

RGI 3D Topo - DP 1-1

Inventarisatie huidige toegankelijkheid, gebruik en
mogelijke toepassingen 3D topografische informatie
en systemen

ir. Edward Verbree
ir. Friso Penninga
drs. Nico Bakker

3D Topo Report No. RGI-011-01
GIS Report No. 34

December 2005

RGI 3D Topo - DP 1-1

**Inventarisatie huidige toegankelijkheid, gebruik
en mogelijke toepassingen 3D topografische
informatie en systemen**

ir. Edward Verbree
ir. Friso Penninga
drs. Nico Bakker

3D Topo Report No. RGI-011-01

GISr Report No. 34

December 2005

Samenvatting

In Nederland is ook nu, bij het begin van het BSIK Ruimte voor Geo-informatie onderzoek '3D Topografie', al de nodige 3D informatie beschikbaar. Dit rapport inventariseert de hoogtecomponent bij de twee producerende partijen, te weten Topografische Dienst Kadaster en de Adviesdienst Geo-Informatie en ICT (AGI) van Rijkswaterstaat.

ISBN:

ISSN: 1569-0245

© 2005

Section GIS technology

OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies

TU Delft

Jaffalaan 9, 2628 BX Delft, the Netherlands

Tel.: +31 (0)15 278 4548; Fax +31 (0)15-278 2745

Websites:

<http://www.otb.tudelft.nl>

<http://www.gdmc.nl>

E-mail: gist@TU Delft.nl

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or incorporated into any information retrieval system without written permission from the publisher.

The Section GIS technology accepts no liability for possible damage resulting from the findings of this research or the implementation of recommendations.

This publication is the result of the research programme Sustainable Urban Areas, carried out by Delft University of Technology

Inhoudsopgave

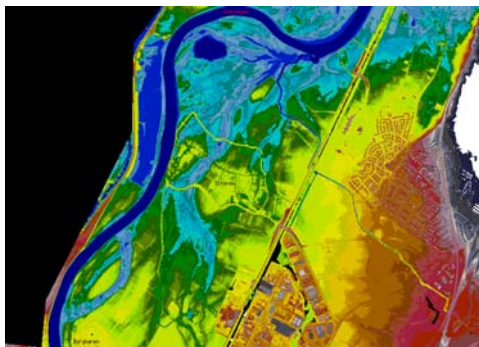
1	Inleiding	1
1.1	3D in Nederland	1
1.2	Aanleiding onderzoek	2
2	3D Topografische informatie en kartering bij TD Kadaster: TOP10vector	3
2.1	Opzet onderzoek	3
2.2	Kartografische hoogtevoorstelling TOP10vector	4
2.2.1	Het hoogtemodel van het terrein	4
2.2.2	De kartografische presentatie van het terrein	5
2.2.3	Terreinelementen: verkenningvoorschriften en inwinning	7
2.3	Conclusies en aanbevelingen t.a.v. Top10vector	10
3	3D Topografische informatie en kartering bij TD Kadaster: TOP10NL	13
3.1	Opzet onderzoek	13
3.2	Probleembeschrijving en oplossingsrichting	13
3.2.1	Problemen bij het afleiden van hoogtevoorstellingen	13
3.2.2	Oplossingsrichting voor het afleiden van hoogtevoorstellingen	15
3.3	Afleiden hoogtevoorstelling uit TOP10NL en DHM	16
3.3.1	Kartografische presentatie van het terrein	16
3.3.2	Kartografische presentatie van terreinelementen	18
3.4	Conclusies t.a.v. TOP10NL	24
4	3D Topografie bij de Adviesdienst Geo-Informatie en ICT	27
4.1	Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)	27
4.2	Digitale Topografische Bestanden van de droge infrastructuur: DTB- Droog	28
4.3	Digitale Topografische Bestanden van de natte infrastructuur: DTB-Nat	29
4.4	Digitaal Terrein Model (DTM)	30
4.5	RWS Waterkeringen	31
4.6	Maaiveldhoogte-informatie (AHN)	32
5	Conclusie	33
Literatuur		35

1 Inleiding

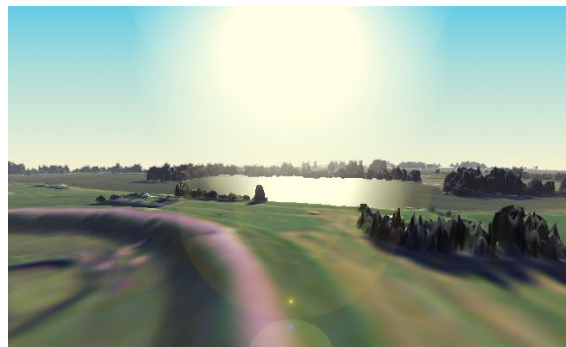
1.1 3D in Nederland

Nederland wordt door veel buitenlanders als vlak ervaren. Met een bereik van 6.76 meter onder NAP in de Zuidplaspolder tot aan de top van de Vaalserberg met 322.50 m boven NAP stelt de hoogte in hun ogen niet zo veel voor. Het gaat daarbij ook om het zogenaamde reliëf, de van plaats tot plaats aanwezige hoogteverschillen, én de steilheid en richting van hellingen. Ook al is in ons land het reliëf gering, zeker in vergelijking met de middel- en hooggebergten, toch is het van grote betekenis voor het grondgebruik en de waterhuishouding. Een deel van dit reliëf is kunstmatig, zoals dijken en kaden, een ander deel is meer natuurlijk van vorm.

Met het gereedkomen van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is het mogelijk geworden aansprekende reliëfkaarten te produceren. Op de website van het Geoloket van de Adviesdienst Geo-informatie en ICT (AGI) van Rijkswaterstaat zijn indrukwekkende voorbeelden te vinden. In figuur 1.1 is een deel van het AHN bij Borgharen in ‘false color’ afgebeeld, waarbij de regenboogkleuren zijn gebruikt om het hoogteverloop aan te duiden. Een andere indruk van het terrein wordt gegeven in figuur 1.2, waarbij het AHN van de IJssel perspectivisch is afgebeeld met een luchtfoto als visuele overlay (drape).



Figuur 1.1 False color afbeelding van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)



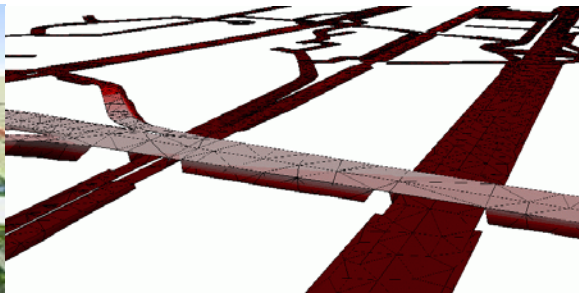
Figuur 1.2 Perspectief van het AHN met gedrapeerde luchtfoto

Een groot nadeel van deze visualisaties is het ontbreken van een directe modelmatige koppeling van de hoogte uit het AHN met de topografie, zoals beschikbaar in TOP10vector en andere producten van TD-Kadaster. Veelal is dit een visuele koppeling, waarbij het lijkt alsof de twee beschrijvingen van het landschap (het AHN voor de hoogte, TOP10vector voor de topografie) met elkaar zijn geïntegreerd. Het voorbeeld in figuur 1.3 is zo'n product, waarbij TOP10vector in rastervorm is gedrapeerd over het AHN.

Een betere aanpak is de daadwerkelijke integratie van de terreinbeschrijving zoals gegeven in TOP10vector met de hoogteinformatie uit het AHN. Figuur 1.4 toont hiervan een voorbeeld. Hierbij zijn topografische objecten opgenomen in een Triangulated Irregular Network (TIN) en is de hoogte afkomstig uit het AHN.



Figuur 1.3 AHN gedrapeerd met raster-afbeelding van TOP10vector



Figuur 1.4 Afbeelding van TOP10vector TIN met AHN-hoogte geïntegreerd

1.2 Aanleiding onderzoek

In het RGI-project '3D-Topo' is voorgesteld de daadwerkelijke 3D representatie te bereiken met een driedimensionale terreinmodellering op basis van zogenaamde Triangulated en Tetrahedronised Irregular Networks. Deze TIN/TEN modellen maken het mogelijk zowel het reliëf van het terrein, als de driedimensionale terreinelementen binnen één landschapsmodel te representeren. Vervolgens kan dan uit dit landschapsmodel een visualisatiemodel en daarmee een kartografische hoogtevoorstelling worden afgeleid. Op dit moment, in het eerste jaar van het project, is geïnventariseerd hoe de huidige stand van zaken rond hoogte in topografische informatie is. In Nederland blijken twee partijen ook een duidelijke hoogtecomponent in hun producten en productieprocessen te kennen, namelijk de Topografische Dienst Kadaster (TD-Kadaster) en de Adviestdienst voor Geo-informatie en ICT (AGI) van Rijkswaterstaat.

2 3D Topografische informatie en kartering bij TD Kadaster: TOP10vector

2.1 Opzet onderzoek

Dit deel van het rapport behandelt de wijze van de kartografische hoogtevoorstelling in TOP10vector bij TD-Kadaster en biedt daarvan uit conclusies en aanbevelingen ten aanzien van de beoogde TIN/TEN terreinmodellering.

Een groot deel van de tekst is gebaseerd op een het rapport ‘Kartografische hoogtevoorstelling TOP10Vector’. Het onderzoek is hoofdzakelijk uitgevoerd door middel van interviews en werkplekgesprekken. De resultaten van deze studie zijn tijdens een workshop “3D Topografie” op 19-05-05 bij de TD-Kadaster in Emmen gepresenteerd.

Dit onderzoek heeft de volgende hoofdvraag:

Wat is de huidige wijze van de kartografische hoogtevoorstelling binnen de TOPvector producten en welke conclusies en aanbevelingen kunnen hieruit worden getrokken ten aanzien van de beoogde TIN/TEN terreinmodellering.

De hoogtevoorstelling kan worden onderscheiden in de beschrijving van het reliëf van het terrein (het 2½D hoogtemodel) en de kartografische presentatie daarvan enerzijds en anderzijds de voorstelling van de topografische elementen met een hoogtecomponent. De hoogte van het reliëf wordt gegeven t.o.v. van het NAP. De hoogte van de elementen met een hoogtecomponent is niet metrisch, maar wordt veelal meer beschrijvend ten opzichte van het overige terrein aangeduid. Door het ontbreken van een metrische hoogteaanwijzing van deze elementen kunnen we niet spreken van 3D-objecten.

Deze scheiding komt ook terug in de volgende deelvragen:

- Op welke wijze wordt het hoogtemodel ingewonnen?
- Op welke wijze wordt dit hoogtemodel opgeslagen?
- Op welke wijze wordt dit hoogtemodel kartografisch gepresenteerd?
- Op welke wijze worden de terreinelementen met een hoogtecomponent gedefinieerd, wat zijn de verkenningvoorschriften en hoe worden ze verkend, ingewonnen en verwerkt?
- Op welke wijze worden deze terreinelementen opgeslagen?
- Op welke wijze worden deze terreinelementen kartografisch gepresenteerd?

Hoewel TD-Kadaster momenteel druk doende is met de conversie van TOP10vector naar het TOP10NL datamodel, is dit deel van het onderzoek nog gebaseerd op de productiewijze van TOP10vector.

2.2 Kartografische hoogtevoorstelling TOP10vector

Bij de beschrijving van de hoogtevoorstelling binnen de TOP10vector moet een onderscheid worden gemaakt tussen de beschrijving van het reliëf van het terrein (het hoogtemodel) en de beschrijving van de terreinelementen met een duidelijke hoogtecomponent. De sectie Geodesie van TD-Kadaster is verantwoordelijk voor het hoogtemodel en de toepassing hiervan bij de vervaardiging van orthofoto's. De sectie Topografie inventariseert op basis van deze orthofoto's en terreinverkenning de topografische elementen, waarvan sommige met een duidelijke hoogtecomponent.

Dit hoofdstuk gaat allereerst in op de inwinning van het hoogtemodel van het terrein en de kartografische presentatie van het terrein, waarna per topografische categorie de betreffende topografische elementen worden behandeld. Daarbij zal zowel gekeken worden naar de verkenningvoorschriften als naar inwinning van de topografische elementen. Tot slot volgt een overzicht van de huidige kartografische presentatie.

2.2.1 Het hoogtemodel van het terrein

De TOP10vector wordt vervaardigd aan de hand van luchtfoto's. Vanwege de vertekening door de stand van opname en terreinhoogtes is het voor de kartering noodzakelijk te werken vanuit een stereomodel of met orthofoto's. TD-Kadaster heeft ervoor gekozen orthofoto's te vervaardigen. Hiervoor worden de luchtfoto's gescand (in uitbesteding) en op basis van een hoogtemodel softwarematig orthometrisch gecorrigeerd.

De basis voor het hoogtemodel is de TOP10MD, een puntbestand met gemiddeld per hectare één kenmerkend hoogtepunt. De TOP10MD is een gezamenlijk initiatief van TD-Kadaster en de toenmalig Meetkundige Dienst (nu: AGI) van de RWS. De actualiteit van de TOP10MD is niet al te hoog, want de data zijn samengesteld uit een scala van metingen tussen de jaren 1950 en 1980. TD-Kadaster heeft daarnaast in duingebieden d.m.v. profielmeting met een raai breedte van 50 meter om de 12,5 meter stereometrisch een hoogtepunt ingemeten. Deze zijn later vervangen door een stelsel van vormlijnen, zoals breuklijnen, ridges en drains. In Limburg waren er ook hoogtelijnen beschikbaar en voor de andere kant van de Nederlandse grens is het geheel aangevuld met hoogtelijnen, gecorrigeerd t.o.v. NAP, uit België (gebaseerd op Oostende Peil = NAP-2,34 m.) en Duitsland. Deze databronnen worden in een Microstation Designfile beheerd.

De TOP10MD is landsdekkend gecontroleerd door de berekende hoogtelijnen te vergelijken met de in het verleden stereoscopisch ingemeten hoogtelijnen. Hiervoor wordt met behulp van de software MGE Terrain Analyst (MGA) allereerst een TIN berekend en vervolgens op basis van dit TIN de hoogtelijnen. Zo nodig wordt de TIN berekening, dus de vorming van de TIN-edges, bijgestuurd door het handmatig toevoegen van extra vormlijnen en het marginaal aanpassen van de hoogtepunten. Dit probleem manifesteert zich vooral bij hoogtepunten met een waarde die dicht in de buurt ligt van een hoogtelijn. Uit een verdere inventarisatie van de gebruikte software blijkt dat deze verbetering ook te behalen is door het toevoegen van zogenaamde 'inferred breaklines'. Een TIN gevormd vanuit alleen hoogtelijnen representeert door het ontbreken van kenmerkende ruggetjes (ridges) en afwateringen (drains) het terrein slecht. De automatisch berekende 'inferred breaklines' zorgen voor een nauwkeurigere beschrijving van het terreinoppervlak.

Het TIN kan vervolgens dienen als basis voor de berekening van een hoogteraster met een celgrootte van 25 meter. Dit hoogtemodel is dan weer vervolgens de basis voor de vervaardiging van de orthofoto's. Tot voor kort (medio 2002) was dit ook de productiewijze. Voor een betrouwbaar hoogtemodel van het maaiveld is het noodzakelijk dat in de TOP10MD de hoogtepunten op man-made of kunstmatige objecten onderscheiden worden. TD-Kadaster hanteert hiervoor een andere classificatie dan de Meetkundige Dienst. Een grondige controle van alle hoogtepunten is daarvoor noodzakelijk geweest. Man-made wil bij TD-Kadaster zeggen dat deze hoogtepunten niet representatief zijn in een hoogteraster met een spatiering van 25 meter. Zo kan een enkel hoogtepunt op een dijk onmogelijk de hele dijk beschrijven en is de gekozen spatiering van 25 meter eigenlijk weer te grof om de dijk goed voor te stellen.

Vanwege deze problematiek en door de introductie van nieuwe software wordt momenteel niet het hoogteraster maar het TIN zelf als basis genomen voor de vervaardiging van de orthofoto's. Het is nu veel eenvoudiger om met weinig datapunten het terrein gedetailleerder te beschrijven. Het systeem van vormlijnen om de duinen te beschrijven is ook toepasbaar voor dijken, bruggen en viaducten. Vroeger werden deze objecten via een omweg in de TOP10vector nauwkeurig ingebracht. Nu is de nauwkeurigheid direct beschikbaar in de orthofoto. De introductie van deze '2½D' objecten is een eenmalig uit te voeren actie.

Het hoogtemodel voor de orthofoto's kan ook op een andere wijze worden verkregen, namelijk door grijswaardematching van een stereopaar. Hoewel de gebruikte software deze optie biedt, wordt dit nog maar spaarzaam toegepast. De noodzaak ontbreekt meestal hiervoor.

Het onderhoud van TOP10MD beperkt zich tot relatieve veranderingen tot aan drie meter in de hoogte. Op globaal niveau wordt geen onderhoud gepleegd. De hoogtewaarden voor Groningen (gaswinningsgebied) zijn daardoor niet recent. Maar aangezien er aldaar geen grote abrupte hoogteverschillen voorkomen is dat voor de vervaardiging van orthofoto's geen groot probleem. Hoogtepunten binnen stedelijke uitbreidingswijken (Vinex-locaties) worden verwijderd en vervangen door vormlijnen of op grijswaarde gematchte punten mits de hoogteverandering meer dan drie meter betreft. Al met al zijn de hoogtepunten zoals deze in de bij TD-Kadaster opgeschoonde en gecontroleerde versie van de TOP10MD voorkomen door de sectie Geodesie betrouwbaar genoeg verondersteld voor de berekening van de orthofoto's.

2.2.2 De kartografische presentatie van het terrein

Vanuit de TOP10MD worden de volgende kartografische hoogtevoorstellingen afgeleid:

Hoogtelijnen

De topograaf beperkt zich tot relatieve hoogteverschillen t.o.v. het maaiveld in het terrein. Alle 'absolute' (t.o.v. NAP) hoogteaanduidingen, zoals de hoogtepunten en hoogtelijnen worden door de sectie Geodesie aangeleverd. De topograaf maakt wel een selectie van welke hoogtepunten er in de kaart worden afgebeeld. Het streven is twee à drie hoogtepunten per kilometervak.

Zowel de hoogtepunten als de hoogtelijnen worden wél opgenomen in de productieomgeving (dgn-files), maar worden niet uitgeleverd in de TOP10vector. Het is voor anderen dan de TD-Kadaster dus niet mogelijk een kaart te produceren met daarin deze hoogte-informatie.

Hoogtelijnen worden weergegeven in duingebieden met een interval van 5 meter en in de rest van Nederland met een interval van 2,5 meter. Het 5-meter interval in de duinen is bewust gekozen vanwege de overlap met de beschikbare duinschaduwing (zie verder). De sectie Geodesie genereert vanuit het TOP10MD-TIN hoogtemodel door het instellen van de juiste parameters de hoogtelijnen met een bepaalde 'smoothing'. De hoogtelijnen hebben daardoor een mooi en glad verloop, maar er moet wel voor onderlinge doorsnijding worden gewaakt.

Hoogtecijfers / hoogtepunten

De hoogtecijfers worden wél opgenomen in de productieomgeving (dgn-file txt), maar worden niet uitgeleverd in TOP10vector. In de topografische kaart op de schaal 1:25.000 zijn de hoogtecijfers wel af te lezen, waarbij de decimale punt van het getal als de locatie van het punt moet worden gezien. Vanuit de TOP10MD wordt een aantal (2 à 3 per kilometervak) kenmerkende hoogtecijfers geselecteerd. De plaatsing ervan is afhankelijk van de beperkte ruimte op de kaart.

Anders dan verwacht hebben de volgende hoogtevoorstellingen geen directe relatie met het TOP10MD TIN-hoogtemodel.

Dieptelijnen (code 622)

De TOP10MD is een hoogtemodel. Hoewel er ideeën zijn om ook de diepte van de meren, rivieren en de kust in het model op te nemen is dat nu nog niet het geval. De dieptelijnen zoals deze nu voorkomen in de TOP10vector worden overgenomen van lodingskaarten van RWS. De hoogwaterlijn (6200) wordt geïnterpreteerd door de topograaf.

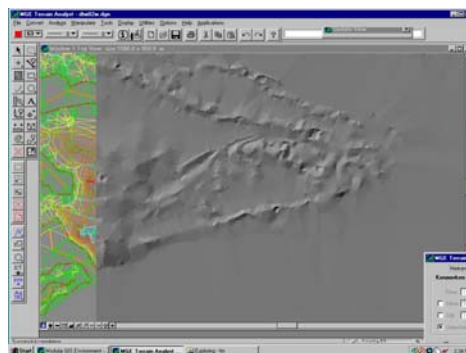
Duinschaduwing

De duinschaduwing zoals afgebeeld in o.a. kaartblad 25A (Haarlem) is ooit (omstreeks 1975) door een kartograaf van TD-Kadaster vervaardigd. Een schaduwering geeft een 'fictief' beeld van de schaduwwerking van de zon die voor dit doel in het noord-westen is geplaatst. Tot aan de jaren tachtig was het maken van een schaduwering ambachtelijk werk, aangezien de kartograaf de vorm van het terrein uit de beschikbare hoogtelijnen moest interpreteren en handgeschilderd in kaart bracht.

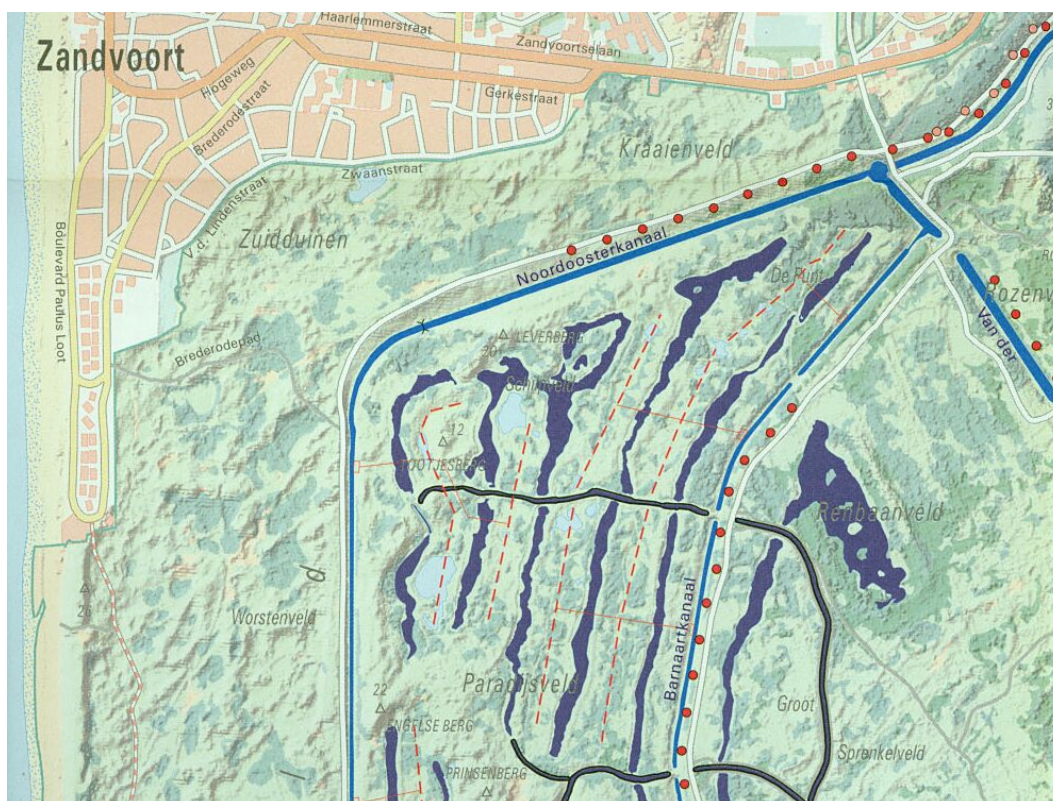
Bij elke 'vernieuwing' van dit kaartblad wordt telkens deze duinschaduwing als een aparte laag op de kaart afgedrukt. De duinschaduwing en de hoogtelijnen in het duingebied hebben anno 2003 dus geen relatie met elkaar en dat is ook zichtbaar. Zie hiervoor figuur 2.1 met een uitsnede van het kaartblad 25A. Dat deze opdruk nog steeds wordt gebruikt is zeker geen technische beperking, maar is meer organisatorisch van aard. In figuur 2.2 is aangegeven dat MGE Terrain Analyst (MTA) zeer goed in staat is om uit het TOP10MD-TIN bestand een keurige schaduwering te berekenen. Als evenwel een hoogtemodel beschikbaar is met een nog hogere ruimtelijke resolutie dan de TOP10MD is er nog een verdere verbetering mogelijk. In figuur 2.3 is een voorbeeld gegeven van een duidelijk betere weergave van duinschaduwing. Deze kaart is in 1997 uitgegeven door de Gemeentewaterleidingen Amsterdam. De basis hiervoor is één van de eerste laseraltimetrie vluchten uit 1994.



Figuur 2.1 Voorbeeld schaduwering TOP10



Figuur 2.2 MGE Terrain Analyst



Figuur 2.3 Voorbeeld schaduwering op basis van laseraltimetrie

2.2.3 Terreinelementen: verkenningsvoorschriften en inwinning

De verkenning geschiedt in twee slagen. Tot 2003 was de werkwijze als volgt: allereerst wordt de nieuwe luchtfoto met behulp van een tafelstereoscoop, waarmee een drie-dimensionaal beeld wordt verkregen, vergeleken met een plot van de meest recente TOP10vector. Op kantoor worden alle elementen die zijn vervallen in de plot in rood gemarkeerd. Alle nieuwe elementen worden in de afdruk van de luchtfoto aangetekend. Voor zover de elementen niet geheel zichtbaar zijn, bijvoorbeeld door afdekking door bomen, maar ook voor nadere attributering van elementen, is een naverkenning in het veld noodzakelijk. Hiervoor stapt de topograaf in de zomerperiode op de fiets om in het terrein zelf alle veranderingen (vervallen en nieuwe elementen) in de luchtfoto aan te tekenen. Daarnaast worden de terreinelementen waarvan het type niet te bepalen was vanuit de luchtfoto alsnog geclassificeerd.

De foto wordt met alle aantekeningen door de sectie Geodesie in uitbesteding gescand. Met behulp van de TOP10MD wordt er vervolgens een orthofoto van gemaakt. Met deze orthofoto op de achtergrond wordt binnen Microstation de TOP10vector vernieuwd. Binnen deze software zijn extra tools gebouwd om een topologisch correct bestand af te dwingen. Zo moeten de diverse vlakvormige terreinelementen rondom sluitend zijn en direct naast de buurelementen liggen. Deze werkwijze van verkenning en kartering is vanaf 2003 gewijzigd.

Bij de huidige werkwijze worden de stereoluchtfoto's digitaal verwerkt in een software-ondersteund fotogrammetrisch systeem. Bij deze methode worden de elkaar overlappende luchtfoto's van het stereopaar met hoge frequentie afwisselend afgebeeld op een beeldscherm. Dit beeld wordt met een speciale polarisatiebril bekeken waarmee een 3-dimensioneel beeld ontstaat, waarin gemeten en geïnterpreteerd kan worden. De mutaties ten opzichte van de vorige bewerking worden verwerkt. Aangezien niet alle informatie uit het luchtfotobeeld kan worden verkregen, wordt een naverkenning uitgevoerd. Hiertoe wordt het bijgewerkte bestand, tezamen met een orthofotobeeld van de luchtfoto op een pencomputer geplaatst waarmee de topograaf in het terrein de aanvullende informatie kan aanbrengen.

Een basisprincipe van TOP10vector is dat het visualisatiemodel in principe onafhankelijk is van het landschapsmodel, zodat de kaart door middel van afbeeldingsregels geproduceerd kan worden vanuit het bestand. Deze afbeeldingsregels zijn niet al te ingewikkeld. Een puntobject wordt aan de hand van de codering afgebeeld als een puntsymbool met een bepaalde kleur. De codering van lijnobjecten bepaalt de lijnarcering, dikte en kleur van de lijnen in de kaart. En dit geldt evenzo voor de codering van de vlakobjecten, die de kleur en eventueel een vlakarcering in de kaart bepaald.

In het kader van dit onderzoek naar de kartografische hoogtevoorstelling zijn de volgende terreinelementen in de huidige TOP10vector van belang:

Hoogteverschillen

Hoogteverschillen worden met schrabjes (arcering) gekarteerd. In TOP10vector worden ze aangegeven met zowel een lijncodering (7220) als met kartografische symbolen. De codering hoogteverschil kan ook als bijcode voorkomen bij een lijnelement met een andere hoofdcode. De punt van het schrabje is gericht naar het laagste punt in het terrein. De bijcode geeft de richting van het hoogteverschil aan, zo is 7228 recht omlaag.

Dijken

Dijken bestaan in drie klassen:

- wal (7150): hoogteverschil met maaiveld: 0,5 – 1,0 meter, aangeduid met een enkele rij schuin geplaatste schrabjes
- lage dijk (7110), hoogteverschil met maaiveld: 1,0 – 2,5 meter, aangeduid met een dubbele schuine driehoekige arcering
- hoge dijk (7100), hoogteverschil met maaiveld: hoger dan 2,5 meter, aangeduid met dubbele rechte (= haaks op de kruinlijn) driehoekige arcering

De lengte van het schrabje is gestandaardiseerd op 6 meter (0,6 mm) als de taludbreedte kleiner is dan 20 meter. Anders wordt met de lengte van het schrabje de

echte breedte van het talud aangegeven (> 20 meter, dus een schrabje groter dan 2 mm). Als er in het kaartbeeld onvoldoende ruimte voor een hoge dijk is, dan kan er gekozen worden voor een walteken. Het hoogteverschil met het maaiveld is het grootste hoogteverschil van de voor- en achterkant van de dijk. Kernmerkende abrupte hoogteverschillen, zoals aardrand/steile kant, krijgen een andere codering en worden ook dusdanig gekarteerd. De indeling in drie klassen heeft een militaire achtergrond (wal biedt liggende bescherming, lage dijk biedt bescherming en een hoge dijk ook voor zwaar materieel).

Hoogbouw

Hoogbouw (1030) bestaat uit bebouwing van meer dan 10 verdiepingen of hoger dan 35 meter. Hoogbouw wordt intern TDN aangeduid met een kleurcode (rood-bruin). Op de afgeleide kaarten wordt dit met afwijkende symboliek afgebeeld.

De hoogte wordt geschat in het terrein. Een deel van de hoogbouw is echter afkomstig (met een Z-component meting) van de sectie Geodesie. Het gaat daarbij om hoogbouw met een zodanig grote omval in de foto, dat de fout in de planimetrische ligging groter zou zijn dan de relatieve nauwkeurigheid van 5 meter. Mocht de ligging van deze hoogbouw echter niet zijn in te passen t.o.v. van de bestaande bebouwingsobjecten, dan kan de topograaf besluiten de ligging ervan in de TOP10vector op te schuiven. De hoogtewaarde van de hoogbouw is na deze Z-component meting bekend, maar deze waarde maakt geen onderdeel uit van de attribuuatgegevens in TOP10vector.

Symbolen

Dit zijn torens (1800), kerken met toren (1810), watertorens (1820), vuurtorens (1850), windmolens (1540), windturbines (1500), oliepompinstallaties (1310), seinmasten (1460), zendmasten, etc. Deze elementen met een kernmerkende hoogte krijgen een aparte code en worden vandaar uit gekarteerd met een symbool.

TOPstakels

Dit zijn elementen welke minimaal 15 meter boven de omgeving uitsteken én binnen een straal van 250 meter vrij liggen. Deze elementen komen deels terug in TOP10vector, zoals de hoogspanningsmasten (4800), maar zijn als geheel leverbaar in een apart bestand. De hoogte van de elementen wordt in eerste instantie door de topograaf in het veld geschat (met een eenvoudige hoekmeting) en later indien mogelijk door de sectie Geodesie stereoscopisch exact (tot op de cm) ingemeten. Zeer dunne obstakels zoals bijv. een vlaggenmast zijn in het fotobeeld soms niet zichtbaar en dus ook niet stereoscopisch in te meten. Hier volstaat men met de schatting door de topograaf. TOPstakels wordt als apart bestand, los van TOP10vector, geleverd.

Bruggen en viaducten

Bruggen en viaducten zijn feitelijk een over- en onderdoorgang van twee andere elementen. (Weg boven + water onder = brug; weg onder + water boven = aquaduct; weg boven + weg onder = viaduct). In TOP10vector wordt dit aangegeven met aparte bijcoderingen; 3 = boven, 2 = onder. Deze codering is beperkt tot 2 niveaus. Dit geeft bijvoorbeeld in Den Haag problemen met 'overkluizingen' bij het Prins Clausplein (meerdere rijbanen boven en onder elkaar) en het Ministerie van VROM (met een tram door het gebouw). In de kaart worden viaducten en aquaducten met een lijnsymbool (code 1371) aangegeven.

Muren en heggen

Muren en heggen (5110) hoger dan 2 meter worden gekarteerd. In bepaalde gevallen kan van een bepaald verkenningvoorschrift worden afgeweken. Zo worden in Zuid-Limburg ook lagere heggen meegenomen, omdat deze kenmerkend voor het terrein zijn.

Overige

Naast voorgaande elementen zijn van belang: ingravingen / holle weg (1720), bomenrijen (1512) en lossen bomen (1500).

2.3 Conclusies en aanbevelingen t.a.v. Top10vector

Dit hoofdstuk en achterliggend onderzoek behandelt de volgende hoofdvraag:

Wat is de huidige wijze van de kartografische hoogtevoorstelling binnen TOPvector producten en welke conclusies en aanbevelingen kunnen hieruit worden getrokken ten aanzien van de beoogde TIN/TEN terreinmodellering.

Ten aanzien van de huidige productiewijze van TOP10vector kan het volgende worden geconcludeerd:

- In de huidige TOP10vector is de hoogtecomponent onderbelicht. Dit geldt zowel voor het hoogtemodel van het terrein zelf als voor de terreinelementen en het komt tot uiting in zowel het 2½D landschapsmodel als in het kartografisch model, welke erop gericht is om in een papieren kaart de hoogtecomponent te visualiseren.
- Het hoogtemodel van het terrein is zeer beperkt en bestaat slechts uit een 2 à 3 hoogtepunten per km² en hoogtelijnen met een interval van 2,5 meter. Deze informatie wordt wel gebruikt voor de productie van de kaart 1:25.000, maar wordt niet meegeleverd aan de eindgebruikers van TOP10vector. Binnen TD-Kadaster is echter wél een redelijk betrouwbaar en up-to-date hoogtemodel beschikbaar, dat wordt gebruikt bij de productie van de orthofoto's en voor de berekening van de hoogtelijnen. Dit hoogtemodel, gebaseerd op de aloude TOP10MD, is zeer geschikt voor een eerste vorm van een TIN terreinmodellering en wordt al zodanig in het productieproces toegepast.
- De hoogte van de diverse terreinelementen met reliëf is veelal relatief t.o.v. de overige terreinelementen. Pas na het visueel relateren van nabije en overlappende elementen is de onderlinge hoogteverhouding duidelijk. De kartografische symbolen (schrabjes, viaductsymbolen, etc.) zijn daarbij onontbeerlijk. Het huidige productieproces staat in sommige gevallen (zoals bij hoogbouw) toe één kenmerkende hoogte aan de terreinelementen te koppelen, maar dat heeft alleen zijn toepassing voor een correcte planimetrische ligging van deze terreinelementen.

Ten aanzien van de huidige productiewijze van TOP10vector kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Gebruik het interne terreinhoogtemodel, gebaseerd op de TOP10MD, voor de vervaardiging van duinschaduwingen van de kartografische hoogtevoorstelling van TOP10vector. De huidige productieomgeving van TD-Kadaster staat dit toe en het model is zeer geschikt voor de weergave doeleinden van 1:10.000 tot 1:25.000. De discrepantie tussen de huidige verouderde weergave (anno 1975) en de nieuw berekende hoogtelijnen wordt zo vermeden.
- De marketingafdeling van TD-Kadaster zal kunnen besluiten om het interne terreinhoogtemodel van TD-Kadaster beschikbaar te stellen aan de eindgebruikers als onderdeel van TOP10vector. Dit hoogtemodel is door het interne productieproces voldoende verbeterd en up-to-date gebracht om te kunnen dienen voor de berekening van hoogtelijnen en het vervaardigen van eenvoudige 3D-visualisaties.

Ten aanzien van de beoogde TIN/TEN modellering van de toekomstige TOP10NL gelden de volgende aanbevelingen:

- De TIN/TEN terreinmodellering maakt het mogelijk binnen één datamodel alle punt-, lijn-, vlak-, en volumeobjecten te representeren en daarbij geometrische bewerkingen en topologische relaties te implementeren. Voorwaarde is dat zowel het terrein zelf als alle terreinelementen een zekere hoogtecomponent bezitten. Deze hoogtecomponent kan per object worden gegeven d.m.v. één attribuutwaarde of in de geometrie zelf worden vastgelegd.
- Stel een objectmodel op om aan de hand van de gegeven TOP10vector elementen of de toekomstige TOP10NL objecten complexe 3D-terreinelementen, zoals viaducten en verkeerspleinen, te kunnen samenstellen. De gegeven elementen moeten al voldoende hoogte-informatie in zich herbergen om deze complexe terreinobjecten te kunnen creëren.
- Om de hoogtewaarde van de diverse terreinelementen te kunnen bepalen is het noodzakelijk een koppeling met andere bestanden te leggen of het productieproces van de TOP10vector, of in de nabije toekomst de TOP10NL, aan te passen. De koppeling zou kunnen bestaan uit het Actueel Hoogtemodel Nederland (AHN), maar de hoogte van de meest kenmerkende terreinelementen kan ook tijdens het productieproces bij TD-Kadaster bepaald worden. Onderzoek moet uitwijzen wat de voor- en nadelen van beide methoden zijn.

3 3D Topografische informatie en kartering bij TD Kadaster: TOP10NL

3.1 Opzet onderzoek

Dit hoofdstuk richt zich op de hoogtecomponent binnen TOP10NL. Een groot deel van de tekst is gebaseerd op het rapport 'Kartografische hoogtevoorstelling binnen TOP10NL, Inventarisatie mogelijkheden op basis van TOP10NL uitgebreid met een Digitaal Hoogtemodel'. In dit rapport is gekeken naar de mogelijkheden om meer met een hoogtecomponent te doen binnen de nieuwe TOP10NL.

3.2 Probleembeschrijving en oplossingsrichting

3.2.1 Problemen bij het afleiden van hoogtevoorstellingen

Het afleiden van een geschikte hoogtevoorstelling vanuit de objecten in TOP10NL is nu nog niet goed geregeld. Vaak is er sprake van pragmatische tijdelijke oplossingen om toch hetzelfde kaartbeeld uit TOP10NL te kunnen genereren als uit de oude TOP10vector. De objecttypen waarbij dit het meest in het oog springt zijn taluds en ongelijkvloerse kruisingen.

Taluds werden in TOP10vector weergegeven met een gerichte lijn (vaak gedigitaliseerd uit ouder materiaal) met als codering bijvoorbeeld 'rechts omlaag', om zo vast te leggen aan welke zijde de schrabjes geplaatst dienen te worden. Deze schrabjes zijn weer afzonderlijke geometrieën die langs deze lijn met vaste tussenafstand geplaatst werden. In gevallen waarbij dit geen bevredigend resultaat gaf, werden enkele schrabjes verwijderd of handmatig verplaatst.

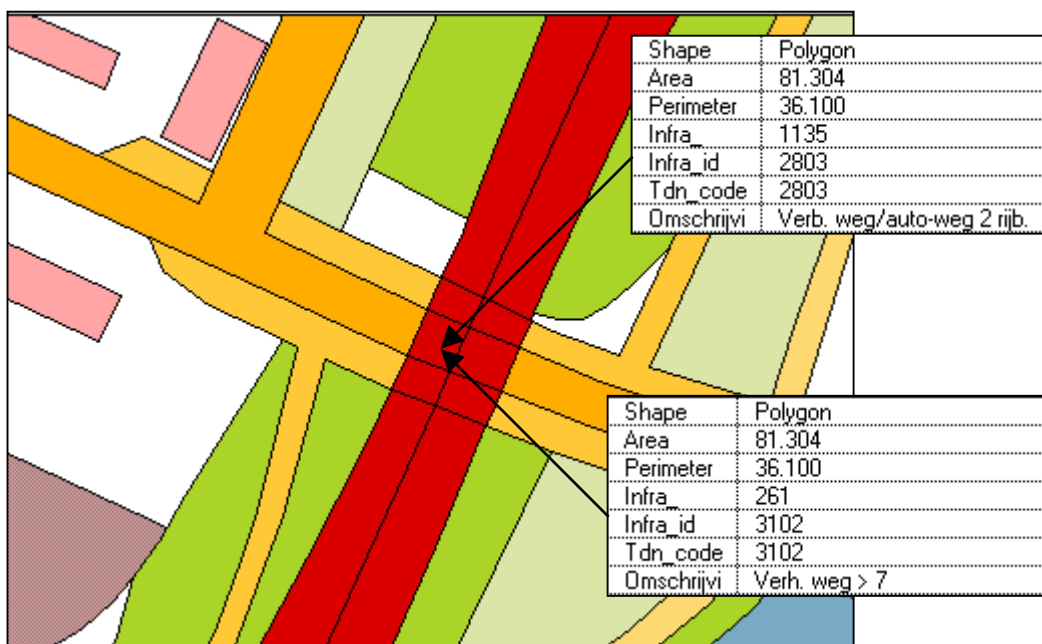


Figuur 2.1 Schuine schrabjes geven een lage dijk weer en rechte een hoge dijk (fragment uit papieren 1:25.000 Topkaart)

In TOP10NL was het oorspronkelijke idee om taluds als gesloten vlakken weer te geven, waarbij meerdere coderingen mogelijk waren, bijvoorbeeld ‘weiland’ en ‘talud’. Om tot dergelijke vlakken te komen, zou de onderzijde van de schrabjes (zoals beschikbaar in TOP10vector) als input kunnen dienen, evenals inwinning door de topograaf. Vervolgens kunnen de uiteinden van boven- en onderkant van het talud met elkaar verbonden worden, om zo een gesloten vlak te verkrijgen. Aangezien de TOP10NL structuur voorziet in driedimensionale geometrieën, zouden de grenzen van het talud-vlak in 3D vastgelegd kunnen worden, waarmee duidelijk wordt welke lijn boven en welke lijn onder ligt. Met behulp van een aanvullend algoritme zouden de schrabjes dan automatisch tussen beide lijnen geplaatst kunnen worden.

De 3D geometrie wordt op dit moment echter nog niet gebruikt en daarom is er voor een alternatieve methode gekozen. Er zijn nu in plaats van een vlakobject meerdere lijnobjecten gecreëerd, vaak op de kant van wegen: de reliëfobjecten. Onderaan het talud is ook een dergelijke lijn gecreëerd en zo zijn momenteel per talud twee afzonderlijke lijnobjecten beschikbaar. Tussen deze twee lijnen kunnen vervolgens de schrabjes geplaatst worden. De exacte ligging van de lijnen wordt primair bepaald door de gewenste ligging van de schrabjes en dus niet noodzakelijkerwijs door de daadwerkelijke begrenzingen van het talud.

Bij viaducten hoopte men met de introductie van de TOP10NL structuur op een oplossing voor de beperkte mogelijkheden van de huidige codering die aangeeft of een wegvlak van boven zichtbaar is of niet (code eindigend op ‘3’ resp. ‘2’). In figuur 2.2 is hier een voorbeeld van gegeven. De polygoon waar de pijlen naar wijzen komt twee keer voor, een keer als deel van de oranje weg (TDN_code 3100 (overige aanbevolen bewegwijzerde route voor gemengd verkeer, een rijbaan, breder dan 7 meter)) en een keer als deel van de rode weg (TDN_code 2803 (overige aanbevolen bewegwijzerde route voor autoverkeer met gescheiden rijbanen)). De 3 in 2803 geeft aan dit vlak van bovenaf zichtbaar is, de rode weg gaat dus over de oranje weg heen.



Figuur 2.2 Laatste cijfer codering geeft aan of een vlak zichtbaar is van bovenaf of niet (fragment uit digitale TOP10vector in ArcView)

Aangezien deze codering slechts een onderscheid in twee categorieën kent (wel of niet zichtbaar) en het lastig is om te reconstrueren welke weg (de west-oost weg of de

noord-zuid weg in figuur 2.2) boven en welke onder ligt (bij ongelijkvloerse kruisingen van wegen uit de zelfde categorie), was het de intentie om in de TOP10NL structuur hier een betere oplossing voor te vinden. De structuur biedt hiervoor twee mogelijkheden. In de 3D geometrie of eventueel zelfs alleen in het optionele hoogte attribuut zou kunnen worden vastgelegd hoe hoog (in absolute hoogte) de wegvlakken liggen om hieruit te kunnen bepalen welke wegdelen waarop aansluiten en welk wegvlak in de kaart getekend moet worden. Wederom geldt dat de 3D geometrie niet beschikbaar is, net als de hoogte om het hoogte attribuut te vullen, waardoor het niet eenvoudig mogelijk is om te bepalen welke wegdelen op elkaar aansluiten.

Om de situatie toch enigszins te verbeteren ten opzichte van de TOP10vector structuur is de wel/niet zichtbaar classificatie vervangen door een niveau codering. Met de niveaus wordt de volgorde van boven naar beneden vastgelegd, dus niveau 0 is het bovenste niveau, niveau -1 ligt daaronder, -2 weer daaronder enzovoort. Hiermee kan in complexe situaties (denk aan verkeerspleinen) waarbij meer dan twee wegen elkaar kruisen, in ieder geval de onderlinge ligging bepaald worden. Het blijft echter lastig om te bepalen welke wegdelen samen een weg vormen, omdat opeenvolgende wegdelen nog steeds als bijvoorbeeld 0, 0, -3, -2, 0, -1, 0 gecodeerd kunnen worden, waarmee de vraag overeind blijft aan welk kruisingsvlak een naastgelegen wegdeel gekoppeld moet worden. De relatie weg-wegdeel kan echter wel vastgelegd worden in de naamgeving.

Naast de bovengenoemde objecttypen, waarbij voor de hoogtevoorstelling een aantal pragmatische 'work-arounds' zijn gevonden, zijn er ook problemen die nog helemaal niet opgelost zijn in de nieuwe structuur. De schaduwing is hier een goed voorbeeld van. De schaduwing is verouderd, aangezien deze ooit handmatig vervaardigd is op basis van de toenmalige situatie. Deze schaduwing wordt apart bewaard en bij kaartproductie over de kaart heen gelegd, waardoor nu vaak schaduw en hoogtelijnen (die wel steeds opnieuw afgeleid worden uit het up-to-date hoogtepuntenbestand) niet overeen komen. Deze schaduwing zou beter kunnen worden afgeleid uit de AHN [8], zoals al aangegeven in het eerdere rapport in deze serie [12]. Voor de vervaardiging van hoogtelijnen is het de vraag of het nodig is om hiervoor gebruik te maken van het AHN of dat de punt dichtheid van TOP10MD (één hoogtepunt per hectare) volstaat voor deze toepassing.

3.2.2 Oplossingsrichting voor het afleiden van hoogtevoorstellingen

Het spreekt voor zich dat voor het afleiden van een hoogtevoorstelling de beschikking over enige vorm van hoogtegegevens vereist is. Deze hoogtegegevens kunnen echter op vier verschillende manieren beschikbaar zijn:

Objecten volledig in 3D beschreven

In de ideale situatie is de 3D geometrie beschikbaar als eigenschap van een object. Dit betekent dat van een weiland niet alleen de grenzen in 3D bekend zijn, maar ook de vorm van het weiland zelf, dus dat bijvoorbeeld ook glooiingen binnen het weiland zijn vastgelegd. Een dergelijke representatie kan worden verkregen door in een datastructuur een terreinmodel te combineren met de topografische objecten. Deze aanpak wordt voorgesteld in onder andere (Penninga, 2004a en Verbree, 2002).

Objecten met 3D grenzen

Een tweede manier om hoogtegegevens te combineren is het vastleggen van de grenzen van topografische objecten in drie dimensies. Hierbij mist de informatie over

de vorm van het object zelf, maar voor een aantal toepassingen is die vorminformatie ook niet nodig. Bij een vlakobject 'talud' is het van belang om te weten in welke richting de schrabjes geplaatst moeten worden en dat kan bepaald worden op basis van 3D grenzen. Voor het afleiden van schaduwingen of hoogtelijnen volstaat de 3D grenzen aanpak echter niet.

2D Objecten met een hoogteattribuut

Een derde vorm om hoogtegegevens toe te voegen aan objectgegevens is het gebruik van een hoogteattribuut, waarmee één representatieve hoogte voor een object wordt vastgelegd. Een dergelijke hoogte legt direct de relatie tussen ongelijkvloers kruisende weggedelen vast, maar is weer niet bruikbaar bij taluds, omdat het daarbij juist draait om hoogteverschil.

Hoogtemodel los van objecten

Voor voorgaande drie aanpakken geldt dat ze vergaande gevolgen hebben voor het data inwinnings- en beheersproces. Voor de vierde methode geldt dit echter niet. Het is een zeer pragmatische aanpak waarbij de hoogtegegevens niet met de objectgegevens worden geïntegreerd, maar alleen tijdens bewerkingstappen de relevante hoogtegegevens worden opgevraagd. Dit zou betekenen dat in de objectstructuur ook een apart digitaal hoogtemodel opgeslagen moet worden.

3.3 Afleiden hoogtevoorstelling uit TOP10NL en DHM

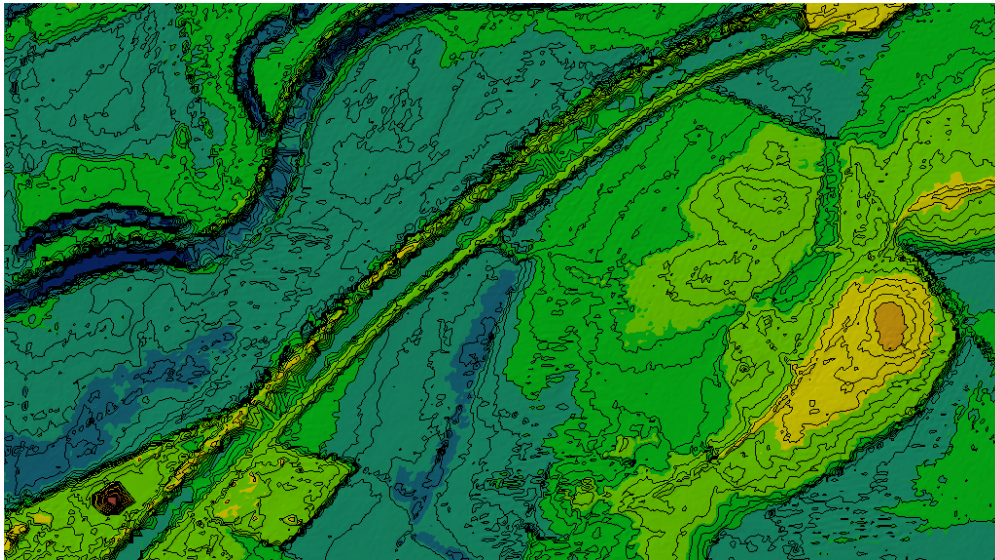
In hoofdstuk 2 van dit rapport is een onderscheid gemaakt tussen de kartografische presentatie van het terrein en de kartografische presentatie van terreinelementen. Dit onderscheid zal ook in dit hoofdstuk worden aangebracht. In dit hoofdstuk worden alle geïdentificeerde topografische elementen met een hoogtevoorstelling behandeld en zal per element bekeken worden of en hoe de gewenste hoogtevoorstelling kan worden afgeleid uit TOP10NL, aangevuld met een Digitaal Hoogtemodel.

3.3.1 Kartografische presentatie van het terrein

De volgende kartografische hoogtevoorstellingen werden tot nu toe afgeleid uit de TOP10MD (gemiddeld één punt per hectare):

Hoogtelijnen

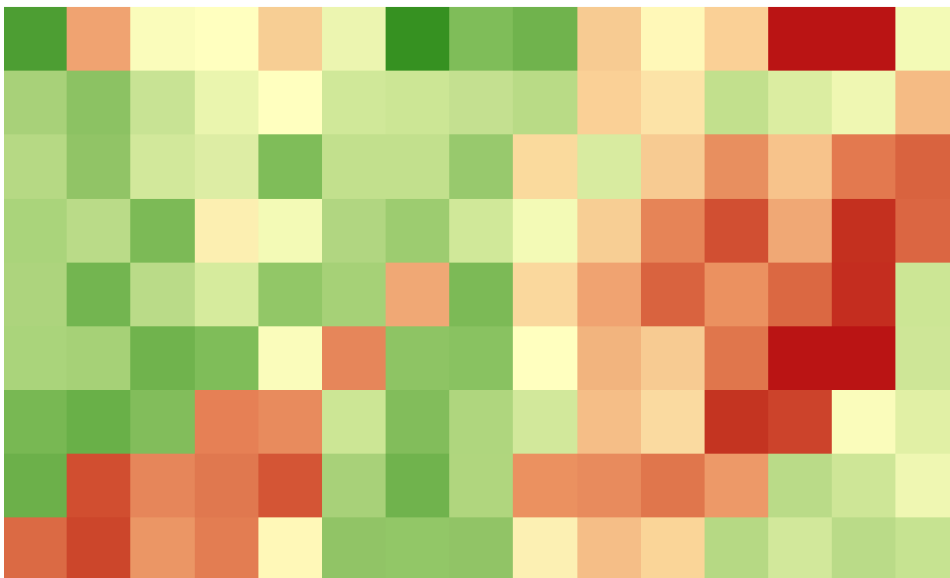
Hoogtelijnen kunnen berekend worden op basis van een TIN, waarbij punten met gelijke hoogte met elkaar verbonden worden. Afhankelijk van de softwareomgeving is het soms ook mogelijk om te zorgen dat deze hoogtelijnen voldoende 'smooth' verlopen. Om enigszins een indruk te geven van de mogelijkheden in figuur 4.1 een klein stukje AHN waarbij met behulp van de 3D Analyst extensie van ArcGIS 9 hoogtelijnen zijn gegenereerd. Omdat er geen AHN datasample van echt heuvelachtig terrein beschikbaar was, is hier gekozen voor kleine intervallen tussen de hoogtelijnen om zo toch een indruk te kunnen geven van de mogelijkheden. De hoogtelijnen zoals weergegeven hebben nog geen nabewerking ondergaan. Zichtbaar is dat zowel generalisatie als smoothing nog toegepast moeten worden om een rustig hoogtelijnen beeld te verkrijgen.



Figuur 4.1 Uit een TIN op basis van het AHN (5x5 meter) afgeleide hoogtelijnen

Hoogtecijfers / hoogtepunten

Bij kaartproductie worden nu 2 à 3 kenmerkende hoogtepunten per vierkante kilometer opgenomen. Op deze punten worden de bijbehorende hoogtecijfers afgedrukt. Dergelijke hoogtepunten zouden ook, al dan niet automatisch, uit het hoogtemodel kunnen worden geselecteerd. Het is zowel mogelijk om algoritmes te gebruiken om kenmerkende hoogtepunten te selecteren (bijvoorbeeld lokale minima of maxima) als om juist representatieve hoogtes voor een bepaald gebied af te leiden. De eerste optie is niet standaard beschikbaar in ArcGIS, de tweede wel. Het in figuur 4.2 afgebeelde grid is afgeleid uit het TIN uit figuur 4.1, waarbij voor elke gridcel (van een hectare) de gemiddelde hoogte is bepaald. Uit een dergelijk raster kan snel een representatieve hoogte op een bepaalde locatie worden opgevraagd.



Figuur 4.2 Uit een TIN afgeleid grid (celgrootte 1 hectare) met per gridcel de gemiddelde hoogte

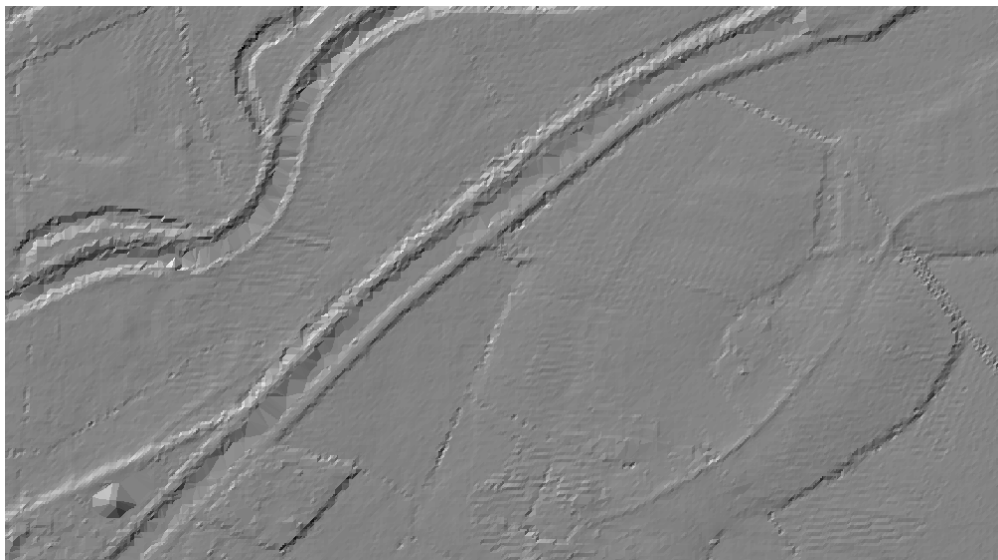
Naast de twee kartografische hoogtevoorstellingen die worden afgeleid uit de TOP10MD (en waarvoor ook een ander hoogtemodel gebruikt kan worden) zijn er in (Verbree, 2003) ook twee hoogtevoorstellingen van het terrein geïdentificeerd die nu niet worden afgeleid uit de TOP10MD:

Dieptelijnen

De reden dat dieptelijnen niet uit de TOP10MD worden afgeleid is eenvoudig dat het alleen hoogtes beschrijft op land. Ook in laserscandatasets zoals het AHN is dit het geval; in deze methode ontbreekt ook de hoogte van het wateroppervlak omdat water als eigenschap heeft dat het de laserpulsen absorbeert en daarmee hoogtemeting onmogelijk maakt. Als gevolg hiervan zitten er 'gaten' in het AHN, oftewel punten waarop geen hoogte bekend is. Indien dieptemetingen beschikbaar komen, zijn deze heel goed te integreren in een hoogte TIN, omdat deze punten in de gaten in het AHN zullen vallen.

Duinschaduwing

De duinschaduwing zoals die nog steeds aan het kaartbeeld wordt toegevoegd is ooit (omstreeks 1975) handmatig vervaardigd door een kartograaf van de Topografische Dienst. Door de tijd heen is deze nooit meer bijgewerkt, waardoor de duinschaduwing niet meer overeenkomt met de (wel geactualiseerde) hoogtelijnen. Het berekenen van een schaduwering is zeer goed mogelijk op een TIN en standaard functionaliteit in vrijwel elke softwareomgeving die met TINs om kan gaan. In figuur 4.3 is een voorbeeld te zien van een schaduwering die is berekend met behulp van de 3D Analyst in ArcGIS 9. De gebruikte dataset bevat niet echt veel heuvels, maar de werking is langs de dijken goed zichtbaar.



Figuur 4.3 Schaduwering afgeleid uit het TIN met behulp van ArcGIS 9

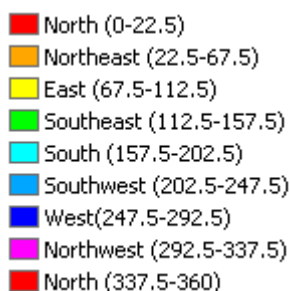
Schaduwering wordt in GIS-pakketten vrijwel zonder uitzondering berekend op basis van TINs. In eenvoudigere pakketten wordt ook vaak gewerkt met hoogtegrids als uitgangspunt. Vaak bestaan dergelijke aanpakken uit twee fases, waarbij eerst een schaduwering wordt berekend die vervolgens in een tekenpakket als Photoshop wordt nabewerkt. Uitvoerige beschrijvingen van de mogelijkheden van tal van eenvoudige softwarepakketten zijn te vinden op de websites Reliefshading (<http://www.reliefshading.com>) en Shadedrelief (<http://www.shadedrelief.com>).

3.3.2 Kartografische presentatie van terreinelementen

In (Verbree, 2003) zijn verschillende terreinelementen geïdentificeerd die een bepaalde hoogtevoorstelling krijgen. Deze worden hieronder (soms gegroepeerd) behandeld:

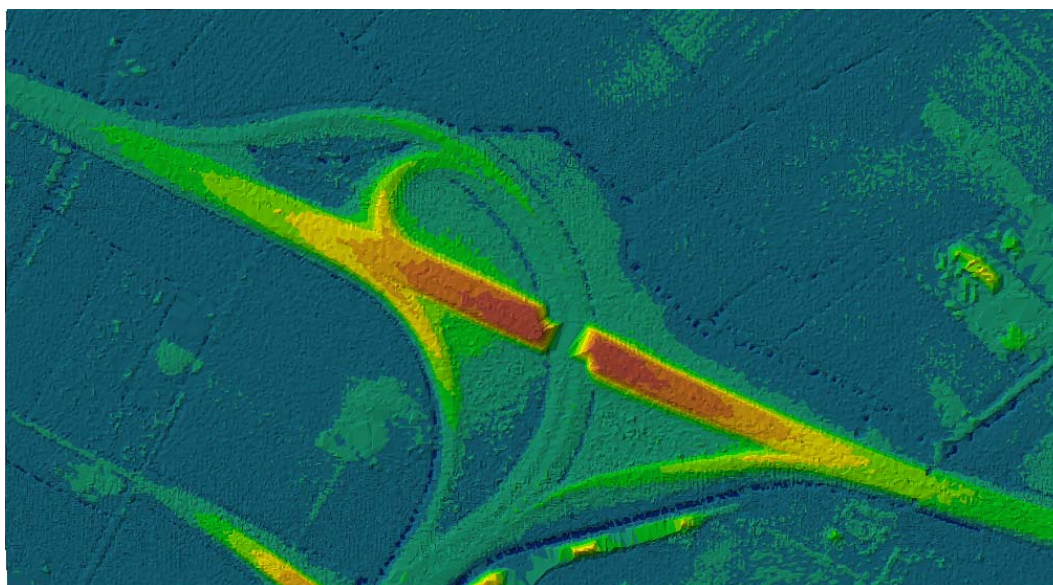
Hoogteverschillen en Dijken

Deze twee categorieën zijn samengenomen omdat ze beide gevisualiseerd worden met behulp van schrabjes. Aan schrabjes is zowel te zien wat boven en wat onder is in het hoogteverschil als in welke richting het hoogteverschil verloopt. In figuur 4.5 is vier keer een TIN weergegeven met daarin o.a. een snelwegviaduct. In figuur 4.5a is het TIN ingekleurd op basis van hoogte, in b en c op basis van *aspect*, oftewel de richting waarin de driehoek naar beneden loopt, uitgedrukt in graden. 0 graden is noord, 90 oost, etc. (zie figuur 4.4)

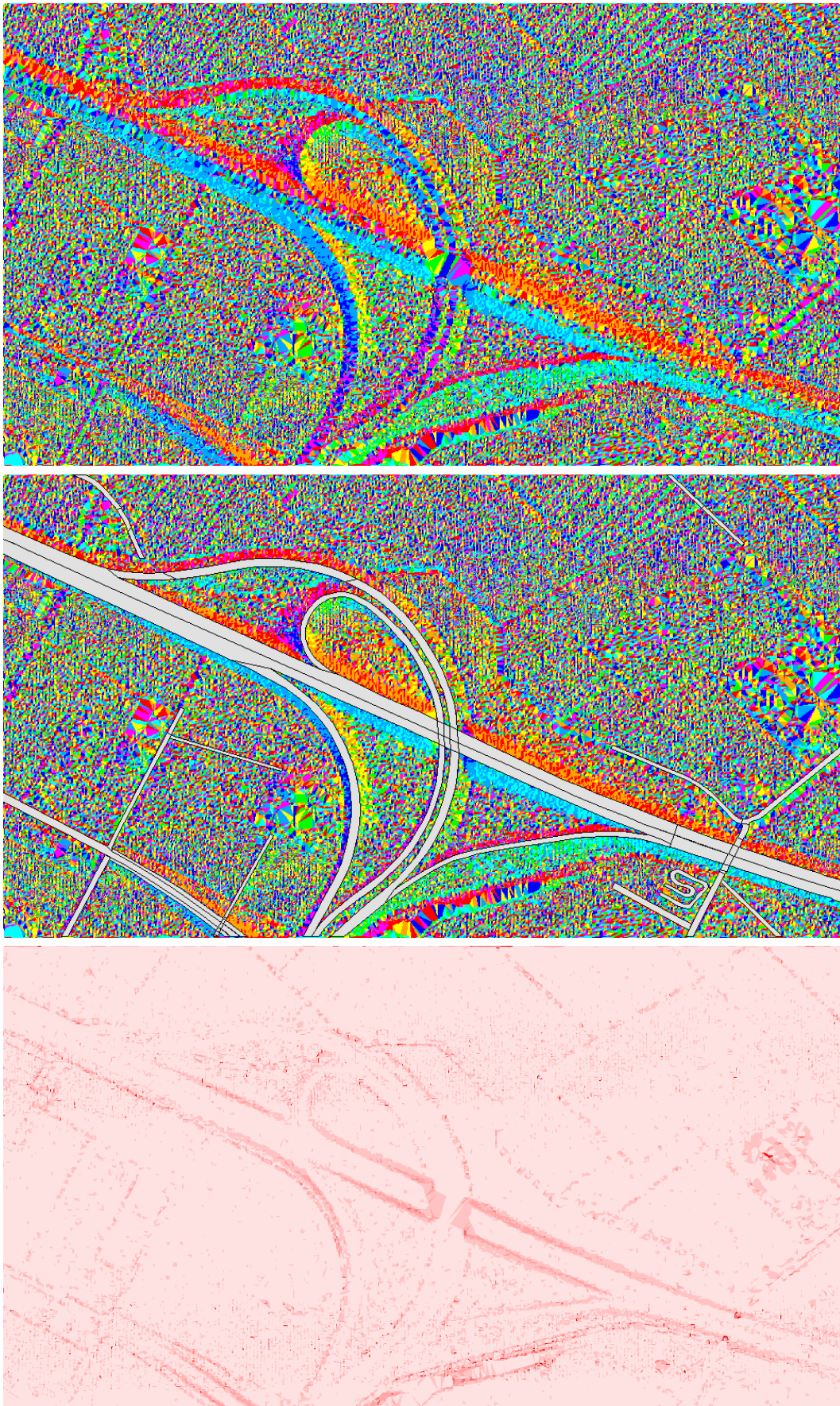


Figuur 4.4 Legenda *aspect* kaart

In de figuren 4.5b en c is goed te zien dat bij duidelijke hoogteverschillen, zoals bij taluds, vrijwel alle driehoeken in dezelfde richting aflopen. Op vrijwel vlakke gebieden verschillen de *aspects* van driehoeken enorm. Zeker als ter verduidelijking ook de wegen op het TIN worden afgebeeld (figuur 4.5c), is duidelijk zichtbaar dat de taluds af te leiden zijn uit de data uit het hoogtemodel. Als nu de driehoeken met vergelijkbare *aspect* geclusterd worden, ontstaan vlakobjecten van taluds. De gemiddelde *aspect* is ook direct de richting waarin de schrabjes getekend moeten worden. Binnen een dergelijk taludvlak kan de taludbreedte bepaald worden, om daarmee de lengte van de schrabjes vast te leggen. Ook de grootte van het hoogteverschil kan zo bepaald worden om in het geval van een dijk de goede classificatie toe te kunnen kennen (wal, lage dijk of hoge dijk). Om de kwaliteit van het resultaat nog verder te vergroten kan naast de *aspect* ook gebruik worden gemaakt van de helling van elke driehoek (figuur 4.5d)



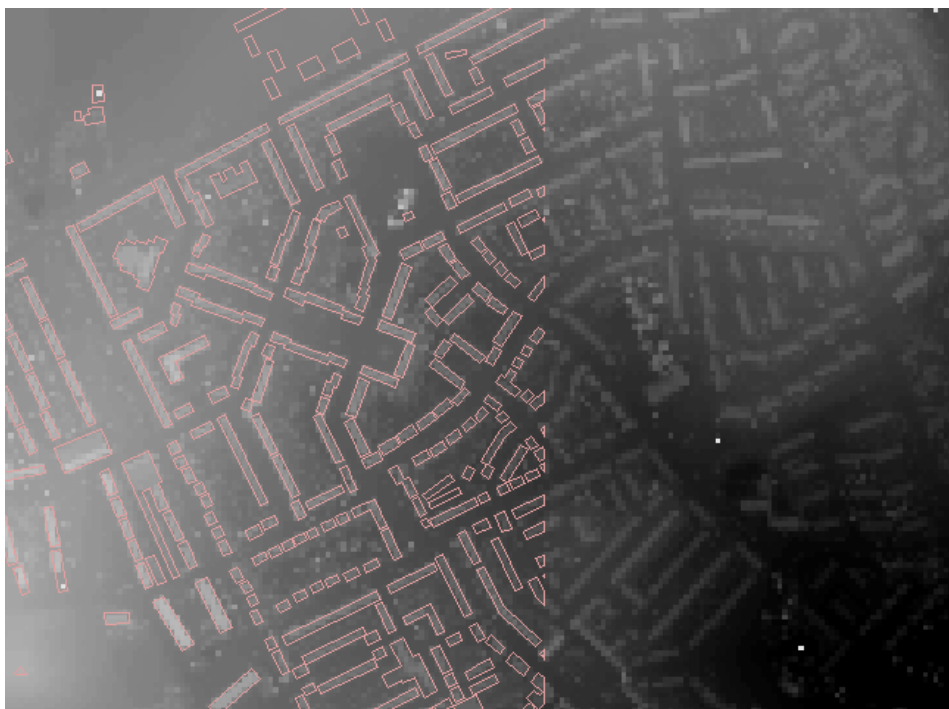
Figuur 4.5a TIN met o.a. een snelwegviaduct, ingekleurd op basis van hoogte



Figuur 4.5b-d TIN ingekleurd op *aspect*, TIN ingekleurd op *aspect* aangevuld met de snelweg en TIN ingekleurd op helling

Hoogbouw

Hoogbouw bestaat uit bebouwing van meer dan 10 verdiepingen of hoger dan 35 meter. Deze classificatie is automatisch af te leiden als de gebouwgrenzen gecombineerd worden met een ongefilterd hoogtemodel. In de standaard AHN zijn gebouwen en andere man-made objecten uit de data weggefilterd, maar in de *originele meetgegevens* zijn de gebouwhoogten wel beschikbaar. Als een dergelijk ongefilterd hoogtemodel beschikbaar is, kan voor elk gebouw een hoogte worden opgevraagd, zie figuur 4.6.



Figuur 4.6 Ongefilterde AHN laserdata (licht = hoog, donker = laag), gedeeltelijk gecombineerd met de huizenlaag uit de TOP10

Symbolen

In (Verbee, 2003) worden o.a. toren, kerken met toren, watertorens, vuurtorens, windmolens, windturbines, oliepompinstallaties, seinmasten en zendmasten genoemd als voorbeelden van hoge objecten die met een apart symbool in de kaart verschijnen. Aangezien bij deze objecten de daadwerkelijke hoogte geen rol speelt maar vooral de betekenis (type object) van belang is, kan een hoogtemodel hier weinig toevoegen. Het type object zal nog steeds door de topograaf vastgesteld moeten worden.

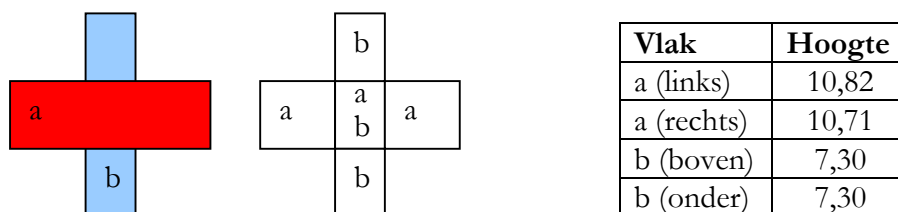
Topstakels

In dit bestand bevinden zich objecten die minimaal 15 meter boven de omgeving uitsteken en binnen een straal van 250 meter vrij liggen. Op het eerste oog lijken dit beslisregels die uitermate geschikt zijn om toe te passen binnen een automatische classificatie, maar helaas is het maar zeer de vraag of er een hoogtebestand is waarin dergelijke obstakels zich nog bevinden. In het geval van het AHN zal een enkele laserpuls die terecht komt op bijvoorbeeld een hoogspanningsmast als uitschieter verworpen worden in de toetsing. De huidige methode van inwinnen, waarbij de situatie in het veld beoordeeld en ingeschat wordt en indien mogelijk later de hoogte stereoscopisch wordt vastgesteld, zal blijven bestaan. Wel kan overwogen worden om de geschatte of ingemeten hoogten als hoogteattribuut van het object op te nemen in de TOP10NL om zo deze hoogte ook aan afnemers ter beschikking te stellen.

Bruggen en viaducten

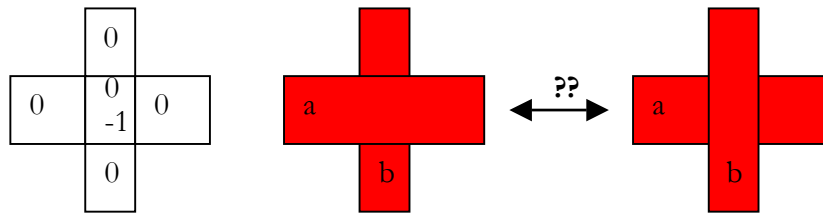
Het probleem bij bruggen en viaducten is dat er (planimetrisch gezien) op een plek meerdere objecten zich boven elkaar bevinden. Zowel in TOP10vector als in TOP10NL wordt de volgorde van de verschillende objecten middels een codering vastgelegd, waarbij de TOP10NL modellering meer niveaus kan onderscheiden dan TOP10vector. In een 2.5D hoogtemodel is dit probleem niet direct oplosbaar, aangezien in 2.5D aan elk x,y-coördinaat slechts één hoogte gekoppeld kan zijn. In het hoogtemodel kunnen dus niet de verschillende objecten geometrisch terugkomen.

De vraag is dan of het hoogtemodel dan op zijn minst kan helpen bij het vastleggen van de volgorde-codering. In veel gevallen is dit mogelijk, voorwaarde hierbij is echter wel dat de twee boven elkaar liggende objecten van verschillend objecttype zijn. In figuur 4.7 wordt dit schematisch weergegeven. Links in de figuur zijn twee kruisende objecten te zien, a en b, bijvoorbeeld een snelweg die via een brug water kruist. Rechts in de figuur zijn de zes afzonderlijke vlakobjecten te zien die nodig zijn om dit te beschrijven (drie vlakobjecten type a, drie vlakobjecten type b). Als er nu een hoogtemodel beschikbaar is, kan voor de twee objecten type a aan weerszijden van het kruisingsvlak een hoogte worden opgevraagd, net als voor de twee vlakobjecten b. Zoals in de tabel te zien, liggen in dit geval de objecten type a duidelijk hoger dan de objecten type b. Aangezien sprongen in objecten als wegen en waterlopen erg onwaarschijnlijk zijn, kun je nu aannemen dat op het kruisingsvlak object a ook boven object b ligt. Het is mogelijk om de twee hoogten op te nemen in het optionele hoogte attribuut.



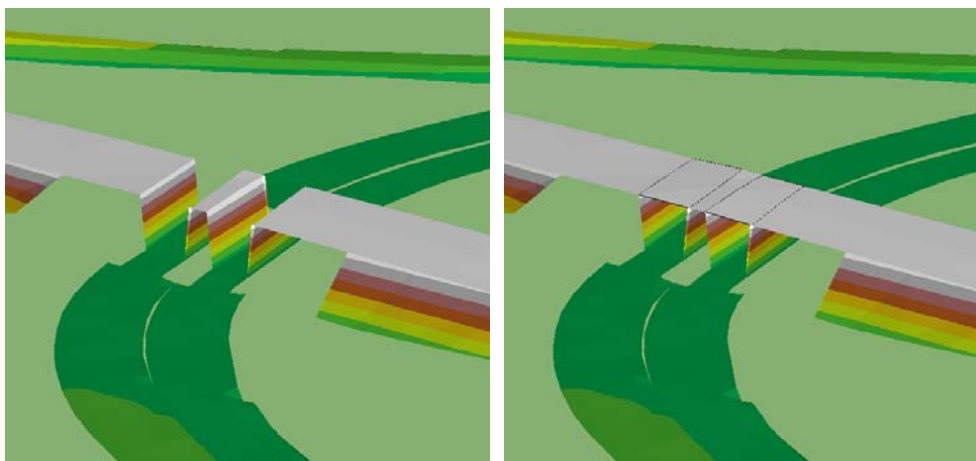
Figuur 4.7 Niveaucodering afleiden met behulp van een hoogtemodel

Bij twee kruisende objecten van hetzelfde type gaat dit niet op. In die gevallen zal toch op de huidige manier handmatig de niveaucodering toegekend moeten worden. Het hoogtemodel kan dan echter wel de gebruiker helpen bij de interpretatie van de situatie. In figuur 4.8 is dit weergegeven. Links in deze figuur zijn wederom de zes vlakobjecten te zien. Dit maal zijn ze allen van hetzelfde type en is in de afbeelding per vlakobject het bijbehorende hoogteniveau weergegeven. Zichtbaar is dat er sprake is van een ongelijkvloerse kruising, maar welke weg loopt nu onder en welke boven? Oftewel, is de situatie in werkelijkheid zoals die in het midden van de figuur is weergegeven of zoals die rechts in de figuur is weergegeven? Hierbij kan het bevragen van de hoogtes van de vier omliggende vlakobjecten wederom antwoord bieden. Als we voor het gemak uitgaan van dezelfde hoogten als in het vorige voorbeeld (het tabelletje in figuur 4.7), dan wordt al snel duidelijk dat weg a over weg b heen loopt. Dit zou echter in TOP10NL veel beter kunnen worden opgelost door voortaan voor elk wegdeel een verwijzing op te nemen naar het id van de weg waar het wegdeel deel van uitmaakt.



Figuur 4.8 Hoogtemodel helpt bij reconstrueren werkelijke situatie

Een andere mogelijkheid, die echter niet helemaal past in de voorgestelde pragmatische aanpak waarbij hoogte en objecten gescheiden blijven, is de aanpak van Simonse (2000). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een zogenaamd multi-layer TIN. In een gewoon TIN kan per x,y-locatie slechts één hoogte voorkomen. Het idee is nu om op plaatsen waar dit niet voldoet (zoals bij viaducten) meerdere TINs op een bepaalde locatie te hebben, om zo toch meerdere hoogten te kunnen representeren. In figuur 4.9 is hier een voorbeeld van gegeven. Links in de figuur is het TIN te zien waar het terrein in zit. Direct valt op dat de weg op het viaduct niet doorloopt. Om dit op te lossen is een tweede TIN-laag gemaakt met daarin de twee overspanningen en gecombineerd geeft dit het resultaat zoals rechts in de figuur te zien. Duidelijk zichtbaar is dat niet de volledige taluds gemodelleerd zijn, maar dat die plotsklaps ophouden. Dit is ongewenst en zou in een eventuele verdere doorontwikkeling voorkomen dienen te worden.



Figuur 4.9 Multilayer TIN aanpak van een viaduct: links de terreinlaag, rechts de terrein- en viaductlaag gecombineerd

Het voordeel van een dergelijke aanpak is dat de modellering de werkelijke situatie veel beter benaderd. Een nadeel hiervan is wel dat de methode vrij bewerkelijk is. Objecten worden geïntegreerd met de hoogtegegevens en de geometrie van een aantal objecten wordt zelfs gewijzigd. Dit laatste gebeurt om te voorkomen dat de taluds die de wegen boven en onder verbinden volledig verticaal worden (dit zou niet in een enkele TIN-laag kunnen). Daarom wordt het kruisende wegvlak dat boven ligt iets vergroot om zo schuin aflopende taluds te bewerkstelligen. Al met al is deze methode interessant, maar past die niet binnen de pragmatische oplossing van een niet-geïntegreerd hoogtemodel.

Muren en heggen

Muren en heggen hoger dan twee meter worden gekarteerd. Voor deze objecten geldt eigenlijk hetzelfde als voor Topstakels: een geometrische eis voor wat betreft de

hoogte lijkt ideaal voor automatische detectie / classificatie, maar is niet mogelijk doordat dergelijke objecten niet voorkomen in de meeste hoogtemodellen

Overige

In (Verbree, 2003) worden nog drie typen terreinelementen genoemd met een hoogtecomponent: ingravingen / holle weg, bomenrijen en losse bomen. Indien men het hoogteverschil aan weerszijden van een holle weg wil karteren, kan hiervoor dezelfde techniek gebruikt worden als voor het vastleggen van hoogteverschillen en dijken. Ook bij holle wegen zullen de driehoeken aan weerszijden van de weg een (vrijwel) gelijke *aspect* hebben. Die driehoeken kunnen weer geclusterd worden om vervolgens dat vlak op de gewenste manier in de kaart te verwerken.

Bomenrijen en (grote) losse bomen zijn eventueel te vinden in ongefilterde laserscandata en daarmee qua benadering enigszins te vergelijken met hoogbouw. In vergelijking met hoogbouw hebben bomenrijen en losse bomen echter het nadeel dat deze objecten veel minder duidelijk begrensd zijn, zowel in x,y-richting als in z-richting. Voor wat grotere bomenrijen zou het mogelijk moeten zijn om in ongefilterde data een hoogte te bepalen, al is hierbij de nauwkeurigheid van de hoogte niet vergelijkbaar met de hoogte die op deze manier voor gebouwen kan worden bepaald.

3.4 Conclusies t.a.v. TOP10NL

- Ten aanzien van de mogelijkheden voor het afleiden van kartografische hoogtevoorstelling uit TOP10NL, aangevuld met een Digitaal Hoogtemodel, kunnen de volgende conclusies getrokken worden:
- Het berekenen van hoogtelijnen en schaduwingen op basis van een TIN is standaard functionaliteit in veel softwarepakketten die met TINs kunnen omgaan, zoals ArcGIS in combinatie met de 3D Analyst.
- Voor het bepalen van representatieve terreinhoogten kan goed gebruik worden gemaakt van de functionaliteit om een TIN te converteren naar een grid.
- Voor het afleiden van hoogtevoorstellingen van hoogteverschillen en dijken lijkt de voorgestelde techniek, die uitgaat van het clusteren van driehoeken met vergelijkbare aspect, veelbelovend. Een dergelijk algoritme zal vermoedelijk niet echt complex worden, maar moet nog wel ontwikkeld worden. De huidige moeilijkheden rond het afleiden van de schrabjes bij taluds lijken goed oplosbaar op basis van deze nieuwe techniek.
- Het andere bekende probleempunt, de overlappende objecten bij bruggen en viaducten, is niet direct oplosbaar in de 2.5D oplossing die een TIN hoogtemodel is. Wel kan in gevallen van kruisende objecten van verschillende typen het hoogteniveau automatisch worden afgeleid als gebruik wordt gemaakt van het hoogtemodel. Ook kan een benaderde hoogte opgeslagen worden in het optionele hoogteattribuut van de wegvlakken om zo de onderlinge volgorde vast te leggen.

- Indien ongefilterde laserscandata beschikbaar is, kan hoogbouw automatisch geclassificeerd worden en zou aan bomenrijen een hoogte toegekend kunnen worden.

4 3D Topografie bij de Adviesdienst Geo-Informatie en ICT

4.1 Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)

Nederland is uniek door de beschikbaarheid van het AHN (Actueel Hoogtemodel Nederland), een hoge dichtheid puntdataset ingewonnen met laseraltimetrie. Deze dataset beschrijft terreinhoogtes en bevat gemiddeld één punt per 16 m². Aangezien de laserpulsen regelmatig gereflecteerd worden door bijvoorbeeld daken of vegetatie, is niet elke gemeten hoogte in de ruwe data ook daadwerkelijk een terreinhoogte. Om dit te voorkomen worden deze punten uit de data gefilterd, zodat het AHN de terreinhoogtes bevat. Hiermee bevat het commercieel beschikbare AHN geen harde topografie, zoals gebouwen en viaducten. Als men echter laseraltimetrie zou willen gebruiken voor 3D modelleren of visualiseren, is deze harde topografie juist datgene waarin men geïnteresseerd is. De hiervoor benodigde ruwe data is echter wel beschikbaar als tussenproduct van de AHN productie. De figuren 4.1 en 4.2 laten zien hoe luchtfoto's over dergelijke ruwe data gedrapeerd kunnen worden en geven zo een eerste idee van de mogelijkheden voor 3D modellering. Hoewel beide illustraties fraaie beelden bevatten, kan er nog niet gesproken worden over echte 3D modellen, aangezien de beide modellen (foto en laserscandata) niet geïntegreerd worden. Hierdoor kunnen er bijvoorbeeld nog geen analyses uitgevoerd worden op deze combinatie. Binnen het 3D topografie project zal de ruw AHN data onmisbaar zijn voor het creëren van de 3D modellen.



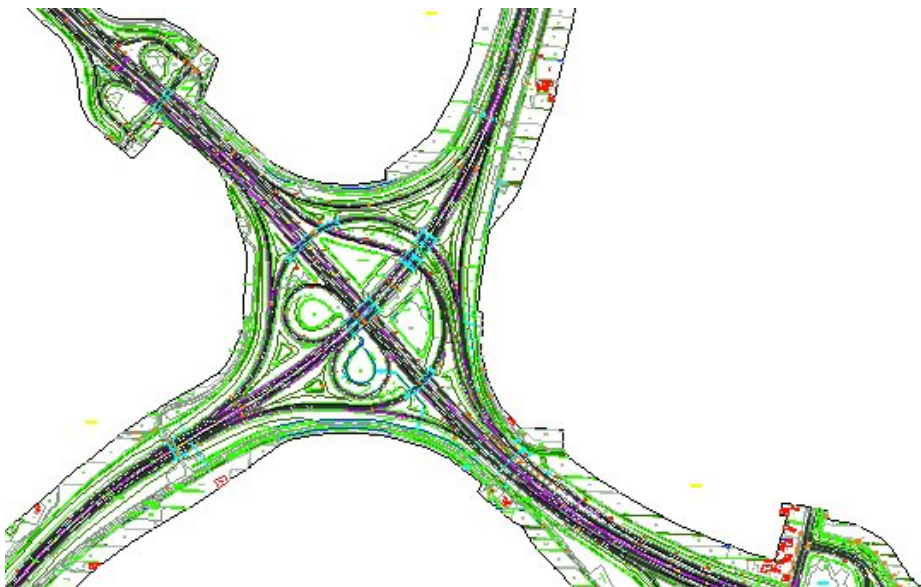
Figuur 4.1 Luchtfoto van het centrum van Amsterdam, gedrapeerd op ongefilterd AHN (bron: AGI)



Figuur 4.2 TOP10vector gedrapeerd op ongefilterd AHN (bron: AGI)

4.2 Digitale Topografische Bestanden van de droge infrastructuur: DTB-Droog

Het DTB-Droog is een grootschalig, objectgericht, driedimensionaal geografisch bestand van de droge infrastructuur in beheer en eigendom van Rijkswaterstaat. Het bevat zeer gedetailleerde geo-informatie (1:1000) van zo'n 300 soorten objecten zoals wegmeubilair, lantaarnpalen, portalen, wegkanten, verfstrepen, verkeersborden, hectometerbordjes en geleiderailconstructies. Het bestand bevat tevens hoogte-informatie van het maaiveld en bepaalde objecten. Ook breuklijnen worden ingemeten. Het gegevensmodel van DTB-droog is identiek aan het gegevensmodel van DTB-Nat (zie paragraaf 4.3). De precisie in x, y en z is beter dan 10 cm.



Figuur 4.3 DTB Droog van het knooppunt Hoevelaken (bron: AGI)

Combinaties met bijvoorbeeld het AHN, luchtfoto's (orthofotomozaïeken) of ander kaartmateriaal zijn mogelijk. DTB-Droog kan dus zowel in een GIS- als in een CAD-omgeving worden gebruikt. Het DTB-Droog kan onder andere gebruikt worden voor:

- dagelijks beheer en onderhoud van Rijkswegen;
- aanleggen en reviseren van Rijkswegen (MER, ontwerpproces, visualisatie enzovoorts);
- berekenen van oppervlakten en hoeveelheden (asfalt, verf, maaien);
- opstellen van meerjarenbegrotingen;
- kwantificeren van het aantal beheerobjecten;
- topografische basis voor Kerngis, de RWS GIS-applicatie ter ondersteuning van de wegendistricten bij het beheer en onderhoud van Rijkswegen.
- beheerkaart voor de kabel- en leidingenregistratie van de landings-, navigatie- en communicatieapparatuur op vliegvelden.



Figuur 4.4 Bird-eye view van het knooppunt Hoewelaken (de bruggen overlappen de polygonen, waarschijnlijk opgeslagen in een andere laag)

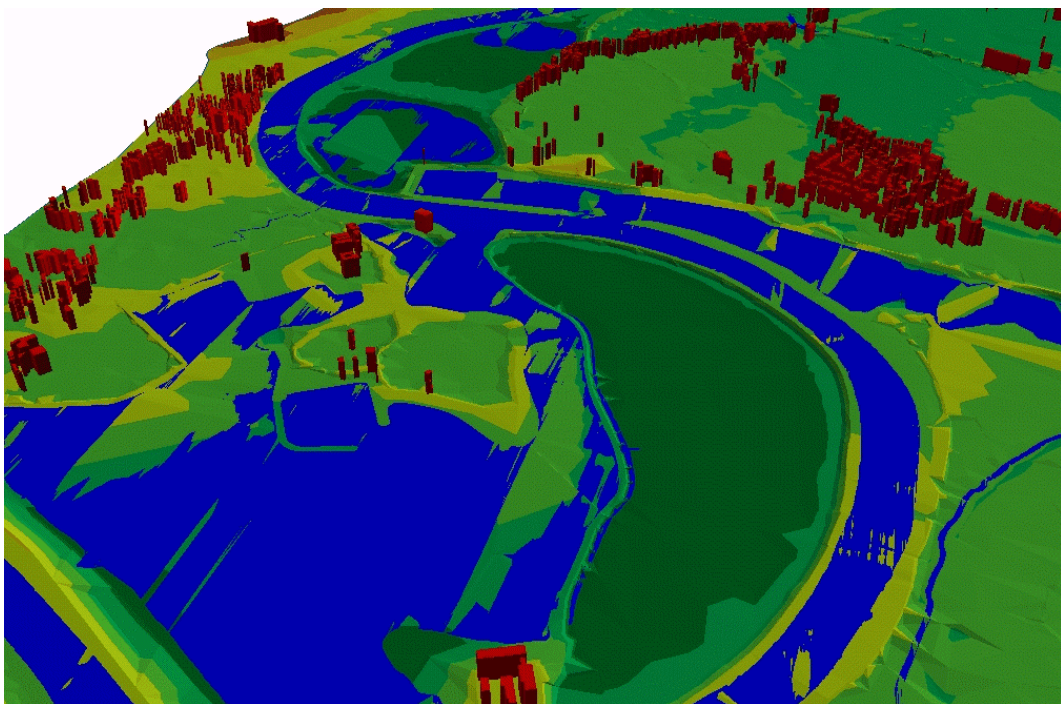
4.3 Digitale Topografische Bestanden van de natte infrastructuur: DTB-Nat

DTB-Nat is een grootschalig, objectgericht, driedimensionaal geografisch bestand van de natte infrastructuur (grote rivieren, kanalen, kusten en oevers) dat in beheer of eigendom is van RWS. Het bevat zeer gedetailleerde geo-informatie (1:1000) van zo'n 300 soorten objecten, zoals dijken, kades, sluizen, oevers, kribben, duikers, afrasteringen en vaarwegsignaleringen. Het bestand bevat ook hoogte-informatie over het maaiveld en bepaalde objecten. Ook breuklijnen worden ingemeten. Het gegevensmodel van DTB-Nat is identiek aan het gegevensmodel van DTB-Droog. De precisie in x, y en z is beter dan 10 cm (m.u.v. 'zachte topografie').

AGI beheert en bewaakt de kwaliteit van het DTB-Nat en schakelt de markt in voor de benodigde fotogrammetrische en terrestrische metingen. Het streven is dat de actualiteit van DTB-Nat een jaar is. Om dat te bereiken wordt een "veranderings-gerichte bijhouding" toegepast. Enkele voorbeelden van toepassingen van DTB-Nat zijn:

- dagelijks beheer en onderhoud van Rijksvaarwegen;
- stromings- en afvoermodellering (WAQUA);

- voor navigatie-, en communicatieapparatuur, bijvoorbeeld in de vorm van ENC's (Electronical Navigation Charts) die de scheepvaart in Europees verband (Inland ECDIS) gaat gebruiken;
- basis voor de Beheerkaart-nat (koppeling van DTB-Nat aan de administratieve gegevens uit TISBO);
- visualisaties;
- berekenen van oppervlakten en hoeveelheden, bijvoorbeeld het waterbergend vermogen van een winterbed;
- ondersteuning van het onderzoek naar natuurontwikkelingsprojecten;
- vastlegging en controle van vergunningen, zoals in het kader van de Rivierenwet, de Wet op de Waterkeringen of de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater;
- opstellen van meerjarenbegrotingen;
- kwantificeren van het aantal beheerobjecten;
- topografische basis voor MER-rapportages.



Figuur 4.5 3D Visualisatie van de DTB-Nat (bron: AGI)

4.4 Digitaal Terrein Model (DTM)

Een DTM is een 3-dimensionaal digitaal terreinmodel. In het DTM worden de vorm en ligging van het terrein beschreven in ruimtelijke coördinaten: de ligging (X,Y) en de NAP-hoogte (Z). De AGI levert voor verschillende doelen verschillende typen DTM: DTM-asfalt, DTM-ontwerp en DTM-MER/Geluid. Het verschil zit in de mate van detail en nauwkeurigheid maar ze hebben allemaal het 3-D kenmerk. Deze DTM's worden op bestelling vervaardigd.

Een DTM-asfalt geeft een beschrijving van het wegoppervlak. Met behulp van het DTM-asfalt is het mogelijk te bepalen hoeveel asfalt gefreesd en aangebracht moet worden. Met deze informatie is een zorgvuldige voorcalculatie te maken voor de uitvoering. Na de overlaging kan nogmaals een DTM-asfalt worden gemeten voor

een kwaliteitstoets. Gecontroleerd kan worden of de overlaging uitgevoerd is volgens de eisen.

Er zijn twee typen DTM-asfalt. Het type DTM-asfalt ARAN levert informatie op die relatief is ten opzichte van de weg en kan worden ingelezen in programma's voor herprofielingsberekening, zoals PaveCalc. Bij het uitgebreide type DTM-asfalt RD-NAP is de informatie in absolute zin gekoppeld aan het RD-NAP-stelsel en daarmee te koppelen met andere geo-bestanden.

Een DTM-ontwerp wordt gebruikt om een wegontwerp in te passen in het terrein. Naast vorm en ligging is met DTM-ontwerp ook thematische informatie af te lezen, zoals slootkanten, verfstrepen, en verhardingslijnen. Daarnaast kunnen er objecten worden toegevoegd die voor de gebruiker van belang zijn (zoals geleiderail, straatmeubilair, bebouwing).

Een DTM-MER/Geluid is een Digitaal Terrein Model voor een Milieu Effect Rapportage (waar geluidseffecten een belangrijk onderdeel van vormen). Het DTM-MER/Geluid is een soort "lappendeken" van diverse geo-bestanden voor het gebied waarbinnen de MER-Tracé-procedure zich afspeelt. De eisen die de opdrachtgever stelt aan de geo-informatie die de AGI levert, zijn sterk afhankelijk van de fase waarin het project zich bevindt. Voor de eerste fasen van de procedure bestaat het DTM-MER/Geluid uit globale en kleinschalige geo-informatie in de vorm van "Topkaarten" en luchtfoto's. Naarmate het tracé meer en meer vast komt te liggen, bestaat het DTM-MER/Geluid uit meer gedetailleerde en nauwkeurige informatie. Hierbij valt te denken aan bebouwing waarvan de maaiveld-, goot- en nokhoogte bekend is.

4.5 RWS Waterkeringen

De dienst RWS waterkeringen bestaat uit drie bestanden met de ligging van de primaire waterkeringen in Nederland en een bestand met de (actuele) kruinhoogten van de (primaire) dijken ten opzichte van NAP:

- 1 RWS-kruinhoogten
- 2 RWS-dijkringgebieden
- 3 RWS-dijkringlijnen
- 4 RWS-verbindende waterkeringen

Vanwege het grote belang van deze informatie voor verschillende publicaties, werkprocessen en investeringsprogramma's moet op één plaats de hoogte en ligging van de primaire waterkeringen vastliggen. Via bijvoorbeeld het Hoogwater Informatie Systeem (HIS) maken ook externe partijen als waterschappen en provincies gebruik van de bestanden. RWS Waterkeringen wordt onder andere gebruikt voor:

- actualisering van de kaartbijlagen (1 en 1a) voor de Wet op de Waterkering;
- het Hoogwater Informatie Systeem (HIS);
- de studie Veiligheid Nederland in Kaart (VNK);
- de studie Rampenbestrijding Strategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO);
- het project Hydraulische Randvoorwaarden (HR);
- de Landelijke Toetsings Rapportage (LTR);
- het project Ruimte voor de Rivier (RvdR);
- regionaal rivierbeheer (waterkwantiteitsbeheer)

4.6 Maaiveldhoogte-informatie (AHN)

Rijkswaterstaat AGI levert bestanden met hoogtegegevens van het maaiveld en bouwwerken op het maaiveld. Deze bestanden worden geleverd uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) of worden ingewonnen volgens specificaties van de opdrachtgevende dienst. Het AHN wordt geactualiseerd naar behoefte van de gebruikers. De Stuurgroep AHN bepaalt namens Rijkswaterstaat en andere belanghebbenden, zoals waterschappen en provincies, de specificaties en de prioriteiten bij de actualisatie van het AHN. Voorbeelden uit de tweede categorie zijn bestanden met hoogtegegevens van beheersgebieden van Rijkswaterstaat, zoals de kustgebieden en van de uiterwaarden van de grote rivieren.

Informatie over maaiveldhoogten in Nederland is van belang voor het waterbeheer in Nederland. Dit geldt niet alleen voor Rijkswaterstaat, maar ook voor provincies, waterschappen en vele andere belanghebbenden. De AGI verzorgt een doelmatige en uniforme inwinning van deze gegevens voor heel Nederland. Daarnaast is informatie over de toestand van de zeekeringen van belang voor het beleid op het gebied van zandsuppleties langs de Noordzeekust. Informatie over de morfologie van het terrein in de uiterwaarden en in getijdegebieden is van belang voor de ontwikkeling van stromingsmodellen en voor beleidsbesluiten in crisissituaties zoals bij extreme waterstanden.

Bestanden uit het AHN kunnen geleverd worden als basisbestand in ASCII-formaat of als ARC/INFO bestand met een dichtheid van 1 punt per 5*5m, 25*25m of 100*100m. Deze kunnen in een GIS-omgeving (ArcView, ArcGis, AutoCad, Microstation) worden gebruikt. De bestanden kunnen worden gecombineerd met andere bestanden zoals Digitale Topografische Bestanden (DTB).

5 Conclusie

In Nederland produceren twee partijen topografische bestanden met een hoogtecomponent, namelijk de Topografische Dienst Kadaster en de Adviesdienst Geo-informatie en ICT. De meeste hoogtegegevens van TD-Kadaster worden gebruikt in de productieprocessen van TOP10NL en afgeleide producten, maar worden niet uitgeleverd aan klanten. Wel biedt de aanwezigheid van een goed hoogtemodel de mogelijkheid om in de toekomst ook in de standaard producten een hoogtecomponent aan te bieden. Het sterke punt hiervan zou zijn dat er dan een landsdekkend topografisch product beschikbaar komt in 3D.

Landsdekkend zijn de producten van de AGI vaak niet. Het Actueel Hoogtebestand Nederland omvat natuurlijk wel heel Nederland, maar hierin ontbreekt eigenlijk de 2D informatie. De AHN grids en punten bevatten alleen informatie over de (terrein)hoogte. In andere producten is de hoogtecomponent wel geïntegreerd met de topografische objecten, maar deze producten zijn weer niet landsdekkend. In het geval van de DTB's gaat het bijvoorbeeld om stroken langs de belangrijke (water)wegen.

Wel kan geconcludeerd worden dat alle benodigde informatie om later tot één geïntegreerd 3D topografisch product te komen in Nederland nu al voorhande is.

Literatuur

Penninga, F., *3D Topography, Realization of a three dimensional topographic terrain representation in a feature-based integrated TIN/TEN model*. GIST Report No. 27, Delft, 2004 a

Penninga, F., *Kartografische hoogtevoorstelling binnen TOP10NL, Inventarisatie mogelijkheden op basis van TOP10NL uitgebreid met een Digitaal Hoogtemodel*. GIST Report No. 28, Delft, 2004 b

Simonse, M., *3DTOP10, Integratie van TOP10vector en het AHN*. Delft, 2000

Verbree, E., *Driedimensionale topografische terreinmodellering op basis van teraedernetwerken: TOP10-3D*. GIST Report No.16, Delft, 2002

Verbree, E., *Kartografische hoogtevoorstelling TOP10vector*. GIST Report No. 22, Delft, 2003

Reports published before in this series:

1. GIST Report No. 1, Oosterom, P.J. van, Research issues in integrated querying of geometric and thematic cadastral information (1), Delft University of Technology, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2000, 29 p.p.
2. GIST Report No. 2, Stoter, J.E., Considerations for a 3D Cadastre, Delft University of Technology, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2000, 30.p.
3. GIST Report No. 3, Fendel, E.M. en A.B. Smits (eds.), Java GIS Seminar, Opening GDMC, Delft 15 November 2000, Delft University of Technology, GIST No. 3, 25 p.p.
4. GIST Report No. 4, Oosterom, P.J.M. van, Research issues in integrated querying of geometric and thematic cadastral information (2), Delft University of Technology, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2000, 29 p.p.
5. GIST Report No. 5, Oosterom, P.J.M. van, C.W. Quak, J.E. Stoter, T.P.M. Tijssen en M.E. de Vries, Objectgerichtheid TOP10vector: Achtergrond en commentaar op de gebruikersspecificaties en het conceptuele gegevensmodel, Rapport aan Topografische Dienst Nederland, E.M. Fendel (eds.), Delft University of Technology, Delft 2000, 18 p.p.
6. GIST Report No. 6, Quak, C.W., An implementation of a classification algorithm for houses, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2001, 13.p.
7. GIST Report No. 7, Tijssen, T.P.M., C.W. Quak and P.J.M. van Oosterom, Spatial DBMS testing with data from the Cadastre and TNO NITG, Delft 2001, 119 p.
8. GIST Report No. 8, Vries, M.E. de en E. Verbree, Internet GIS met ArcIMS, Delft 2001, 38 p.
9. GIST Report No. 9, Vries, M.E. de, T.P.M. Tijssen, J.E. Stoter, C.W. Quak and P.J.M. van Oosterom, The GML prototype of the new TOP10vector object model, Report for the Topographic Service, Delft 2001, 132 p.
10. GIST Report No. 10, Stoter, J.E., Nauwkeurig bepalen van grondverzet op basis van CAD ontgravingsprofielen en GIS, een haalbaarheidsstudie, Rapport aan de Bouwdienst van Rijkswaterstaat, Delft 2001, 23 p.
11. GIST Report No. 11, Geo DBMS, De basis van GIS-toepassingen, KvAG/AGGN Themamiddag, 14 november 2001, J. Flim (eds.), Delft 2001, 37 p.
12. GIST Report No. 12, Vries, M.E. de, T.P.M. Tijssen, J.E. Stoter, C.W. Quak and P.J.M. van Oosterom, The second GML prototype of the new TOP10vector object model, Report for the Topographic Service, Delft 2002, Part 1, Main text, 63 p. and Part 2, Appendices B and C, 85 p.
13. GIST Report No. 13, Vries, M.E. de, T.P.M. Tijssen en P.J.M. van Oosterom, Comparing the storage of Shell data in Oracle spatial and in Oracle/ArcSDE compressed binary format, Delft 2002, .72 p. (Confidential)
14. GIST Report No. 14, Stoter, J.E., 3D Cadastre, Progress Report, Report to Concernstaf Kadaster, Delft 2002, 16 p.
15. GIST Report No. 15, Zlatanova, S., Research Project on the Usability of Oracle Spatial within the RWS Organisation, Detailed Project Plan (MD-NR. 3215), Report to Meetkundige Dienst – Rijkswaterstaat, Delft 2002, 13 p.
16. GIST Report No. 16, Verbree, E., Driedimensionale Topografische Terreinmodellering op basis van Tetraëder Netwerken: Top10-3D, Report aan Topografische Dienst Nederland, Delft 2002, 15 p.
17. GIST Report No. 17, Zlatanova, S. Augmented Reality Technology, Report to SURFnet bv, Delft 2002, 72 p
18. GIST Report No. 18, Vries, M.E. de, Ontsluiting van Geo-informatie via netwerken, Plan van aanpak, Delft 2002, 17 p.
19. GIST Report No. 19, Tijssen, T.P.M., Testing Informix DBMS with spatial data from the cadastre, Delft 2002, 62 p.
20. GIST Report No. 20, Oosterom, P.J.M. van, Vision for the next decade of GIS technology, A research agenda for the TU Delft the Netherlands, Delft 2003, 55 p.
21. GIST Report No. 21, Zlatanova, S., T.P.M. Tijssen, P.J.M. van Oosterom and C.W. Quak, Research on usability of Oracle Spatial within the RWS organisation, (AGI-GAG-2003-21), Report to Meetkundige Dienst – Rijkswaterstaat, Delft 2003, 74 p.
22. GIST Report No. 22, Verbree, E., Kartografische hoogtevoorstelling TOP10vector, Report aan Topografische Dienst Nederland, Delft 2003, 28 p.
23. GIST Report No. 23, Tijssen, T.P.M., M.E. de Vries and P.J.M. van Oosterom, Comparing the storage of Shell data in Oracle SDO_Geometry version 9i and version 10g Beta 2 (in the context of ArcGIS 8.3), Delft 2003, 20 p. (Confidential)
24. GIST Report No. 24, Stoter, J.E., 3D aspects of property transactions: Comparison of registration of 3D properties in the Netherlands and Denmark, Report on the short-term scientific mission in the CIST – G9 framework at the Department of Development and Planning, Center of 3D geo-information, Aalborg, Denmark, Delft 2003, 22 p.
25. GIST Report No. 25, Verbree, E., Comparison Gridding with ArcGIS 8.2 versus CPS/3, Report to Shell International Exploration and Production B.V., Delft 2004, 14 p. (confidential).
26. GIST Report No. 26, Penninga, F., Oracle 10g Topology, Testing Oracle 10g Topology with cadastral data, Delft 2004, 48 p.
27. GIST Report No. 27, Penninga, F., 3D Topography, Realization of a three dimensional topographic terrain representation in a feature-based integrated TIN/TEN model, Delft 2004, 27 p.
28. GIST Report No. 28, Penninga, F., Kartografische hoogtevoorstelling binnen TOP10NL, Inventarisatie mogelijkheden op basis van TOP10NL uitgebreid met een Digitaal Hoogtemodel, Delft 2004, 29 p.

29. GIST Report No. 29, Verbree, E. en S.Zlatanova, 3D-Modeling with respect to boundary representations within geo-DBMS, Delft 2004, 30 p.
30. GIST Report No. 30, Penninga, F., Introductie van de 3e dimensie in de TOP10NL; Voorstel voor een onderzoekstraject naar het stapsgewijs introduceren van 3D data in de TOP10NL, Delft 2005, 25 p.
31. GIST Report No. 31, P. van Asperen, M. Grothe, S. Zlatanova, M. de Vries, T. Tijssen, P. van Oosterom and A. Kabamba, Specificatie datamodel Beheerkaart Nat, RWS-AGI report/GIST Report, Delft, 2005, 130 p.

