurd. Uit de bodemgegevens volgt dat de daling hier het gevolg moet zijn van klink tengevolge van de in het kader van de ruilverkaveling verbeterde ontwatering.

Naast gedaalde delen van oude geulen, zijn er ook delen die volgens de AHN-metingen gestegen zijn (donkerblauw in figuur 12). Opvallend genoeg liggen deze ten noorden en ten zuiden van de met 1 genummerde enkeerdgrond. Ten zuiden van deze enkeerdgrond is te zien dat het deel van de geul dat op hetzelfde perceel ligt als de enkeerdgrond, gestegen is, terwijl het op een afzonderlijk perceel ten zuiden hiervan gelegen deel van de geul, gedaald is. Hier geldt dat verhoging niet snel plaats zal vinden zolang het gehele perceel uit relatief laaggelegen gronden bestaat die door sloten van hoger gelegen gronden gescheiden worden. Grondverplaatsing binnen het perceel heeft geen zin en grondverplaatsing vanaf aangrenzende percelen wordt ernstig bemoeilijkt door de tussenliggende sloten.

De stijging van het noordelijke deel van de geul, is derhalve veroorzaakt door het verplaatsen van grond vanaf de aangrenzende enkeerdgrond. Deze vertoont met name op het oostelijke deel talrijke punten die volgens de AHN-metingen gedaald zijn doordat hier vanaf, materiaal de geul in is geschoven.

Het materiaal van de enkeerdgronden lijkt hier niet alleen gebruikt te zijn om de ten zuiden gelegen geul te vullen maar ook om de ten oosten gelegen bruine bekeerdgronden (2) te verhogen.

De sterke verplaatsing van grond vanaf de enkeerdgrond, geeft aan dat de AHN-metingen ten onrechte meer stijging laten zien dan daling. Met name het centrale deel van de enkeerd grenst aan verhoogde delen van geulen. Het is derhalve nauwelijks denkbaar dat de meetpunten op de aangrenzende delen van de enkeerd die volgens de AHN-metingen min of meer gelijk zijn gebleven, in werkelijkheid niet overwegend gedaald zijn.



Figuur 12 Proefgebied Cuijk. In figuur 12 (bovenste deel) zijn hoger gelegen zandgronden (enkeerdgronden, laar- en veldpodzolgronde, vorst- en vlakvaaggronden), weergegeven in oranje-tinten, de gronden in de voormalige geulen (poldervaaggronden) in blauwtinten en de overige kleigronden (bruine beekeerdgronden en ooivaaggronden), in groentinten. Voor elk van de drie groepen gronden geeft een lichte kleur daling aan en een donkere kleur stijging. Onder: is de verandering in hoogte per meetpunt weergegeven tussen 1971-1972 en 1996. Blauwe punten geven verlaging aan en rode verhoging

Een vergelijkbaar verschijnsel is zichtbaar op de meest zuidelijke van de in figuur 12 afgebeeld enkeerdgrond (3). Enkele van de centrale, hoogstgelegen delen hiervan, grenzen aan meer aan de buitenzijde gelegen, lagere delen van de enkeerdgrond die duidelijk zijn opgehoogd. De verlaging van de hoger gelegen centrale delen is echter minder duidelijk. Alleen op het westelijke deel van deze enkeerdgrond is een viertal gedaalde punten te zien. Deze liggen in een concentratie van punten waarop volgens de AHN-metingen nauwelijks verandering is opgetreden. Dergelijke concentraties zijn ook aanwezig op de oorspronkelijk hoogste punten op het oostelijke deel van de enkeerdgrond. Opnieuw geeft dit aan dat de volgens de AHN-metingen min of meer gelijk gebleven punten, in werkelijkheid overwegend gedaald zijn.

De relatief hooggelegen vaaggronden (4) lijken voornamelijk aan de randen gestegen te zijn terwijl de van oorsprong het hoogst gelegen, centrale delen, volgens de AHN-metingen nauwelijks in hoogte veranderd zijn. Uit de bodemgegevens kan worden afgeleid dat de stijging langs de randen veroorzaakt is door het afschuiven van materiaal van de hoge koppen naar de lagere randen. Hierdoor zullen de centrale delen in werkelijkheid gedaald zijn. Dit geeft opnieuw aan dat de AHN-metingen te weinig daling laten zien.

De ten noorden van de enkeerdgronden gelegen rivierkleigronden buiten de geulen, lijken in tegenstelling tot de rivierkleigronden in de geulen, niet gedaald te zijn. Uit het bodemonderzoek blijkt dat het verschil tussen deze gronden wordt gevormd door de diepte waarop de zandondergrond begint. Deze bedraagt in de geulen 40 tot 120 cm en op de rivierkleigronden daarbuiten 40-80 cm. Verbeterde ontwatering na de ruilverkaveling zal vooral invloed hebben gehad op de dieper gelegen klei-afzettingen die nog niet eerder ontwaterd waren. Deze zijn met name in de geulen aanwezig.

In de bij het bodemonderzoek behorende rapportage wordt aangegeven dat grote delen van het gebied mogelijkheden hebben voor de akkerbouw. Veel rivierkleigronden zijn inmiddels in gebruik genomen als maisakkers. Het afwisselend gedaald of gestegen zijn van deze gebieden, zal dan ook voornamelijk veroorzaakt zijn door landbewerking ten behoeve van de maisteelt, verdwijnen van de talrijke kleine reliëfverschillen die hier van oorsprong aanwezig waren. Op de voornamelijk in het zuiden van het onderzoeksgebied gelegen beekerdgronden lijken eveneens reliëfverschillen te zijn verdwenen ten gevolge van de toegenomen en geïntensiveerde be-akkering.

Samenvattend gelden ter evaluatie van de door vergelijking van oude hoogtegegevens met AHN-metingen vastgestelde hoogteveranderingen in het ruilverkavelingsgebied land van Cuijk, de onderstaande punten:

- 1 Extreme hoogteveranderingen liggen meestal op perceelsgrenzen en zullen overwegend zijn waarschijnlijk veroorzaakt door het effect van sloten op de AHN-metingen;
- 2 Gestegen delen betreffen veelal van oorsprong lager gelegen bodemeenheden die grenzen aan relatief hoog gelegen bodemeenheden;
- 3 Met name de enkeerdgronden en de vlakvaaggronden, die van oorsprong de hoogste gronden vormen in het gebied, lijken gebruikt te zijn om naast gelegen lagere gronden te verhogen. Dit geldt met name als lage en hoge

- gronden op hetzelfde perceel liggen;
- 4 Deze hoger gelegen bodemeenheden zijn volgens de AHN-metingen niet significant in hoogte veranderd. Waarschijnlijk laten de AHN-metingen in relatie tot de oude hoogtegegevens teveel stijging zien en te weinig daling.;
 - 5 Laag gelegen gronden op geïsoleerde percelen zonder hooggelegen gronden, zijn niet gestegen. Het betreft hier oude geulen die vaak juist gedaald zijn;
 - 6 Dat alleen de rivierkleigronden in de oude geulen volgens de AHN-metingen gedaald zijn, valt te verklaren door klink na in het kader van de ruilverkaveling, verbeterde ontwatering. Uit het bodemonderzoek blijkt dat de boven het zand gelegen kleilaag in deze gronden tot 120 cm dik is. Deze is na de ruilverkaveling voor het eerst blootgesteld aan oxidatieprocessen;
 - 7 De rivierkleigronden buiten de geulen hebben een veel ondiepere zandondergrond en zijn daardoor niet gedaald door klink. Hier zijn plaatselijke reliëfverschillen afgenomen door de ingebruikname als (maïs)akkers;
 - 8 Op de beekerdgronden zijn plaatselijke reliëfverschillen verminderd door toegenomen en geïntensiveerde be-akkering.

Uit de bovenstaande opsomming volgt dat hoewel de resultaten van de AHN-metingen redelijk overeenkomen met hetgeen op grond van bodemkundige gegevens mag worden verwacht, in werkelijkheid sterkere daling is opgetreden dan de AHN-gegevens suggereren. De daling die onvoldoende uit de AHN-gegevens naar voren komt betreft met name die van de enkeerdgronden en de vlakvaaggronden die gebruikt zijn om naastliggende lager gelegen gronden, te verhogen

3.2.3 Interpretatie naar aardkundige en archeologische waarden

Landschappelijk is de tendens dat reliëfverschillen afnemen. Dit lijkt voornamelijk te worden veroorzaakt door ruilverkavelingen in het verleden en door toegenomen be-akkering ten behoeve van de maisteelt. Dit laatste vormt een min of meer geleidelijk proces waarvan moet worden aangenomen dat het de komende decennia verder zal voortschrijden. De buiten de geulen gelegen rivierkleigronden verliezen hierdoor plaatselijke reliëfverschillen. De binnen het gebied het hoogst gelegen enkeerdgronden en vlakvaaggronden nemen hierdoor vooral op de van oorsprong hoogste delen, in hoogte af. De lager gelegen randzones van deze gronden nemen, net als de naastgelegen geulen en overige rivierkleigronden in hoogte toe.

Het voor het gebied zo kenmerkende geulpatroon neemt hierdoor sterk in herkenbaarheid af. Slechts geïsoleerde percelen die geheel uit laaggelegen gronden bestaan, hebben tot nu toe hun lage ligging behouden. Door klink zijn deze plaatselijk zelfs gedaald. Door de verlaging van de enkeerdgronden en de vlakvaaggronden, die binnen het gebied de meeste archeologische resten zullen bevatten, neemt de kwetsbaarheid van de archeologische sporen op deze gronden, aanzienlijk toe. Dit is met name het geval op de vlakvaaggronden die niet afgedekt worden door een beschermende eerdlaag. Op de hoogste delen van deze gronden heeft waarschijnlijk al een aanzienlijke aantasting van het bodemarchief plaatsgevonden. Op de enkeerdgronden zal dit niet het geval zijn zolang voldoende van het beschermend bouwlanddek resteert. De overgangszones tussen enkeerdgronden en vlakvaaggronden enerzijds en de rivierkleigronden in de geulen

anderzijds, worden steeds minder herkenbaar. Dit komt echter door toegenomen afdekking met van elders afkomstige grond. Hierdoor is het bodemprofiel op deze overgangen op veel plaatsen waarschijnlijk nog intact en zal ook het bodemarchief hier nog grotendeels aanwezig zijn. Toenemende afdekking maakt het bodemarchief hier mogelijk zelfs minder kwetsbaar voor mechanische aantasting.

3.3 Resultaten Diepenheim

3.3.1 Resultaten van de analyse van hoogtegegevens

Het studiegebied

Het studiegebied bij het dorpje Diepenheim ligt direct ten zuiden van Goor. Het gebied wordt opgedeeld door de Schipbeek; aan de Noordoost-kant ligt een dekzandlandschap en aan de Zuidwest-kant een voormalig veengebied. Het dekzandlandschap is rijk aan reliëf terwijl het Noordijker Veld, vlak van karakter is.

Tijdsdiepte van de analyse

In onderstaande tabel is informatie opgenomen over de tijdsperiode waarin de gebruikte bestanden zijn opgenomen:

Tabel 6 Gegevens over opname van bestanden voor studiegebied Diepenheim

Bestand	Jaar/periode
Oude hoogtepunten	1967 en 1968
AHN	1996
Geomorfologische kaart	1978
Bodemkundige gegevens	1997

Dit betekent dat de analyses van de hoogtegegevens veranderingen over de periode 1967 – 1996 (maximaal) in beeld kan brengen.

Grootschalige veranderingen

Er hebben zich in het studiegebied Diepenheim geen grote veranderingen voorgedaan zoals ruilverkavelingen.

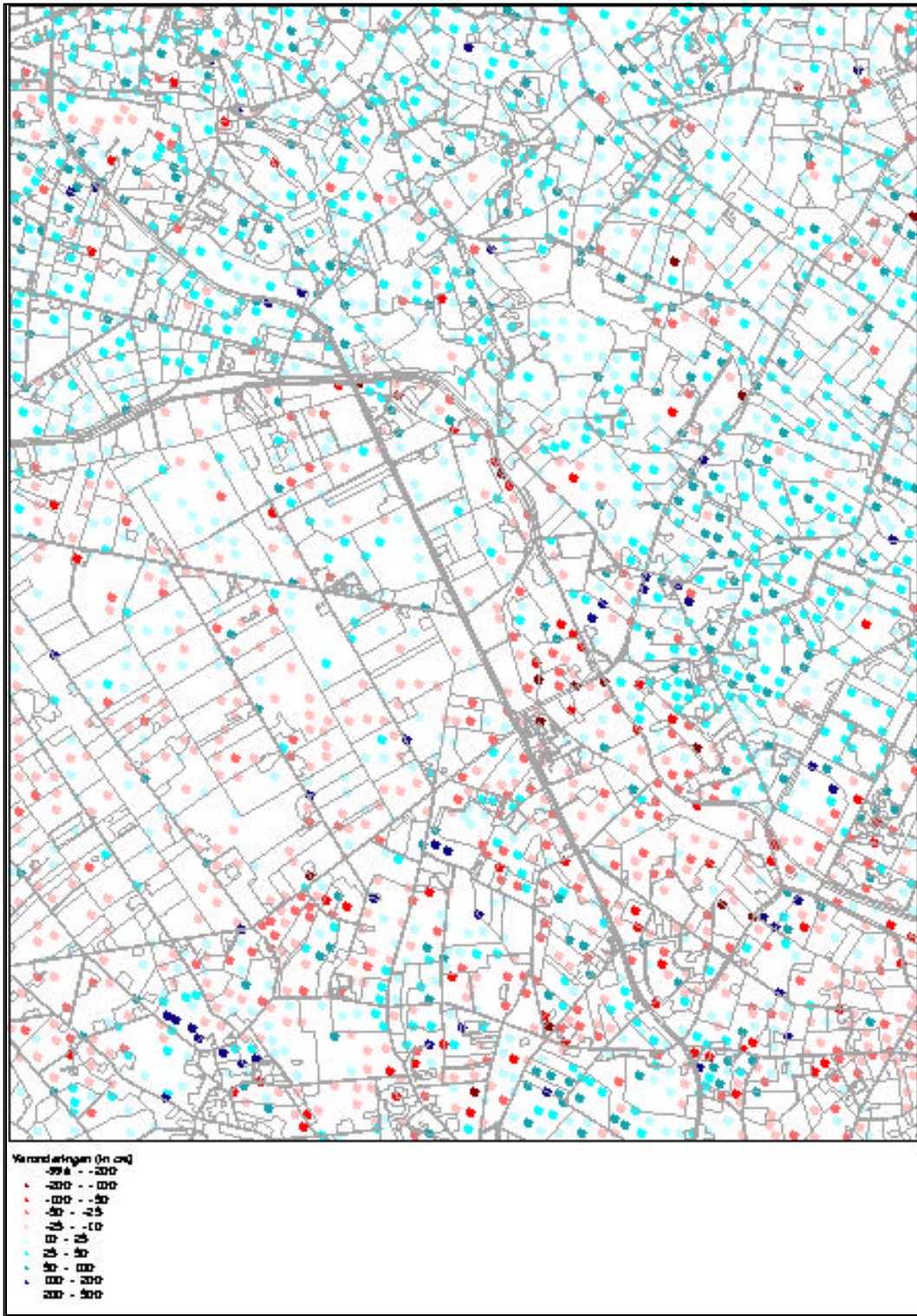
Resultaten van de analyse op basis van hoogtegegevens

In figuur 13 is een puntenbestand te zien dat is gemaakt volgens methode 2. Opvallend is dat het noordelijk deel vooral veel verlaging van het maaiveld laat zien terwijl het zuidelijke deel veel meer ophogingen laat zien.

Wanneer de gemiddelde verandering per kaartvlak van de TOP-10 wordt bepaald volgens methode 3a zoals weergegeven in figuur 14 valt op dat veel vlakken in het noordelijke deel als verlaagd kleuren terwijl met name het gebied in het zuidwesten relatief weinig veranderingen laat zien.

Het beeld herhaalt zich nog eens in figuur 15 als we de gemiddelden bepalen op basis van absolute verschillen(methode 3b) al neemt het aantal percelen dat hoog scoort wel toe.

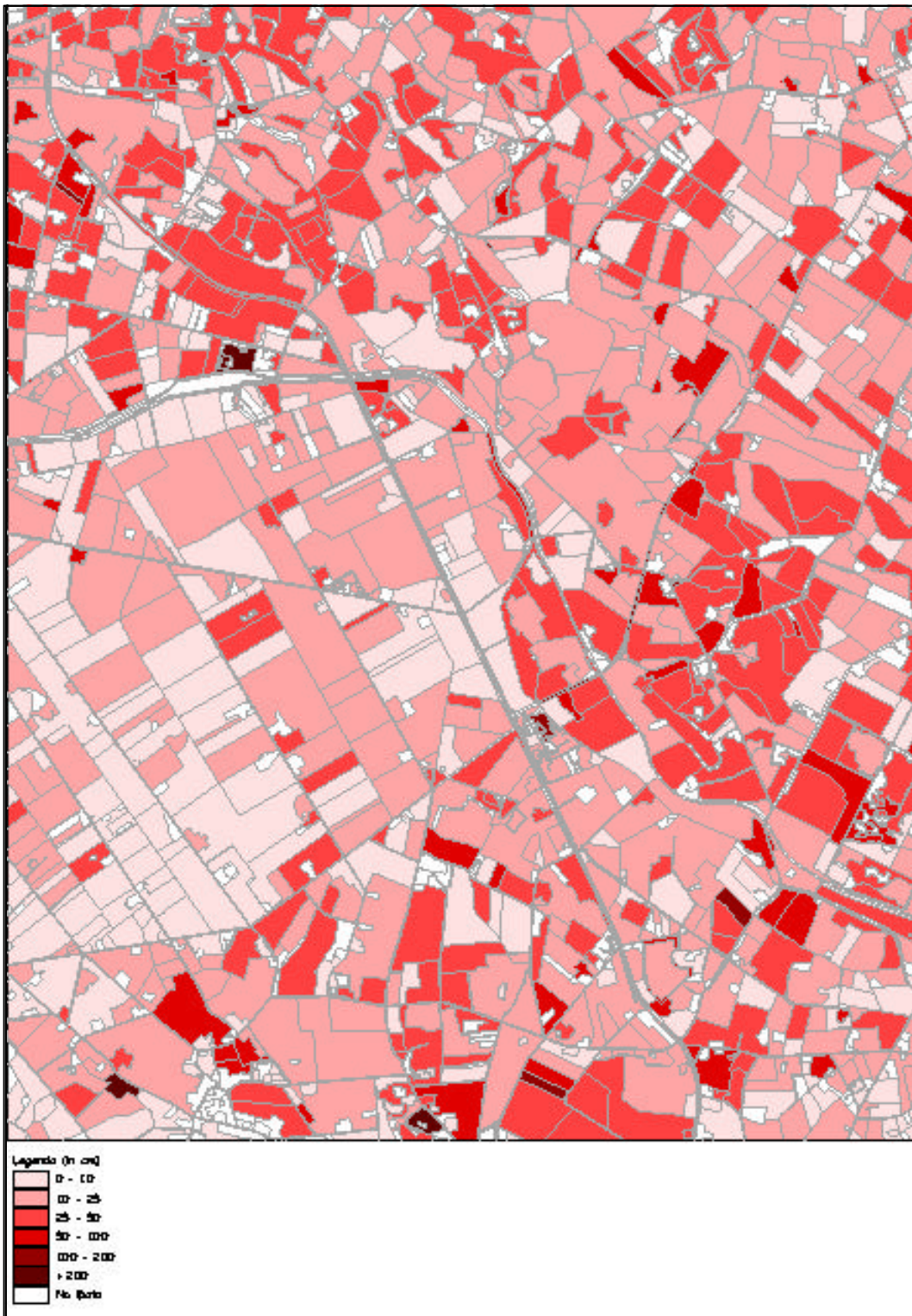
In figuur 16 tenslotte zijn de gemiddelde waarden bepaald per kaartvlak van de Geomorfologische kaart. Opvallend is hier dat een aantal dekzandruggen in het noordelijke deel duidelijk als verlaagd / afgegraven zichtbaar worden.



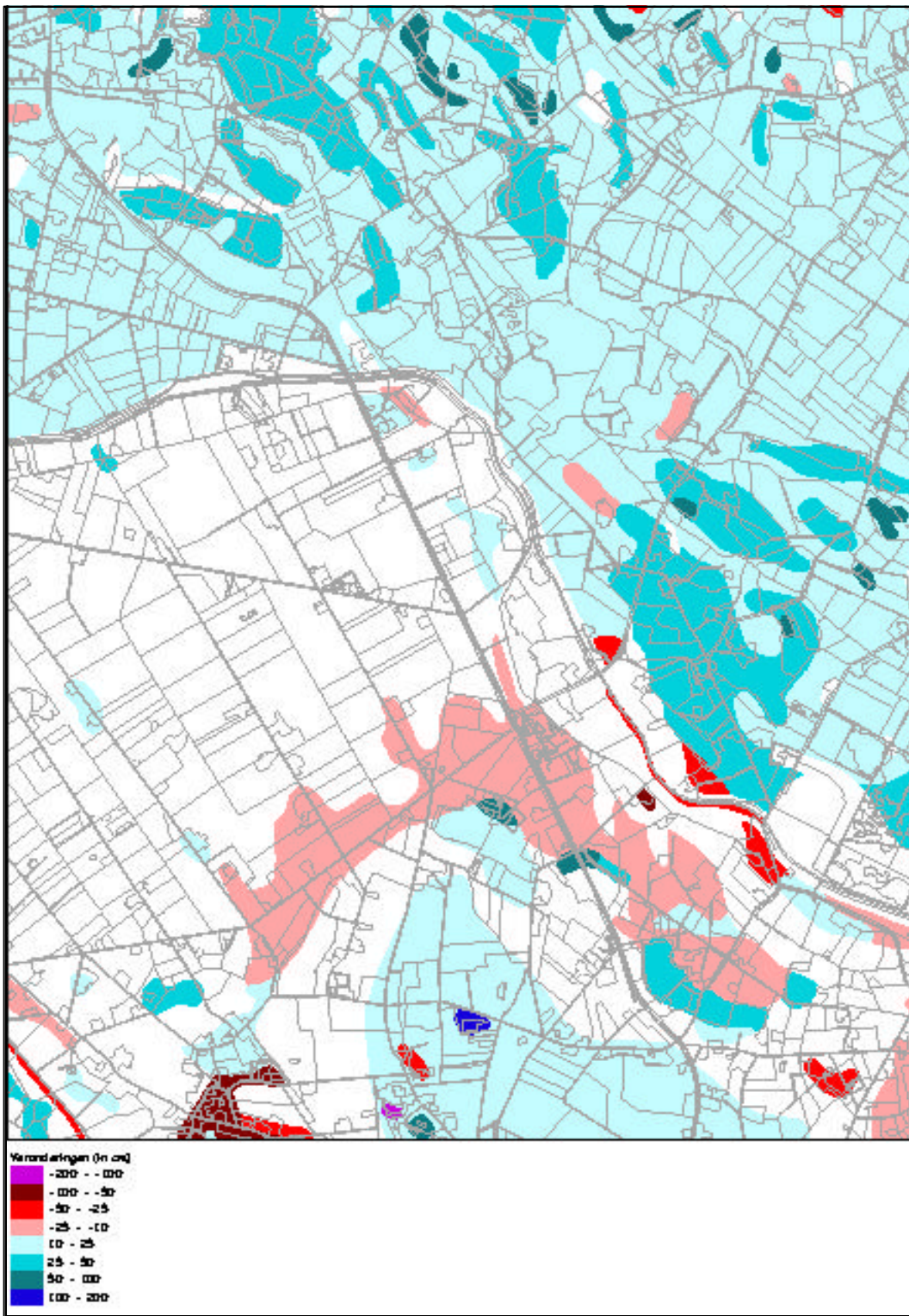
Figuur 13 Methode 2. Verschil in hoogte tussen de oude hoogpunten uit 1967 en het AHN uit 1996



Figuur 14: Methode 2. Gemiddelde veranderingen in hoogte van het maaiveld per vlak uit de TOP-10 tussen de tijdstippen 1967 en 1996



Figuur 15 Methode 2. Gemiddelde verandering op basis van de absolute verschillen in meetpunten tussen 1967 en 1996



Figuur 16 Gemiddelde verandering in hoogte aan maaiveld per kaartvlak van de Geomorfologische kaart tussen 1967 en 1996. Opvallend zijn de afgegraven en geëgaliseerde dekzandruggen in het Noorden en Oosten van het kaartblad

3.3.2 Vergelijking van de hoogtegegevens met boorgegevens

Selectie van boordata

Voor het studiegebied bij Diepenheim is gebruik gemaakt van het in 1997 verrichte booronderzoek in het landinrichtingsgebied Diepenheim (Werf, van der. M.M., 1997). Hier is geboord met een intensiteit van 1 boring per hectare. De bodemkartering in het landinrichtingsgebied Diepenheim valt vrijwel samen met de opname van de AHN-gegevens. Om de hoogte-gegevens op hun juiste waarde te schatten is in dit gebied voornamelijk gezocht naar overeenkomsten tussen velddata en hoogtegegevens. Verhoogd volgens de bodemkartering, moet ook verhoogd zijn volgens de AHN-metingen en omgekeerd.

Binnen het in 1997 onderzochte gebied is voor deze studie gebruik gemaakt van het deelgebied tussen de coördinaten 235-466.5/468.5 en 238-466.5/468.5. Dit deelgebied is gekozen omdat dit doorsneden wordt door enkele van de voor het gebied kenmerkende beeklopen. Bovendien komt binnen dit gebied een grote variatie aan bodemtypen voor.

Bepaling van de toestand van het landschap voorafgaande aan grootschalige (hedendaagse) landinrichtingswerkzaamheden

Van oorsprong bestaat het studiegebied 3 bij Diepenheim uit een door beekdalen doorsneden dekzandlandschap. Vooral de in de directe nabijheid van beken gelegen dekzandruggen en dekzandkoppen, zijn van oudsher in trek als vestigingsplaatsen. In de prehistorie werd het landschap geëxploiteerd vanaf dergelijke min of meer geïsoleerde ontginningsplekken. Het grootste deel van het landschap bleef bebost en was in gebruik voor het weiden van vee, de jacht en het verzamelen van brandhout en ander bruikbaar of eetbaar plantaardig materiaal.

Vanaf de Middeleeuwen nam de bevolking geleidelijk aan toe. Ontginningen werden grootschaliger en het bos werd verder teruggedrongen. Vanaf de Late-Middeleeuwen konden door plaggenbemesting ook de minder vruchtbare gronden in gebruik worden genomen.

De gemeenschappelijke, woeste gronden werden gebruikt voor de winning van de plaggen waarmee de esgronden werden opgehoogd. Geleidelijk aan werden de nederzettingen naar de steeds belangrijker esgronden verplaatst. Deze werden steeds hoger en langs de tamelijk steile randen, beschermd met houtwallen.

In de 19e eeuw werden de woeste gronden omgevormd tot grasland. Vanaf het einde van de 19e eeuw maakte de komst van kunstmest het mogelijk om deze gronden te gaan gebruiken als akkers. Beken werden verlegd en gekanaliseerd.

Geleidelijke schaalvergroting in de 20e eeuw, leidde tot het samenvoegen van percelen, het verdwijnen van houtwallen en het egaliseren van steilranden.

Voor elk bodemtype dat in het onderzoeksgebied is aangetroffen is hieronder aangegeven; wat de kenmerkende opbouw is en wat verstoring van het betreffende profiel voor gevolgen op de intactheid van archeologische resten kan hebben.

Zwarte enkeerdgronden (zEZ33/53)

Deze gronden hebben een humushoudende bovengrond die dikker is dan 50 cm. In het algemeen varieert de dikte tussen 50 en 80 cm (zEZ33/35). Plaatselijk loopt de dikte op tot boven 80 cm (dzEZ33/35). De dikke humushoudende bovengrond is ontstaan ten gevolge van eeuwenlange plagenbemesting.

Het uit de Middeleeuwen en later stammende humushoudende bovendek ligt vaak op gronden die al in de prehistorie en de Romeinse tijd in gebruik waren. Hoewel de eerste aanleg van het humushoudende bovendek tot aantasting van oudere archeologische resten kan hebben geleid, zijn doorgaans veel oude bewoningssporen goed onder dit dek bewaard gebleven. Deze gronden kunnen dan ook veel archeologische resten bevatten die door de afdekking met een dik bovendek nog grotendeels gaaf zullen zijn.

Verlaging van het humushoudende bovendek is pas schadelijk zodra onderliggende archeologische resten hierdoor binnen het bereik van landbouwmachines komen te liggen. Een verlaging van enkele decimeters hoeft hierdoor geen negatieve gevolgen voor de archeologische resten te hebben.

Bruine enkeerdgronden BEZ33/35.

Voor deze gronden geldt hetzelfde als voor de zwarte enkeerdgronden.

Laarpodzolgronden (cHn33)

De laarpodzolgronden hebben een humushoudende bovengrond die in dikte varieert tussen 30 en 50 cm. In het algemeen hebben deze gronden een sterk ontwikkelde B-horizont die zich relatief dicht onder het oppervlak bevindt.

Voor zover deze gronden binnen het onderzoeksgebied voorkomen, grenzen deze aan de enkeerdgronden.

Door hun hoge ligging in de directe nabijheid van oude bewoningkernen en het gebruik als oude bouwlanden kunnen laarpodzolgronden talrijke archeologische resten bevatten.

Zolang geen verlaging plaatsvindt zal de 30 tot 50 cm dikke humushoudende bovengrond onderliggende archeologische resten redelijk beschermen tegen aantasting door groundbewerking. Verlaging van deze gronden zal echter al snel tot gevolg hebben dat onderliggende archeologische resten binnen het bereik van landbouwmachines komen te liggen.

Veldpodzolgronden (Hn31/33/35/51)

De veldpodzolgronden hebben een humushoudende bovengrond die dunner is dan 30 cm. In het algemeen hebben deze gronden een sterk ontwikkelde B-horizont die dicht onder het oppervlak ligt.

Door hun hoge ligging zijn deze gronden met name in de prehistorie erg aantrekkelijk geweest voor bewoning. Hierdoor kunnen deze gronden talrijke archeologische resten bevatten.

Door het ontbreken van een afdekkende laag liggen eventuele archeologische resten in veldpodzolen aan het oppervlak en beginnen grondsporen pal onder de bouwvoor. Verlaging zal dan ook vrijwel direct tot (verdere) aantasting van archeologische resten leiden.

Vlakvaaggronden (Zn51)

De vlakvaaggronden zijn hoge zandgronden met een duinachtige ligging. Bodemvorming beperkt zich in de vlakvaaggronden tot een dunne of vage A-horizont. Plaatselijk zijn vlakvaaggronden ontstaan doordat oude bovengrond in nabijgelegen laagtes is geschoven.

Door de ligging langs laag gelegen, natte gebieden kunnen deze gronden in de prehistorie aantrekkelijke vestigingsplaatsen zijn geweest. De archeologische resten die hierdoor in dergelijke gronden kunnen voorkomen, kunnen door afschuiving van de hoogste delen van de vlakvaaggronden al verloren zijn gegaan. Archeologische resten op de lagere delen kunnen daarentegen door afdekking met afgeschoven materiaal juist beter beschermd zijn tegen mechanische aantasting.

Zwarte beekerdgronden met een dunne eerdlaag (ztZg33/53)

De dunne eerdlaag van de zwarte beekerdgronden bestaat uit een 15-30 cm dikke, donkerbruingrijze bovengrond. Plaatselijk zijn deze gronden geëgaliseerd of tot 40 cm –Mv vergraven.

Bewoning van hogere gronden vond in de prehistorie met name plaats op de hoge gronden nabij beken. Als overgangsgronden tussen dergelijke gronden en de beekdalen, kunnen de zwarte beekerdgronden plaatselijk talrijke archeologische resten bevatten. Doordat de afdekkende eerdlaag maximaal 30 cm is, kan na verlaging al snel aantasting van onderliggende archeologische resten plaatsvinden.

Bruine beekerdgronden (btZg33/35)

De bruine beekerdgronden zijn zandgronden met een 15 tot 30 cm dikke donkergrijsbruine bovengrond waarin ijzerhuidjes voorkomen.

Deze relatief laag gelegen gronden vormen veelal de overgang tussen de beekdalen en de nabijgelegen hogere gronden. Bewoning van hogere gronden vond in de prehistorie met name plaats in de nabijheid van beekdalen. Als overgangsgronden tussen dergelijke gronden en de beekdalen, kunnen de bruine beekerdgronden plaatselijk talrijke archeologische resten bevatten. Doordat de afdekkende eerdlaag maximaal 30 cm is, kan na verlaging van deze gronden gemakkelijk aantasting van archeologische resten door landbewerking plaatsvinden.

beekvaaggronden (Zg31/33/35/51/53/55)

De beekvaaggronden liggen voornamelijk in de beekdalen en verschillen van de beekerdgronden door de aanwezigheid van een dunnere en minder homogene bovengrond. Veel van deze gronden zijn geëgaliseerd of meer dan 40 cm vergraven.

In verband met de lage ligging zullen de beekvaaggronden relatief weinig archeologische resten bevatten. Doordat veelal egalisatie of vergraving heeft plaatsgevonden, zullen dergelijke resten zelden nog gaaf zijn.

Beekeerdgronden met kleidek (k0tZg)

De beekerdgronden met kleidek liggen voornamelijk in de beekdalen en hebben veelal een bruine minerale eerdlaag.

De donkerbruine kleibovengrond is 15-30 cm dik en ontstaan ten gevolge van overstroming.

In verband met de lage ligging zullen de beekerdgronden met kleidek relatief weinig archeologische resten bevatten. Doordat afdekking met een kleidek heeft plaatsgevonden kunnen archeologische resten in dergelijke bodems echter nog wel gaaf zijn.

Leekeerdgronden (tRn02)

De leekeerdgronden hebben een gerijpte zandondergrond en komen voornamelijk voor in de laagste delen van de beekdalen.

De donkerbruine kleibovengrond is 15-30 cm dik en ontstaan ten gevolge van overstromingen.

In verband met de zeer lage ligging is de kans op de aanwezigheid van archeologische resten hierin, klein.

Indien toch archeologische resten aanwezig zijn, kunnen deze door de afdekking met een kleidek nog wel gaaf zijn.

Evaluatie van de waargenomen reliëfveranderingen aan de hand van bodemgegevens

Ten behoeve van de validatie van de AHN-resultaten is gebruik gemaakt van een kaart waarop individuele metingen van het oude hoogtebestand zijn verrekend met op hetzelfde punt vastgestelde gegevens uit het AHN (methode 2). Deze kaart laat maaiveldhoogtestijgingen en -dalingen per punt zien. Stijgingen en dalingen van minder dan 10 cm, zijn hierop niet weergegeven. Deze kaart is vervolgens op de onderstaande manieren vergeleken met in 1995 en 1996 verzamelde bodemgegevens.

Allereerst zijn in figuur 17 de hoogteveranderingen vergeleken met de terreindelen die volgens het in 1995 en 1996 uitgevoerde veldonderzoek zijn geëgaliseerd, vergraven, gedaald of gestegen.

Bestudering van figuur 17 brengt aan het licht dat meetpunten waarop volgens de vergelijking van oude hoogtemetingen met AHN-gegevens sterke stijging of daling is opgetreden (methode 2, 3.2.1), vaak direct naast een perceelsgrens liggen. Mogelijk zijn de sterke veranderingen hier veroorzaakt doordat voor de AHN-metingen in blokken van vijf bij vijf meter gemeten wordt. Indien binnen een dergelijk blok een sloot ligt, kan dit het resultaat sterk beïnvloeden (zie paragraaf 4.2, methode 2). Het lijkt derhalve beter om dergelijke metingen buiten beschouwing te laten.

Van terreindelen waarop tijdens het bodemonderzoek geen stijging, daling, vergraving of egalisatie is vastgesteld, mag verwacht worden dat deze ook volgens de AHN-metingen niet of nauwelijks gedaald of gestegen zullen zijn. Uit figuur 18 blijkt dit inderdaad het geval te zijn (de terreindelen met nummers 1 op de figuur).

De percelen ten westen en ten oosten van de camping (fig.18), worden gekenmerkt door een afwisseling van zwarte en bruine enkeerdgronden, hydropodzolgronden, laarpodzolgronden, hydrozandvaaggronden, hydrozandeerdgronden, beekvaaggronden, zwarte en bruine beekerdgronden en beekvaaggronden. In alle gevallen komen twee of meer bodemeenheden en grondwatertrappen op hetzelfde perceel voor. Gezien de verschillen in hoogteligging en grondwaterstand die op deze percelen hierdoor van oudsher op korte afstand van elkaar voorkomen, wekt het

weinig verwondering dat op deze percelen tijdens het bodemonderzoek grootschalige vergraving is vastgesteld. Dit stemt goed overeen met de talrijke punten op deze percelen waarop volgens de resultaten van de AHN-metingen verlaging is opgetreden. Dit is het geval op alle in figuur 18 met een '2' genummerde terreindelen. Dat volgens de AHN-metingen nauwelijks verhoging heeft plaatsgevonden, vormt een aanwijzing dat de AHN-metingen hier te veel daling weergeven. Hieronder is voor de punten 2a, 2b en 2c, op basis van de bodem- en AHN gegevens gereconstrueerd wat hier gebeurd is.

Op punt 2a is op een perceel de oorspronkelijk het hoogst gelegen zuidelijke helft gebruikt om de lager gelegen noordelijk helft van het perceel mee op te hogen.

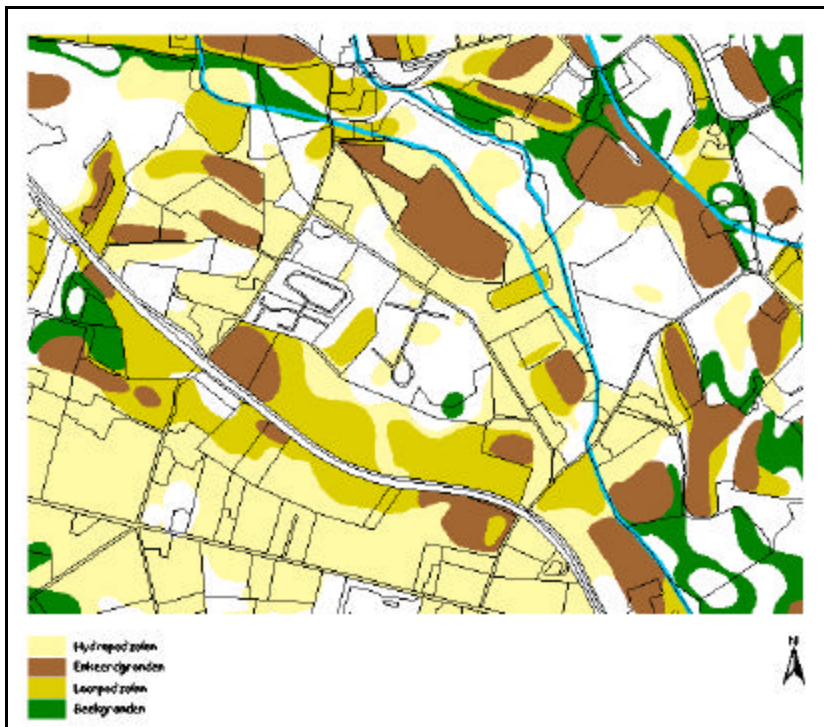
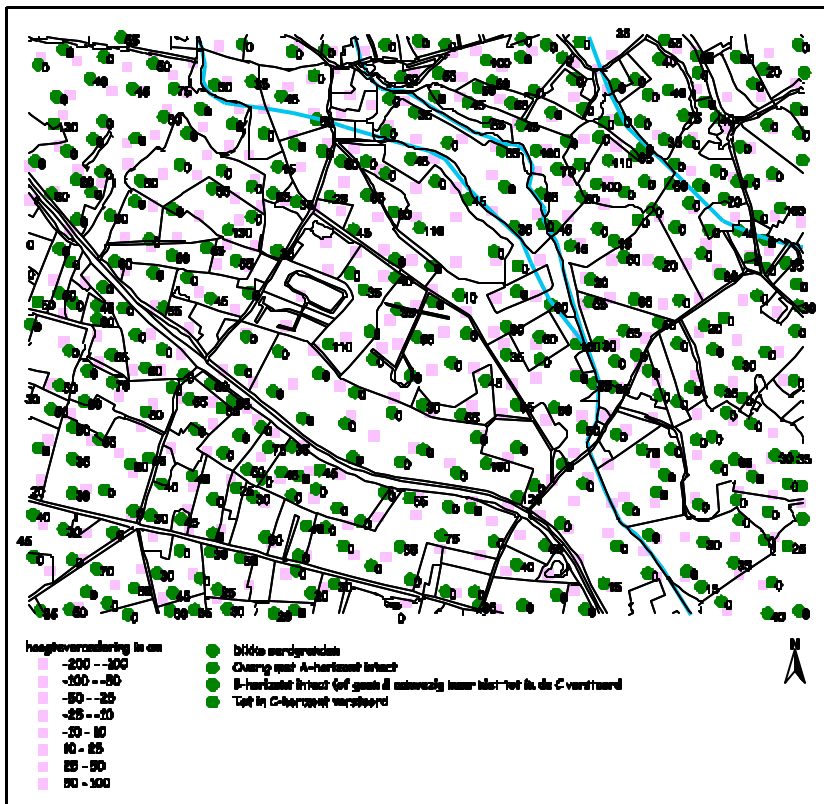
Op punt 2b is een laarpodzol gebruik om de, op het zelfde perceel ten noorden en ten zuiden hiervan gelegen bruine beekerdgronden mee te verhogen.

Op punt 2c lijkt een beekvaaggrond opgehoogd te zijn door de ten westen hiervan gelegen hydropodzolgrond te vergraven.

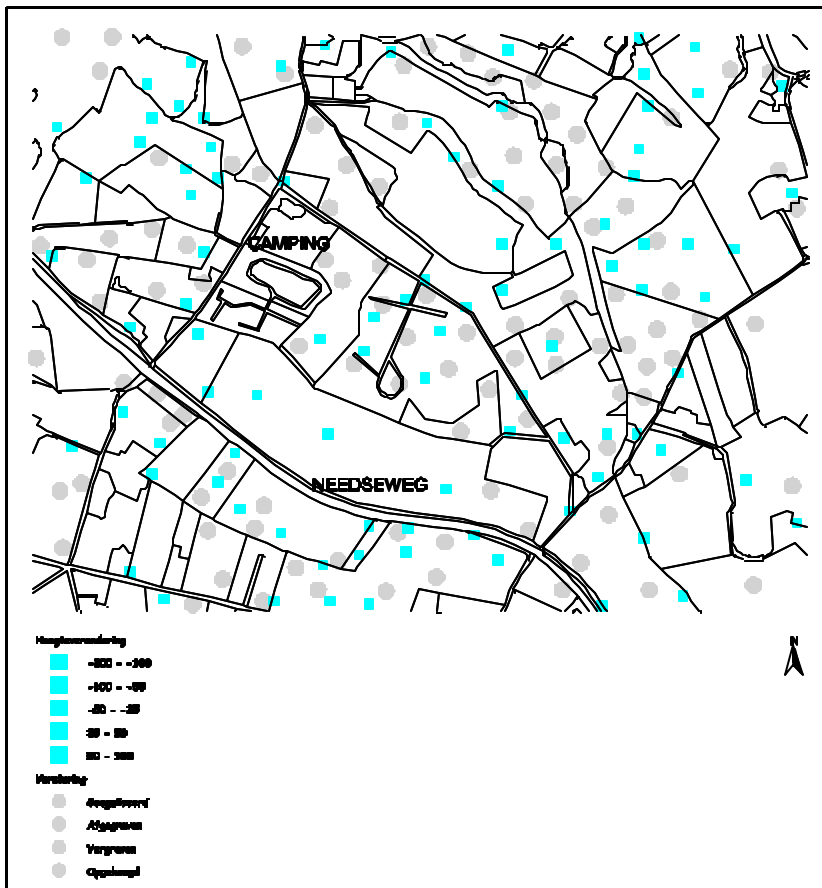
De meetpunten op alle percelen die al tijdens het veldonderzoek geëgaliseerd bleken, zijn volgens de AHN-metingen niet veel gestegen of gedaald zijn (de nummers 3 op de figuur 18). Dit wijst er op dat de egalisaties hebben plaatsgevonden voordat de oude hoogtemetingen zijn verricht.

Verwacht mag worden dat maaiveldhoogteveranderingen vooral optreden waar van oorsprong hoge en lage gronden op hetzelfde perceel liggen. In dergelijke gevallen kan grond immers eenvoudig worden verplaatst door het te verschuiven en hoeft geen grond over de veelal uit sloten bestaande perceelsgrenzen te worden verplaatst. Bovendien hoeven hiervoor geen afspraken te worden gemaakt tussen eventuele verschillende landeigenaren of pachters.

Dit verschijnsel is goed te zien aan weerszijden van de Needseweg (terreindelen met nummer 4). Hier liggen percelen die grenzend aan de weg uit laarpodzolen en zwarte enkeerdgronden bestaan en op enige afstand van de weg, uit hydropodzolgronden. Op de figuur is te zien dat de tegen de weg aan gelegen delen van de percelen, waarop de laarpodzolgronden en de zwarte enkeerdgronden liggen, plaatselijk sterk zijn gedaald. Het blijken vooral de hoogste delen van deze gronden te zijn (de delen met grondwatertrap 7) die zijn gedaald. Het ligt voor de hand dat de daling is veroorzaakt door grondbewerking waarbij grond van de hooggelegen laarpodzolen en enkeerdgronden is verplaatst naar de lager gelegen hydropodzolen. Op twee punten op de oorspronkelijk laaggelegen delen van deze percelen geven de AHN-metingen stijgingen van het maaiveld weer. Een van deze punten (in de noordwesthoek van het perceel) komt overeen met een boorpunt waarop in het veld al ophoging is vastgesteld.



Figuur 17 Informatie over veranderingen aan maaiveld (boven) en bodemverstoring met bodemtypen (onder) in het studiegebied bij Diepenheim



Figuur 18 Vertaling van validatie hoogtegegevens en bodem naar percelen

Op de meest oostelijke van de ten zuiden van de Needseweg gelegen percelen is tijdens het booronderzoek ophoging vastgesteld. Dit betreft een terreindeel (4a) met een hydropodzol met grondwatertrap III dat grenst aan enkeerdgronden en laarpodzolgronden die volgens de AHN-metingen gedaald zijn. Het ligt voor de hand dat de ophoging die in het veld is vastgesteld is veroorzaakt door verplaatsing van materiaal vanaf de naastliggende gronden die volgens het AHN, zijn gedaald. Ook hier vullen de bodemgegevens en de AHN-metingen elkaar bijzonder mooi aan.

Gezien het bovenstaande hoeft geen hoogteverandering te worden verwacht op percelen die in hun geheel bestaan uit hoog gelegen gronden. Deze zullen immers niet verlaagd worden door het afschuiven van grond naar lagere delen, evenmin is hier reden voor ophoging met van elders aangevoerde grond.

Dit verschijnsel is duidelijk zichtbaar op het perceel met nummer 1a. De zwarte enkeerdgronden op dit perceel zijn slechts op een punt gedaald. Verder is op dit perceel geen significante daling of stijging waargenomen.

Op percelen die met een 5 genummerd zijn, is tijdens de bodemkartering vergraving vastgesteld die niet tot uiting lijkt te komen in hoogteveranderingen. Dit kan komen doordat de vergravingen al voor de oude hoogtemetingen zijn verricht. Het gaat hier steeds om gehele percelen of grote delen van percelen. Dit vormt een aanwijzing dat het om planmatige, relatief grootschalige, grondverbeteringen gaat die mogelijk al lang geleden zijn uitgevoerd.

Samenvattend gelden ter evaluatie van de resultaten van de hoogte-metingen voor het landinrichtingsgebied Diepenheim de onderstaande punten:

- 1 Extreme hoogteveranderingen liggen meestal op perceelsgrenzen en zullen overwegend zijn veroorzaakt door het effect van sloten op de AHN-metingen;
- 2 Bodemeenheden binnen het onderzoeksgebied die volgens het bodemonderzoek niet aan egalisatie, vergraving, verlaging of ophoging hebben blootgestaan, zijn ook volgens de via methode 2 vastgestelde hoogteveranderingen niet in hoogte veranderd;
- 3 Gestegen delen betreffen veelal van oorsprong lager gelegen bodemeenheden die grenzen aan relatief hoog gelegen bodemeenheden. Vooral de gronden in de beekdalen zijn hierdoor plaatselijk verhoogd. Dit blijkt sterker uit de bodemgegevens dan uit de hoogte-gegevens;
- 4 Met name de enkeerdgronden, die van oorsprong de hoogste gronden vormen in het gebied, lijken gebruikt te zijn om naast gelegen lagere gronden te verhogen. Dit geldt met name als lage en hoge gronden op hetzelfde perceel liggen;
- 5 Deze naastgelegen lagere gronden zijn volgens de AHN-metingen niet significant in hoogte veranderd. Waarschijnlijk laten de AHN-metingen dan ook teveel daling zien en te weinig stijging.;
- 6 Percelen die deels uit een hoge en deels uit een lage bodemeenheid bestaan. Zijn doorgaans in de richting van de lage eenheid afgevlakt;
- 7 Op relatief hoog gelegen percelen waarop geen verschillende bodemeenheden en/of grondwatertrappen aanwezig zijn, is niet of nauwelijks maaiveldverandering opgetreden;
- 8 Op percelen die in verband met een afwisseling van bodemeenheden en grondwatertrappen zijn vergraven, zijn talrijke maaiveldveranderingen opgetreden;
- 9 Op de hydropodzolgronden en de beekerdgronden zijn plaatselijke reliëfverschillen verminderd door toegenomen en geïntensiveerde beakkering.

Uit de bovenstaande opsomming volgt dat indien rekening wordt gehouden met een oververtegenwoordiging van gedaalde punten en met het vertekenende effect van pal langs sloten gelegen meetpunten, de volgens methode 2 bepaalde hoogte-gegevens een betrouwbaar beeld van de opgetreden reliëfveranderingen opleveren. Hierbij moet worden aangemerkt dat uit de AHN-metingen niet naar voren komt dat het maaiveld in de beekdalen op veel plaatsen is verhoogd. Dit blijkt wel duidelijk uit de bodemgegevens.

3.3.3 Interpretatie naar aardkundige en archeologische waarden

Figuur 18 geeft een beeld van de bodemgaafheid van een deel van het studiegebied. Hierop zijn volgens de AHN-metingen gedaalde punten in roodtinten afgebeeld en gestegen punten, evenals niet-significant in hoogte veranderde punten, in groentinten.

De rode vierkantjes op de figuur betreffen voornamelijk de van oorsprong hoogste terreindelen. Voor de groene vierkantjes geldt juist het tegenovergestelde. Hieraan is te zien dat binnen het studiegebied de tendens is dat reliëfverschillen afnemen. Dit is waarschijnlijk voornamelijk een gevolg van toegenomen be-akkering ten behoeve van de maisteelt. Hiertoe wordt de grond intensiever en dieper bewerkt dan voorheen en zal naar verwachting ook in de toekomst verdere vervlakking van het landschap optreden.

Door de verlaging van de enkeerdgronden en de hoogste delen van de beekerdgronden en de hydropodzolgronden, die binnen het gebied de hoogste archeologische verwachting hebben, neemt de kwetsbaarheid van de archeologische sporen op deze gronden, aanzienlijk toe. Dit is met name het geval op de hydropodzolgronden die niet afgedekt worden door een beschermende eerdlaag. Hier liggen veel van de rode stippen in figuur 18 en heeft waarschijnlijk al een aanzienlijke aantasting van het bodemarchief plaatsgevonden.

De rode stippen geven aan dat buiten de C-horizont, niets van de oorspronkelijke bodem resteert. Het getal achter elke stip geeft de diepte van de bovenkant van de C-horizont in centimeters beneden het maaiveld aan. Indien het slechts 20 of 30 centimeter betreft, moet er vanuit gegaan worden dat de bodem plaatselijk is verlaagd.

Alle boorpunten waarop tijdens het bodemonderzoek nog een intacte A-horizont is aangetroffen zijn als groene cirkels weergegeven. Hierbij zijn de eerdgronden waarop tijdens het veldonderzoek nog een intacte A-horizont is aangetroffen, als donkerder groene cirkels weergegeven omdat het dikke horizonten betreft die een beschermend effect hebben op het onderliggende deel van de bodem en de daarin eventueel aanwezige archeologische sporen. Op de enkeerd- en de beekerdgronden zullen rode vierkantjes (nog) niet betekenen dat het onderliggende bodemarchief is aangetast. Dit zal niet het geval zijn zolang voldoende van het beschermend bouwlanddek resteert.

De van oorsprong het hoogst gelegen zwarte en bruine enkeerdgronden nemen vooral op de hoogste delen, in hoogte af. Slechts geïsoleerde percelen die geheel uit hooggelegen gronden bestaan, hebben tot nu toe hun hoge ligging behouden.

De lager gelegen randzones van deze gronden nemen, net als de naastgelegen beekafzettingen in hoogte toe.

De overgangszones tussen enkeerdgronden, hydropodzolgronden en beekerdgronden enerzijds en de lager gelegen gronden in en langs de beeklopen anderzijds, worden steeds minder herkenbaar. De van oorsprong voor het gebied kenmerkende beekdalen worden hierdoor steeds minder zichtbaar. In figuur 18 is te zien dat langs de, in blauw aangegeven, (voormalige)beeklopen, boringen zijn gezet waarin een intacte A-horizont is aangetroffen onder een laag opgebracht materiaal. Hierdoor zijn de overgangen tussen de beekdalen en de hogere gronden op veel plaatsen waarschijnlijk nog intact en zal ook het bodemarchief hier nog grotendeels

aanwezig zijn. Toenemende afdekking maakt het bodemarchief hier mogelijk zelfs minder kwetsbaar voor mechanische aantasting.

4 Discussie

Dit hoofdstuk is opgedeeld in een discussie over de betrouwbaarheid van de basisgegevens (paragraaf 4.1) over de methode en resultaten (paragraaf 4.2) en over de toepassingen van de resultaten van deze pilot-studie (paragraaf 4.3).

4.1 Betrouwbaarheid van de gebruikte gegevens

Over oude hoogpunten

De bestanden met hoogpunten zijn met de hand (baak en theodoliet) ingemeten en eveneens met de hand ingevoerd. Deze twee stappen kunnen fouten opleveren in het bestand. In de drie studiegebieden in deze pilot zijn geen signalen gevonden dat er gebieden zijn met sterk afwijkende resultaten.

Bij een test van een kaartblad in de omgeving van Wageningen bleek echter dat alle opgenomen meetpunten uit het jaar 1970 waarschijnlijk allen 1 tot 2 meter lager liggen dan in werkelijkheid het geval is. Bij dergelijke constatering is de doorwerking van een structurele meetfout waarschijnlijk de basis.

Ook valt op dat in het studiegebied bij Diepenheim (paragraaf 3.3.1) het gebied ten Noordoosten van de Schipbeek vooral blijkt te zijn verlaagd terwijl het gebied ten Zuidwesten weinig veranderingen laat zien. Dit kan bij Diepenheim verklaard worden door een verschil in landschapstype; het veranderde deel betreft een dekzandlandschap met veel kleinschalig reliëf waar veel egalisaties hebben plaatsgehad terwijl het zuidwestelijke deel een jonge heideontginning betreft waar weinig is veranderd.

Het is enigszins geruststellend dat dergelijke meetfouten in de analyse van hoogtegegevens vrijwel direct opvallen en vergeleken kunnen worden met de bodemgegevens.

Over het AHN

Het AHN wordt opgebouwd met behulp van laseraltimetrie. Deze methode houdt in dat het onmogelijk is om twee keer op exact dezelfde plaats te meten. De betrouwbaarheid van een enkel meetpunt valt daarom niet te controleren. Wel vindt controle plaats met behulp van referentie-vlakken waarbij de systematisch meetfout niet groter mag zijn dan 5 cm met een standaardafwijking van 15 cm.

Het AHN dat in deze studie is gebruikt is het gridniveau van 5m x 5m. Dit betekent dat langs een interpolatiestap gebaseerd op werkelijke meetpunten de waarde voor een gridcel is bepaald. Deze werkwijze brengt eveneens een kleine meetfout ten opzichte van de werkelijkheid met zich mee.

Over bodemgegevens

Hoewel door de tijden heen verschillende beschrijvingsmethoden zijn toegepast, geven alle gebruikte methoden goed inzicht in de mate van intactheid van de bodem ten tijde van het onderzoek. Door de nauwgezette manier waarop de karteerders hun bevindingen hebben genoteerd, zijn deze gegevens opmerkelijk snel te achterhalen.

Het kost hierdoor in de praktijk weinig tijd, zelfs voor de analoge gegevens, om voor relatief grote gebieden te bepalen vanaf welke horizont de bodem op elk boorpunt ten tijde van de kartering nog gaaf was.

4.2 Methode en resultaten

Gedurende het testen van de verschillende methoden is veel ervaring opgedaan met het gebruik en de betrouwbaarheid van hoogtegegevens en de wijze van presenteren van de resultaten. Eerst zullen de verschillende methoden een voor een passeren waarbij vooral naar de betrouwbaarheid en bruikbaarheid van de uiteindelijke resultaten zal worden gekeken.

Methode 1 gebaseerd op interpolatie van het oude hoogtepuntenbestand

Deze methode is uitgetoetst in studiegebied 2 bij Cuijk. Bij controle van de resultaten aan de hand van de geomorfologische kaart van het gebied bleek dat er relatief veel veranderingen geconstateerd waren die moeilijk te verklaren waren. Hogere ruggen leken hoger te zijn geworden terwijl laagten verder verlaagd leken. Dit was niet overeenkomstig de verwachting; temeer daar een ruilverkaveling ervoor heeft zorggedragen dat de hoogteverschillen juist zijn verminderd.

Een plausibele verklaring voor dit resultaat is te vinden in het feit dat de oude hoogtepunten zijn geïnterpoleerd naar een zeer fijnmazig grid terwijl de dichtheid van de meetpunten tamelijk grof is. Hierdoor mist het interpolatiemodel overgangen van hoog naar laag doordat de dichtheid aan punten onvoldoende is om alle overgangen mee te nemen. Het gevolg is dan dat geulen in het interpolatiemodel op basis van de oude hoogtepunten gelijk liggen met het omliggende maaiveld. Deze geulen zijn wel zichtbaar in het AHN. Een vergelijking van oude hoogtepunten met het AHN levert dan het foutieve beeld op dat de geulen sterk zijn verlaagd.

Op basis van deze kennis blijkt dat methode 1 niet goed werkt in dit gebied. Waarschijnlijk geeft de methode in alle gebieden foutieve resultaten, behalve wellicht in zeer vlakke gebieden of zeer regelmatig verlopende lange flauwe hellingen waar het aantal oude metingen voldoende is om het aanwezige reliëf volledig te beschrijven. Samenvattend kan gesteld worden dat methode 1 veel onbetrouwbare resultaten oplevert en dat deze zeker in gebieden met microreliëf niet toepasbaar is.

Methode 2 gebaseerd op verschillen tussen werkelijke meetpunten

Deze methode blijft het meest in de buurt van de oorspronkelijke hoogtegegevens. Slechts de geconstateerde verschillen per meetpunt worden als resultaat weergegeven in een puntenkaart. Het grote voordeel van deze methode is dat de resultaten direct zichtbaar zijn; het nadeel is echter dat het niet erg gemakkelijk is om een overzicht te verkrijgen zoals bij methode 3 het geval is.

Bij het bestuderen van de resultaten valt verder op dat punten die dicht langs grenzen van percelen liggen nogal eens een afwijkende waarde geven (sterk verlaagd of opgehoogd) terwijl dit verder in het perceel niet blijkt. Dit is waarschijnlijk een gevolg van de methode. Steeds is gewerkt met gridcellen van 5m x 5m. Het AHN in het format van 5m x 5m geeft een waarde voor dat grid. Gezien de minimale

dichtheid van 1 meting per 16 m² kan het zo zijn dat de waarde in een gridcel van 5m x 5m is beïnvloed door meerdere waarden. Indien de waarnemingspunten in het talud van een sloot of greppel liggen kan de AHN-waarde lager zijn dan de werkelijke hoogte. Dit heeft in de vergelijking van oude meetpunten met AHN-gegevens tot gevolg dat een punt sterk is verlaagd terwijl dit in werkelijkheid niet zo hoeft te zijn. Een oplossing hiervoor kan zijn om met de werkelijke meetpunten van het AHN te werken in plaats van de bewerkte 5m x 5m gridcellen. De vraag is echter of er dan een hogere nauwkeurigheid wordt behaald bij de minimum dichtheid van 1 punt per 16 m² omdat ook hier de meetpunten zo gelocaliseerd kunnen zijn dat er soortgelijke effecten optreden. Dit punt is in deze pilot-studie niet verder onderzocht.

Overigens moet bij de extreme verschillen tussen de oude hoogtepunten en het AHN die langs perceelsranden voorkomen wel worden vermeld dat het gaat om een klein aantal meetpunten ten opzichte van het totaal. Desondanks kunnen deze meetpunten bij gebruik bij methode 3 wel tot afwijkende resultaten leiden. Het lijkt daarom beter in het vervolg deze punten te filteren zodat zij geen invloed op de resultaten hebben. Tevens komen extremen voor in bebouwde gebieden en langs infrastructuur. Bij nieuwe bebouwing zal het bouwrijp maken van de grond, zeker in laag-Nederland, hebben geleid tot een ophoging van 1 – 2 meter. Deze categorie kan bij de hoogteanalyses achterwege blijven, maar het ophogen betekent ook afdekken van mogelijke archeologische sites. Ook valt op dat veel van de extreme punten langs infrastructuur liggen; met name langs de grotere wegen. Dijklichamen en taluds langs nieuwe snelwegen komen uit de hoogteanalyse duidelijk naar voren (zie studiegebied 1).

Methode 3a en 3b gebaseerd op gemiddelde waarden per kaartvlak

Het centrale idee van deze methode is dat er op basis van meetpunten een gemiddelde wordt bepaald voor een kaartvlak (perceel of vlak uit de Geomorfologische kaart) waarbinnen deze meetpunten liggen. Voor het studiegebied 1 bij Cuijk blijkt het gemiddelde per kaartvlak niet tot bruikbare resultaten te leiden in tegenstelling tot de studiegebieden 2 en 3 (zie verder in deze paragraaf).

In studiegebied 2 bij Uitgeest blijkt dat het gemiddelde per top-10 vlak de maaiveldddaling van een gebied in het Oosten er heel aardig zichtbaar maakt. Dat geldt evenzo voor de taluds en op-en afritten van snelwegen die hier zijn aangelegd. Tenslotte komt ook de aanleg van een golfterrein duidelijk naar voren.

In het gebied bij Diepenheim blijkt methode 3 ook tot aardige resultaten te leiden. Vooral in figuur 16 blijkt duidelijk dat enkele dekzandruggen sterk zijn verlaagd als de kaartvlakken uit de Geomorfologische kaart worden gebruikt.

Verder blijkt bij methode 3 nog dat een aantal punten in de analyse kunnen zorgen voor 'fine-tuning' van het resultaat:

- Bij het selecteren van meetpunten vanuit het oude hoogtepuntenbestand alleen de natuurlijke meetpunten selecteren en gebruiken in de analyse (geldt ook voor methode 2);
- Het aantal meetpunten per perceel op een minimum (2) aantal instellen om te voorkomen dat een kaartvlak op basis van 1 meetpunt in zijn geheel een bepaalde waarde krijgt;

- Alle meetpunten die een verschil laten zien van minder dan 10 centimeter weglaten uit de analyse vanwege de betrouwbaarheid (geldt ook voor methode 2) en de categorie van 10 – 25 centimeter met voorzichtigheid interpreteren (hoe dichter bij 25 centimeter hoe betrouwbaarder);
- Bepaalde vormen van landgebruik geven soms onbetrouwbare resultaten. Dit is vooral het geval bij bos. Ook bebouwing en water zouden beter uit het bestand gefilterd kunnen worden;
- Verder blijkt dat de schaal van het reliëf en de percelering enigszins overeen moeten komen. Is dit door schaalvergroting niet het geval dan worden de resultaten uitgesmeerd over een groot vlak en verliezen hun zeggingskracht. In landschappen waar de schaal van reliëf en percelering redelijk overeen komen blijkt methode 3 redelijk goede resultaten op te leveren.

Samenvattend kan worden gesteld dat methode 1 niet voldoet om de gaafheid van het reliëf en de bodem in beeld te brengen. Methode 2 geeft heldere resultaten maar valt moeilijk over grote arealen te interpreteren. Methode 3 werkt redelijk goed in de studiegebieden bij Uitgeest en Diepenheim.

Overigens geven zowel methode 2 als 3 ook resultaten die moeilijk te verklaren zijn of soms zelfs onverklaarbaar. Met alleen een analyse van hoogtegegevens blijkt het erg lastig om tot een betrouwbaar verhaal te komen. Bodemkundige informatie, die ruim voorhanden is, is als validering van deze methoden onmisbaar. Voor de analyse met bodemkundige data geeft de puntenkaart van methode 2 verreweg de beste aanknopingspunten.

Structurele veranderingen van de hoogte aan maaiveld

In de drie voor deze studie bekeken gebieden komt het niet voor dat structurele verhogingen of verlagingen over een gebied voorkomen die onverklaarbaar lijken. Toch zal dit zich, zeker bij een landsdekkende studie, gaan voordoen. Structurele verhogingen doen zich bijvoorbeeld voor op de Peelhorst waar het maaiveld als gevolg van tektonische werking langzaam omhoog komt. Overigens is het tempo waarmee dit gebied stijgt in de orde van enkele millimeters per jaar en zal gemeten over enkele decennia de structurele afwijking binnen het onbetrouwbaarheidsinterval van 10 centimeter vallen.

Grotere veranderingen komen voor in het gebied van de gaswinning in Groningen en Drenthe waar de bodem in enkele decennia met tientallen centimeters is gedaald en zal blijven dalen en in Flevoland waar de inklinking van de kleibodem zich nog verder zal ontwikkelen.

Bij het toepassen van de methode van veranderingen in de hoogte aan maaiveld zal met de structurele veranderingen dan ook, zeker in gebieden waar dit speelt, rekening gehouden moeten worden.

Werken met boorgegevens

Op basis van de boordata kan altijd bepaald worden waar en in welke mate bodem en reliëf ten tijde van de bodemkartering nog gaaf waren. Zowel oude als recente bodemgegevens geven aan in welke gebiedsdelen bodemtypen liggen die verbeterd

zijn of kunnen worden door ophoging of verlaging en in welke gebiedsdelen bodemtypen liggen die afgegraven zijn of afgegraven kunnen worden om lager gelegen gronden mee op te hogen en te verbeteren.

Verder kan uit zowel oude als recente bodemgegevens worden afgeleid waar bodemeenheden liggen die gevoelig zijn of waren voor daling door krimp en klink. Hoogteveranderingen binnen een perceel kunnen worden vergeleken met de op het betreffende perceelsniveau aanwezige bodemeenheden en grondwatertrappen. Zo kan worden bepaald of de aan de hand van de AHN-gegevens vastgestelde daling en/of stijging verklaard kan worden uit voor de landbouw wenselijke en op basis van bodemgegevens, mogelijke aanpassingen.

Zowel oude als recente boordata bieden hierdoor uitstekende mogelijkheden om reliëfveranderingen mee te controleren, te verklaren en in bepaalde gevallen, zelfs aan te vullen.

Recente boordata hebben het voordeel dat deze direct vergeleken kunnen worden met de vastgestelde hoogteveranderingen en dat kan worden bepaald waar en in welke mate bodem en reliëf op dit moment nog intact zijn..

Boordata die van tientallen jaren geleden dateren zullen, zoals in het geval van Cuijk, zullen veelal een nog grotendeels gave bodem laten zien. Dergelijke oude boordata geven de toestand van het landschap weer zoals deze ongeveer ten tijde van de oude hoogtemetingen was. Er kan dan een goede reconstructie worden gemaakt van het landschap voorafgaande aan de grootschalige, meer recente ingrepen.

Vergelijking met de hoogteveranderingen kan dan het beste plaatsvinden door te kijken of deze verklaart kunnen worden uit aanpassingen van bodem en landschap die op basis van de oude bodemgegevens voor het betreffende gebied verwacht konden worden.

Met behulp van de AHN-gegevens kan vervolgens worden bepaald in welke mate deze veranderingen zijn doorgevoerd en wat hiervan de gevolgen zullen zijn geweest voor de gaafheid van bodem en reliëf.

Door vergelijking met bodemgegevens kan de betekenis van aan de hand van oude hoogtegegevens en AHN-metingen bepaalde hoogteveranderingen, op hun juiste waarde worden geschat.

Zonder vergelijking met bodemgegevens zijn de hoogteveranderingen moeilijk te begrijpen, blijft het beeld van de veranderingen in bodem en reliëf incompleet en kunnen de hoogteveranderingen gemakkelijk een verkeerd beeld wekken.

Zo zou zonder vergelijking met bodemgegevens voor het proefgebied Uitgeest, ten onrechte zijn vermoed dat de AHN-metingen hier teveel daling weergeven.

In het proefgebied Cuyk zou niet duidelijk zijn geworden dat in werkelijkheid sterkere daling is opgetreden dan de AHN-gegevens suggereren. De daling die onvoldoende uit de AHN-gegevens naar voren komt betreft met name die van de enkeerdgronden en de vlakvaaggronden die gebruikt zijn om naastliggende lager gelegen gronden, te verhogen. Bovendien zou niet zijn begrepen wat de oorzaken zijn van de sterke verschillen in de daling en stijging van geulvullingen.

In het proefgebied Diepenheim blijkt uit de AHN-gegevens onvoldoende stijging van het maaiveld. Dit leidt er onder andere toe dat uit de AHN-metingen niet naar voren komt dat het maaiveld in de beekdalen op veel plaatsen is verhoogd. Dit blijkt wel duidelijk uit de bodemgegevens en is zeer relevant voor vaststelling van de mate waarin bodem en reliëf nog intact zijn.

Voor alle proefgebieden geldt dat de relatie tussen hoogteveranderingen en bodemtypen niet zichtbaar zou zijn geworden en dat daardoor veel minder duidelijk zou zijn welke gebiedsspecifieke reliëfvormen verloren gaan.

4.3 Toepassingen

De in deze studie ontwikkelde en toegepaste methode blijkt goed te werken voor een toepassing in de archeologie. Niet alleen kunnen archeologische verwachtingenkaarten sterk verbeterd worden; tevens kunnen gegevens over de gaafheid van bodem en reliëf de archeologische propectie aanzienlijk minder arbeidsintensief maken. Er zullen immers minder boringen nodig zijn indien die gebieden waar grote veranderingen hebben opgetreden vooraf bekend zijn.

Ook is de kennis uit deze pilot-studie goed toepasbaar om een actueel en gedetailleerd beeld te krijgen van de Geomorfologie en vormt de gaafheidskaart een bruikbaar instrument bij landschapsreconstructies, natuurontwikkelings- en verdrogingsonderzoek.

5 Conclusies

Zoals in paragraaf 1.2 van de inleiding is vermeld, is de doelstelling van dit onderzoek te bepalen of op basis van de met het AHN vastgestelde veranderingen in de hoogte van het maaiveld, aangevuld met boorgegevens, een landsdekkend beeld kan worden gegenereerd van de gaafheid van reliëf en bodem in Nederland. Toepassingen moeten mogelijk zijn in de werkterreinen van de archeologie en geomorfologie

Op basis van de resultaten en de discussie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- 1 De analyses op basis van de oude hoogtepunten en het AHN leveren waardevolle resultaten op. Validatie is echter noodzakelijk. Boorgegevens leveren hieraan een onmisbare bijdrage waardoor een betrouwbaar en nauwkeurig beeld ontstaat van veranderingen in reliëf en bodem op een zeer gedetailleerd schaalniveau (perceelsniveau);
- 2 Het gebruik van boorgegevens is niet alleen aanvullend aan de hoogteanalyse maar levert ook een beter inzicht op in de precieze gebeurtenissen in het landschap;
- 3 Zowel oude als recente bodemdata bieden inzicht in de processen die binnen een gebied tot veranderingen van het reliëf leiden of hebben geleid en zijn bruikbaar om aan de hand van AHN-metingen en de oude vastgestelde hoogtegegevens op hun juiste waarde te schatten en te completeren.
- 4 Zonder gebruik te maken van boorgegevens blijft onbelicht wanneer de vergelijking van oude hoogtegegevens met het AHN teveel stijging of daling van het maaiveld aangeven;
- 5 De methode is geschikt om op een landsdekkend niveau uit te voeren. Dit wordt vergemakkelijkt doordat de boorgegevens (ook oude, analoge) snel te achterhalen en te verwerken zijn);
- 6 Resultaten van deze methode kunnen direct gebruikt worden om de Geomorfologische kaart van Nederland te actualiseren;
- 7 De methode levert belangrijke en gedetailleerde informatie op om archeologische verwachtingskaarten aan te vullen met gegevens omtrent de bodemgaafheid en zo aanmerkelijk geschikter te maken als beleidsinstrument.
- 8 Doordat de methode meer oplossend vermogen biedt, kan bij archeologische prospectie doelgerichter booronderzoek plaatsvinden. Ondanks dat het aantal boringen kan afnemen kunnen juist door toepassing van de methode, terreindelen worden onderzocht waar de bodem door afdekking nog gaaf kan zijn.

6 Aanbevelingen

Op basis van de uitgevoerde studie komen de volgende aanbevelingen naar voren:

In de drie studiegebieden is kennis en ervaring opgedaan met de methode. De methode blijkt tot goede en betrouwbare resultaten te leiden. Het is de moeite waard om de methode toe te passen op een groter studiegebied waarbij de besproken punten uit de discussie kunnen worden meegenomen om de methode verder te perfectioneren. Door hiervoor een gebied te kiezen waar grote behoefte bestaat aan meer gedetailleerde informatie over archeologische verwachtingen en/of aardkunde kan beter inzicht verkregen worden in de concrete toepassing in een groter gebied. Tevens kan zo de (tussen)stap worden gezet naar het produceren van een landsdekkend bestand.

Bij een eventueel vervolg zou ook de toepassing van de resultaten voor de historische geografie bekeken kunnen worden; dit veld is in deze studie immers buiten beeld gebleven.

Op basis van de bevindingen uit deze studie, verdient bij een grootschaliger onderzoek de volgende werkwijze de voorkeur:

- 1 Uit gearchiveerde boorgegevens wordt opgemaakt wat de gaafheid van de bodem was ten tijde van het betreffende bodemonderzoek;
- 2 Uit de archeologische databestanden (ARCHIS en AMK) wordt afgeleid waar in het landschap archeologische vindplaatsen zijn aangetroffen, om wat voor vindplaatsen het gaat en onder wat voor omstandigheden hiervan resten zijn aangetroffen. Dit laatste geeft inzicht in de vormen van aantasting die in het landschap hebben plaatsgevonden;
- 3 Uit 2 in combinatie met (cultuur)historische- en geomorfologische gegevens wordt afgeleid welke processen tot de vorming van het landschap hebben geleid en wat voor elementen hierin van oudsher kenmerkend zijn;
- 4 Uit 1, gecombineerd met 2 en 3, wordt afgeleid in welke mate geleidelijke processen, voorafgaande aan hedendaagse ingrepen al aantasting van de bodem hebben veroorzaakt en welke bodemtypen het in welke delen van het landschap betreft;
- 5 Door vergelijking van gearchiveerde boorgegevens met het reliëf ten tijde van het bodemonderzoek, wordt inzicht verkregen in de aantasting van het reliëf op dat moment;
- 6 Vergelijking van oude hoogtegegevens met het AHN-bestand geeft een beeld van reliëfveranderingen die de afgelopen decennia in het landschap hebben plaatsgevonden;
- 7 De uitkomsten van 6 worden vergeleken en aangevuld met de uitkomsten van 5, gearchiveerde bodemgegevens en de aanbevelingen van de bodemkarteerders betreffende grondverbetering;

- 8 Door vergelijking van de uitkomsten van 7 met de resultaten van 1, 2 en 3, wordt bepaald waar in het landschap in welke mate bodem en reliëf nog gaaf zijn;
- 9 In het veld worden de bevindingen van 8, steekproefsgewijs gecontroleerd. Hierbij worden voor het gebied kenmerkende bodemprofielen bemonsterd voor micromorfologische analyse.

Een dergelijke gaafheidkaart voor bodem en reliëf laat zien:

- waar en vanaf welke diepte het bodemarchief nog intact is;
- wat nog van het oorspronkelijke reliëf resteert;
- waar en in welke mate van oorsprong kenmerkende landschapsvormen nog aanwezig zijn.

Op basis van een dergelijke kaart kunnen aanbevelingen worden gedaan omtrent het voorkomen van verdere aantasting van reliëf en bodem vanuit het perspectief van de archeologie (verwachtingen) en aardkunde.

Literatuur

Dijkstra, H., J.F. Coeterier, M.A. van der Haar, A.J.M. Koomen & W.L.C. Salden: Veranderend cultuurlandschap; signalering van landschapsveranderingen van 1900 tot 1990 voor de Natuurverkenning 1997. Wageningen, SC-DLO, 1997. Rapport 544, 182 blz.

Exaltus, R.P., 2003. Bescherming bodemarchief ruilverkavelinggebied Limmen-Heiloo. Provincie Noord-Holland. Eindrapport monitoringonderzoek januari 1994-2001. RAAP-rapport 856. Amsterdam.

J.M.J. Farjon, C.H.M. de Bont, J.T.R. Kalkhoven, A.J.M. Koomen & W. Nieuwenhuizen, 2002. Naar een Steekproef Landschap, ontwerp van een methode en pilotstudie. Alterra-rapport, Wageningen.

Kiestra, E & G. Rutten, 1986. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelinggebied Limmen-Heiloo. Stichting voor bodemkartering rapportnr 1939. Wageningen.

Kleinsman, W.B., Groot Obbink, D.J. & H.J.M. Zegers, 1972. Ruilverkaveling Land van Cuijk, de bodemgesteldheid. Stichting voor bodemkartering rapportnr 837. Wageningen.

Koomen, A.J.M.: Nivellering van het natuurlijke reliëf in Nederland; een verkennende inventarisatie. Wageningen, SC-DLO, 1997. Rapport 531, 32 blz.

Werff van der, M.M., 1997. De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Diepenheim. DLO-Staring Centrum rapportnr 463. Wageningen.