

Introductie van de 3^e dimensie in TOP10NL

Voorstel voor een onderzoekstraject naar het stapsgewijs
introduceren van 3D data in de TOP10NL

ir. Friso Penninga

ISBN:

ISSN: 1569-0245

© 2005 Sectie GIS technologie
 Onderzoeksinstituut OTB
 TU Delft
 Jaffalaan 9, 2628 BX Delft
 Tel.: 015 278 4548; Fax 015-278 2745

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

E-mail: gist@TU Delft.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 de sectie GIS technologie.

De sectie GIS technologie aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van adviezen.

Deze publicatie is het resultaat van het onderzoeksprogramma van het Delft Centre for Sustainable Urban Areas, onderdeel van de Technische Universiteit Delft.

Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	1
2 Terugblik resultaten voorgaande rapporten.....	3
2.1 Rapport 1: hoogtevoorstelling TOP10vector	3
2.2 Rapport 2: hoogtevoorstelling TOP10NL	5
2.3 Rapport 3: data modellen en data structuren	9
3 Naar 3D data in de TOP10NL	11
3.1 Van 2D naar 3D	11
3.2 Voorgestelde onderzoeksprojecten	13
3.2.1 Vergelijking bronnen voor afleiden schaduwingen en hoogtelijnen	13
3.2.2 Automatisch toekennen hoogteattribuut aan TOP10NL objecten	16
3.2.3 Automatische taludherkenning door filteroperatoes obv hoogtemodel	17
3.3 Introductie topologie in de (2D) TOP10NL door gebruik datastructuur	18
4 Conclusie	23
Literatuur	25
Bijlage A: Vergelijking softwarepakketten voor het afleiden van reliëf.....	27

Verantwoording

Dit rapport is het resultaat van onderzoek verricht in opdracht van de Topografische Dienst Kadaster, afdeling Onderzoek & Ontwikkeling.

1 Inleiding

Dit rapport is het laatste in een serie van vier. Het eerste rapport in deze serie, "Kartografische hoogtevoorstelling TOP10vector" [10], bevat een inventarisatie van topografische elementen in de TOP10vector met een hoogtecomponent. Momenteel is de datastructuur voor de objectgerichte TOP10NL [2] vrijwel gereed en komt de conversie van TOP10vector naar TOP10NL aan de orde. Voor kaartproductie zal voorlopig nog uitgegaan worden van de Microstation Designfiles, maar op termijn zal dit plaats gaan vinden op basis van de objecten in de TOP10NL. Hiertoe is in het tweede rapport "Kartografische hoogtevoorstelling binnen TOP10NL, Inventarisatie mogelijkheden op basis van TOP10NL uitgebreid met een Digitaal Hoogtemodel" [5] voor alle topografische elementen uit het eerste rapport bekeken of en hoe voor deze elementen een kartografische hoogtevoorstelling af te leiden valt uit de TOP10NL, aangevuld met een hoogtemodel. Deze pragmatische oplossing, waarbij het hoogtemodel niet geïntegreerd wordt met de objecten, is niet de beoogde oplossing in de promotieprojecten van de auteurs van deze rapportenserie. In [4] en [9] worden deze projecten beschreven. Binnen deze oplossing liggen andere datastructuren meer voor de hand, waarbij de 3^e dimensie wel geïntegreerd wordt in de objecten. Een breed overzicht van mogelijke datastructuren en opslagformaten is beschreven in het derde rapport "3D-Modeling with respect to boundary representations within geo-DBMS " [11]. Implementatie van een dergelijke geïntegreerde oplossing is voor de Topografische Dienst Kadaster op korte termijn zeker niet aan de orde; op middellange tot lange termijn kan dit echter wel het geval zijn. In de tussentijd zijn er voldoende mogelijkheden om stapsgewijs steeds meer 3D gegevens in de TOP10NL in te voegen. Met name rapport 2 heeft hiervoor al een aantal mogelijkheden geïdentificeerd. Dit vierde en laatste rapport doet een voorstel voor nader onderzoek naar een aantal van deze punten om te komen tot mogelijke introductie van meer 3D gegevens in de TOP10NL.

In hoofdstuk 2 worden eerst de belangrijkste conclusies en aanbevelingen uit de voorgaande rapporten op een rij gezet. Hoofdstuk 3 schetst het traject van 2D naar 3D en suggereert vervolgens een drietal mogelijke onderzoeksprojecten. Het rapport sluit af met enkele conclusies in hoofdstuk 4.

2 Terugblik resultaten voorgaande rapporten

2.1 Rapport 1: hoogtevoorstelling TOP10vector [10]

De insteek van dit eerste rapport is het inventariseren van elementen in de TOP10vector met een hoogtevoorstelling en daarbij te bepalen hoe deze hoogtevoorstelling wordt afgeleid. De relevante kartografische hoogtevoorstellingen worden in dit rapport onderverdeeld in twee typen, namelijk de kartografische voorstelling van het terrein en de kartografische voorstelling van terreinelementen. Binnen het eerste type is een onderverdeling in vier categorieën te maken:

Hoogtelijnen

De hoogtelijnen worden afgeleid op basis van het TOP10MD bestand, een bestand met enkele hoogtepunten per hectare. Het bestand heeft weliswaar een lange historie, maar wordt nog steeds bijgehouden. De hoogtelijnen worden berekend op basis van een TIN dat is opgebouwd uit de punten van de TOP10MD.

Duinschaduwing

De duinschaduwing is niet gebaseerd op de TOP10MD. Rond 1975 is deze duinschaduwing met potlood ambachtelijk vervaardigd. Deze schaduwering wordt bij elke productieslag over het nieuwe kaartmateriaal gelegd. Doordat deze schaduwering niet wordt bijgewerkt, maar de hoogtelijnen wel, ontstaat de situatie dat beide representaties niet overeenstemmen. In figuur 2.1 is dit goed te zien.



Figuur 2.1 Verouderde duinschaduwing komt niet meer overeen met de actuele hoogtelijnen.

Hoogtecijfers / hoogtepunten

Afhankelijk van de ruimte wordt een aantal kenmerkende punten geselecteerd, waarvan de hoogtewaarde op de kaart wordt afgedrukt. Deze punten worden geselecteerd uit de TOP10MD.

Dieptelijnen

Dieptegegevens zijn niet beschikbaar binnen de Topografische Dienst. Daarom worden de dieptelijnen overgenomen uit de lodingskaarten van Rijkswaterstaat. Er bestaat dus geen relatie met de hoogtepunten in de TOP10MD.

In het tweede type, de hoogtevoorstelling van terreinelementen, is ook een onderverdeling aan te brengen:

Hoogteverschillen en Dijken

Voor beide categorieën geldt dat de schrabjes handmatig worden geplaatst door het plaatsen van een lijn en een codering om aan te geven waar en aan welke kant van de lijn de schrabjes geplaatst worden. Het type schrabje geeft aan of het gaat om een hoogteverschil, een wal, lage dijk of hoge dijk.

Hoogbouw

Bebouwing van meer dan tien verdiepingen of hoger dan 35 meter wordt geclassificeerd als hoogbouw. In principe wordt dit in het terrein ingeschat door de topograaf, maar in enkele gevallen (als de omvallings zodanig groot is dat er voor gecorrigeerd dient te worden) wordt de hoogte fotogrammetrisch ingemeten. Hoogbouw wordt in een andere kleur gekarteerd dan laagbouw, maar de hoogte wordt niet als attributwaarde toegevoegd.

Symbolen en Topstakels

Tal van symbolen bevatten enige vorm van hoogtegegevens, zoals torens, windmolens en zendmasten. De hoogtegegevens zijn hier puur in thematische vorm aanwezig. Topstakels bevat vrijstaande, hoog uitstekende elementen.

Bruggen en viaducten

Bruggen en viaducten zijn combinaties van twee of meer vlakken op dezelfde locatie, waarvoor met behulp van het laatste cijfer van de TDN-codering wordt aangegeven of een vlak van bovenaf zichtbaar is of niet. Dit geeft de mogelijkheid om onderscheid te maken welk vlak op de kaart afgebeeld moet worden, maar bevat niet genoeg informatie om de onderlinge volgorde te bepalen van kruisende weg- of watervlakken als het er meer dan twee zijn.

Overige

Muren en heggen, ingravingen, holle weg, bomenrijen en losse bomen bevatten allen nog enige vorm van hoogtegegevens, maar niet in geometrische vorm.

Geconcludeerd kan worden dat de wijze waarop hoogte-informatie wordt bijgehouden volledig gericht is op het later kunnen afleiden van de hoogtevoorstelling in de kaart. Daarnaast heeft het huidige hoogtebestand een lage

punt dichtheid (2 a 3 punten per hectare), maar het is wel actueel. Helaas wordt dit bestand niet meegeleverd aan eindgebruikers van de TOP10vector, alleen de afgeleide hoogtelijnen en enkele kenmerkende hoogtepunten worden aan de kaart toegevoegd. Als laatste kan gesteld worden dat het in vrijwel alle gevallen van hoogtevoorstelling gaat om het voorstellen van relatieve hoogte (bijvoorbeeld hoogte van de dijk t.o.v. het omliggende land, hoogte gebouw t.o.v. omliggende grond) en zelden om absolute hoogte (NAP hoogten). De voor de productie benodigde hoogten worden (behalve bij hoogtecijfers) niet meegeleverd.

2.2 Rapport 2: hoogtevoorstelling TOP10NL [5]

De insteek van het tweede rapport was om met de in het eerste rapport opgestelde lijst hoogtevoorstellingen als uitgangspunt te bekijken hoe deze hoogtevoorstellingen afgeleid zouden kunnen worden op basis van de TOP10NL, aangevuld met een afzonderlijk Digitaal Hoogtemodel. Het idee hierachter is dat op langere termijn de objecten in de TOP10NL in drie dimensies beschreven moeten worden, maar dat met het oog op de grote consequenties die dat zou hebben voor het inwinningsproces er voorlopig volstaan zou kunnen worden met een pragmatische oplossing. Leidend in rapport 2 is een aantal door de Topografische Dienst Kadaster gesignaleerde problemen. De belangrijkste twee zijn de manier waarop voor het weergeven van taluds de schrabjes afgeleid en opgeslagen worden en bij bruggen en viaducten de constructie met hoogteniveaus voor het vastleggen van de onderlinge relatie tussen kruisende weg- en/of watervlakken. In rapport 2 is geconstateerd dat met het toevoegen van een apart digitaal hoogtemodel veel hoogtevoorstellingen beter dan in de huidige situatie kunnen worden afgeleid. Ook bleek dat veel ideeën veelbelovend zijn, maar dat aanvullend onderzoek noodzakelijk is voordat het tot daadwerkelijke implementatie van deze ideeën kan komen. Een overzicht van de relevante bevindingen uit rapport 2:

Hoogtelijnen

Hoogtelijnen kunnen uitstekend automatisch afgeleid worden uit een hoogtemodel. Dit kan zowel binnen veel gangbare GIS-pakketten, waaronder ArcGis, als met behulp van ESPA, de nu door de Topografische Dienst Kadaster gebruikte stereo verwerkingssoftware. Er zijn echter tussen pakketten onderling wel degelijk verschillen, met name het 'smoothen' van hoogtelijnen als postprocessing is zelden standaard aanwezig.

Hoogtecijfers/hoogtepunten

Het hoogtemodel is een logische bron voor de kenmerkende hoogtecijfers. Zowel het afleiden van representatieve hoogten voor een groter gebied als het vinden van lokale maxima of minima kan goed worden uitgevoerd op een hoogtemodel. Detectie van lokale minima en maxima is een onderdeel van een filtering voor datareductie op een TIN, ontworpen door o.a. de auteur van dit rapport [8].

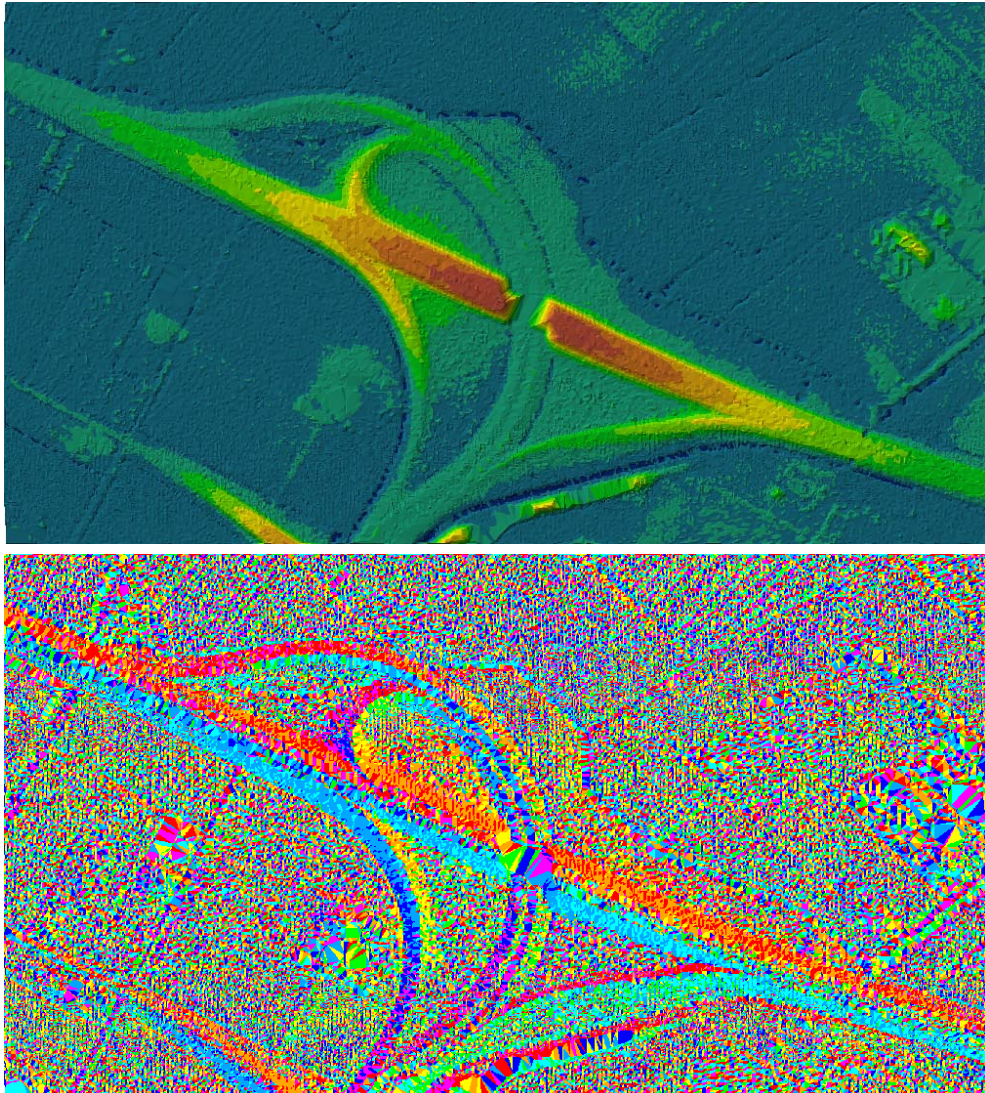
Duinschaduwing

Dat de oude duinschaduwing aan een actualisering toe is, blijkt duidelijk uit figuur 2.1. Het berekenen van een nieuwe schaduwering op basis van een hoogtemodel is een aantrekkelijke optie. Naast de gangbare GIS-pakketten

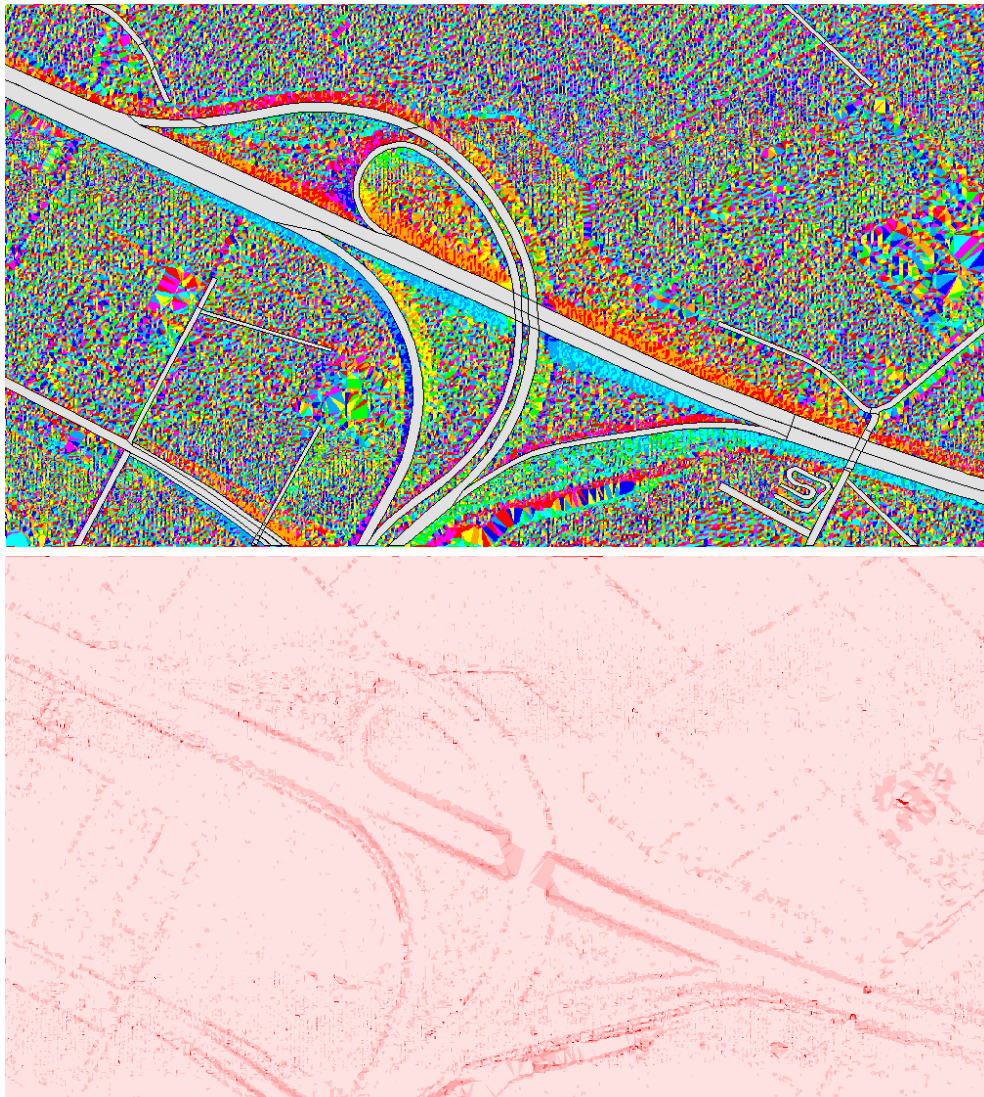
kan dit ook met tal van kleinere pakketjes uitgevoerd worden, hiervoor wordt verwezen naar twee zeer uitgebreide websites [12] en [13].

Hoogteverschillen en Dijken

Het automatisch kunnen afleiden van taluds uit hoogtemodellen lijkt goed mogelijk te zijn op basis van een hoogtemodel gebaseerd op een TIN. In figuur 2.2 (identiek aan figuur 4.5 uit rapport 2) is vier keer hetzelfde hoogtemodel weergegeven. In figuur 2.2a is het TIN ingekleurd op basis van hoogte, in figuren 2.2b en 2.2c op basis van *aspect* en in figuur 2.2d op basis van helling. De *aspect* van een driehoek in een TIN heeft aan in welke richting de driehoek afloopt. Voor gebieden die bij benadering vlak zijn, zal deze richting vrij willekeurig zijn, resulterend in een beeld met veel 'ruis'. Taluds zullen herkenbaar zijn omdat binnen taluds alle driehoeken globaal in dezelfde richting aflopen. Deze informatie, aangevuld met gegevens over de helling van de driehoek (donkere driehoeken lopen steiler dan lichte driehoeken), zou voldoende moeten zijn voor het automatisch afleiden van taluds uit het hoogtemodel. Deze techniek is echter nieuw en zal verder uitgewerkt moeten worden.



Figuur 2.2a-b TIN van o.a. een snelweg, ingekleurd op basis van hoogte (a) en op basis van *aspect* (b)

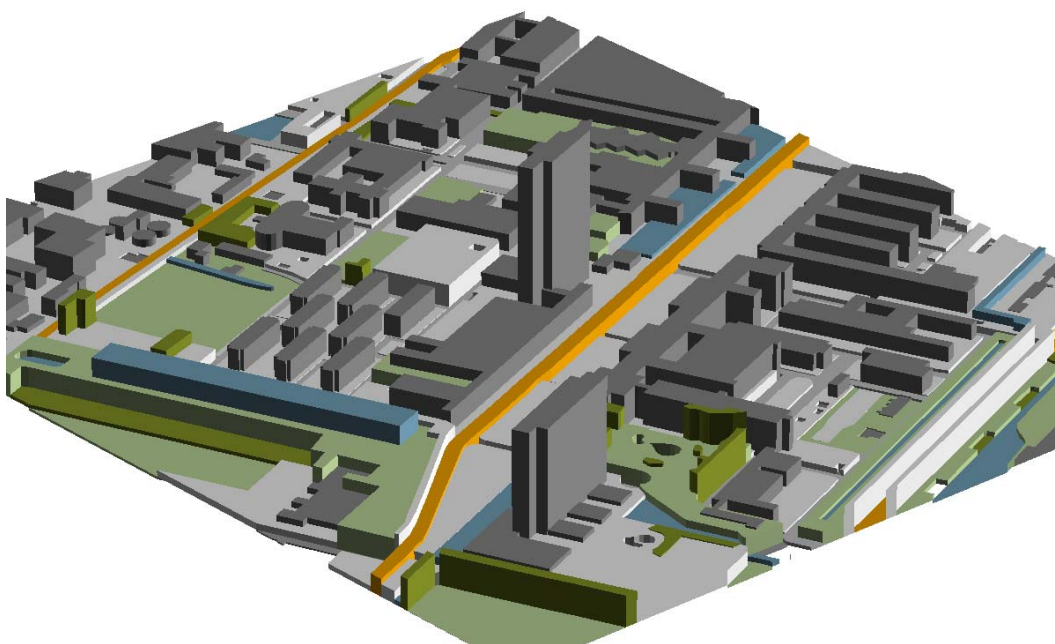


Figuur 2.2c-d TIN ingekleurd op basis van *aspect* aangevuld met wegvlakken (c) en TIN ingekleurd op basis van *helling* (d)

Hoogbouw

De grens of een gebouw als hoog- dan wel als laagbouw wordt geclassificeerd hangt af van de hoogte. De grens is nu gesteld op 35 meter (of meer dan 10 verdiepingen). In het huidige productieproces wordt deze keuze vaak door de topograaf in het veld gemaakt op basis van een schatting, een enkele keer wordt de hoogte fotogrammetrisch ingewonnen. Indien het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) in ongefilterde vorm beschikbaar is (wel gefilterd op fouten, maar gebouwen nog wel aanwezig), kan voor elk gebouw relatief eenvoudig de hoogte worden bepaald. Dit kan nuttig zijn voor de classificatie, maar biedt ook de mogelijkheid om eenmalig voor alle gebouwen het hoogteattribuut te vullen. Op basis van een enkel hoogteattribuut voor elk polygoon (dus niet alleen voor gebouwen) is de visualisatie afgeleid zoals zichtbaar in figuur 2.3. Hierin is voor elk polygoon uit de TOP10vector de gemiddelde hoogte bepaald in een dataset uit het ongefilterde AHN. Deze figuur illustreert dat het meeleveren van een enkel hoogteattribuut per polygoon al aardig wat mogelijkheden voor 3D visualisatie biedt. Men kan zich voorstellen dat een dergelijk hoogteattribuut al veel nuttige informatie

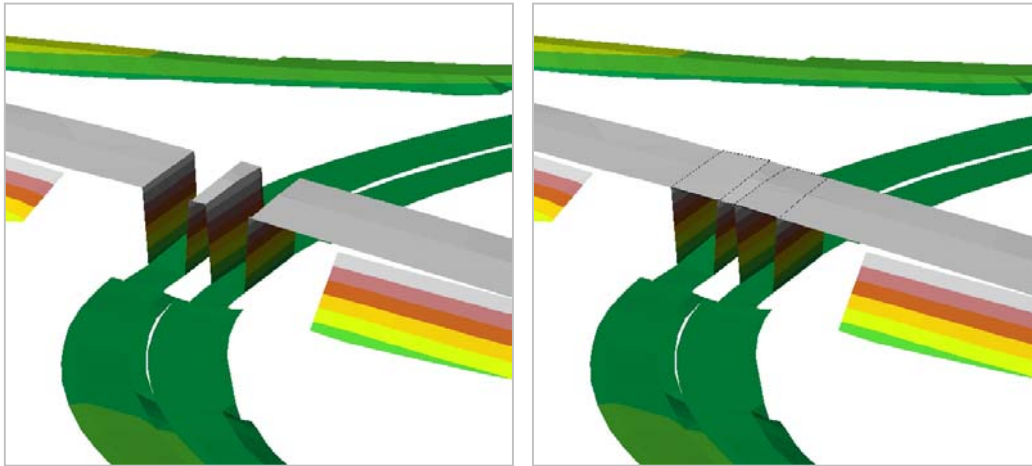
biedt voor o.a. het optimaliseren van antennenetwerken (denk aan mobiele telefonie). In de figuur is ook te zien dat het toevoegen van hoogte aan alle vlakken soms ongewenste resultaten heeft. Zo is in de figuur links een blauwe balk water te zien die net zo hoog is als een gebouw. Dit is veroorzaakt doordat in de AHN al hoogtedata beschikbaar was voor twee flats die in dat water gebouwd zijn, maar die nog niet voorkomen in de gebruikte versie van de TOP10vector.



Figuur 2.3 3D visualisatie deel TU-wijk Delft door het toevoegen van een hoogteattribuut (afkomstig uit ongefilterd AHN) aan elke polygoon in de TOP10vector (gemaakt in ArcView m.b.v. de 3D Analyst, die creëert ook de zijvlakken van gebouwen)

Bruggen en Viaducten

Het probleem van bruggen en viaducten komt voort uit het gegeven dat in dergelijke situaties op één x,y-locatie meerdere z-waarden nodig zijn en dat dit in 2D en 2.5D representaties niet mogelijk is. Dit probleem is niet direct oplosbaar met het toevoegen van een (2.5D) hoogtemodel. Wel zou het mogelijk zijn om automatisch de hoogteniveaus toe te kennen aan kruisingsvlakken en eventueel ook om een benadering van de hoogte in het hoogteattribuut op te slaan. In figuur 2.4 is het resultaat te zien van onderzoek van Simonse [7], waarin gebruik gemaakt is van een multilayer TIN aanpak. Het idee is om op plaatsen waar meerdere z-waarden op één x,y-locatie nodig zijn, zoals bij een viaduct, het tweede object in een apart TIN om te slaan. Het tegelijk afbeelden van beide (of meerdere) TINs biedt de mogelijkheid om tot fraaiere visualisaties te komen, al is deze methode nog lang niet uitontwikkeld. Zo is in de figuur goed te zien dat de taluds abrupt ophouden en geen gesloten geheel vormen.



Figuur 2.4 Multilayer TIN aanpak van een viaduct: links de terreinlaag, rechts de terrein- en viaductlaag gecombineerd.

2.3 Rapport 3: datamodellen en datastructuren [11]

Het derde rapport in de serie geeft een overzicht van beschikbare datamodellen en datastructuren, waarin een datastructuur een implementatie van een datamodel in een geoDBMS is. Belangrijkste conclusies uit het rapport zijn dat er de voorkeur wordt gegeven aan het representeren van data in een TIN/TEN combinatie, waarbij in dit geval TIN zowel kan slaan op het TIN dat het (2.5D) terrein beschrijft als het 3D-TIN dat de surface van een object in een TEN voorstelt. Daarnaast pleiten de auteurs ervoor de data op te slaan in een geoDBMS en deze data eventueel uit te wisselen in GML3 formaat.

De in dit rapport gesuggereerde datamodellen en datastructuren zijn dermate complex dat het niet de verwachting is dat deze op korte termijn gebruikt zullen worden door de Topografische Dienst Kadaster. De geschetste mogelijkheden voor het gebruik van GML als uitwisselingsformaat zijn wel interessant op korte termijn, al staat het gebruik van GML in principe los van de dimensie van de topografische bestanden. Op basis van beide opmerkingen zullen in het volgende hoofdstuk geen concrete voorstellen worden gedaan voor vervolgonderzoek.

3 Naar 3D data in de TOP10NL

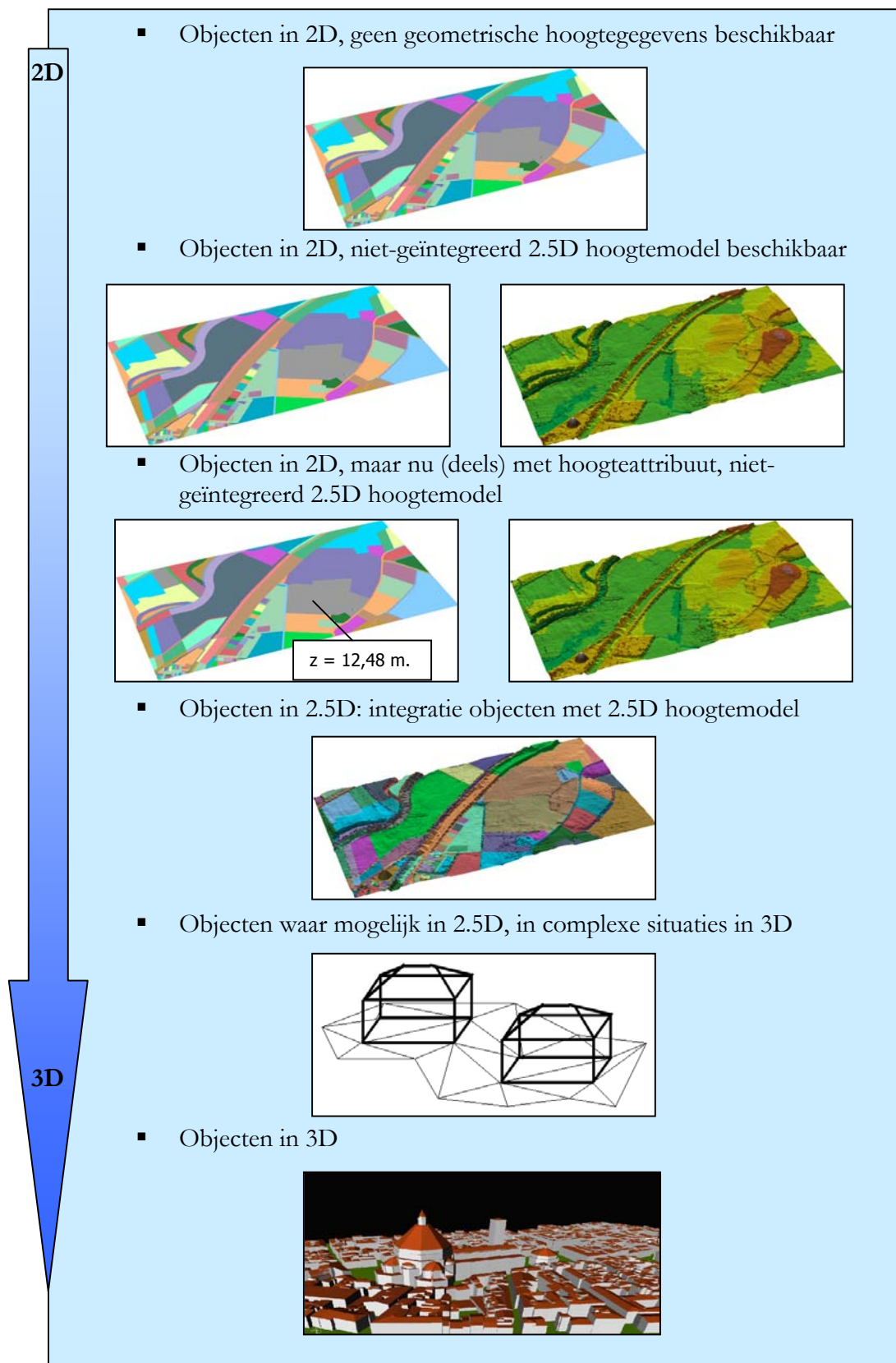
3.1 Van 2D naar 3D

Dimensie-aanduidingen van modellen willen nog wel eens de nodige verwarring veroorzaken, doordat verschillende typen dimensies door elkaar heen gebruikt worden. De aangeduide dimensie slaat vaak op zowel de interne als de externe dimensie. De interne dimensie is de (maximale) dimensie van de primitieven waarmee je modelleert, de externe dimensie is de dimensie van de ruimte waarin je dat doet. Pilouk [6] gebruikt deze twee begrippen om tot de volgende definities te komen:

- 2D:** modelleren met 2D primitieven in een 2D ruimte
- 2.5D:** modelleren met 2D primitieven in een 3D ruimte
- 3D:** modelleren met 3D primitieven in een 3D ruimte

Dit betekent dus dat in 2D modellen er gebruik kan worden gemaakt van punten, lijnen en vlakken en dat deze in een 2D ruimte (x,y) worden vastgelegd. 2.5D maakt dan gebruik van dezelfde set primitieven, maar dan vastgelegd in 3D ruimte (x,y,z). Met deze definitie geeft hij voor 2.5D echter een ruimere definitie dan veel anderen. Vaak wordt 2.5D ook gekenmerkt (ook door de auteur) door de eis dat op elke x,y-locatie slechts één z-waarde kan voorkomen. 3D wordt gekenmerkt doordat naast punten, lijnen en vlakken ook volumes gebruikt worden om mee te modelleren.

Alhoewel het misschien zo lijkt dat er slechts één tussenstap zit tussen het beschikbaar hebben van data in 2D en in 3D, is dit in werkelijkheid complexer. Ter illustratie is in figuur 3.1 een aantal tussenstappen gegeven om van de huidige 2D TOP10NL naar een volledige 3D variant te komen. De lijst in figuur 3.1 geeft een mogelijk pad aan (gebaseerd op kennis van de huidige ontwikkelingen bij de Topografische Dienst Kadaster), maar is niet het enige pad van 2D naar 3D. Het uitgangspunt bovenin het lijstje is de huidige situatie, waarin alle objecten in de TOP10NL beschreven zijn met een 2D geometrie en een aantal thematische attributen. Een eerste stap richting 3D is het toevoegen van een niet-geïntegreerd hoogtemodel. Intern kan dit hoogtemodel zeer nuttig zijn voor het afleiden van kartografische hoogterepresentaties, zoals aan bod gekomen in rapport 2 van deze serie. Het hoogtemodel zou los meegeleverd kunnen worden, zeker als het gebaseerd is op de TOP10MD. Als het gebaseerd is op het AHN is dit minder voor de hand liggend. Van het beschikbaar hebben van een apart hoogtemodel naar het vullen van het hoogteattribuut voor bepaalde typen objecten is een kleine stap, maar voor de Topografische Dienst Kadaster wel een erg relevante, omdat dit gevulde hoogteattribuut de eerste data in de derde dimensie is die eenvoudig aan klanten kan worden uitgeleverd. Met name voor bebouwing is een hoogteattribuut erg nuttig, bovendien zijn er voor dit type door de tijd heen weinig wijzigingen te verwachten, waarmee de hoeveelheid werk voor bijhouding beperkt blijft.



Figuur 3.1 Stappen van een 2D topografisch bestand naar een volledig 3D bestand

Vanaf het moment dat objecten geïntegreerd worden met hoogtegegevens uit het hoogtemodel verandert de wijze waarop objecten worden beschreven ingrijpend. Tot nu toe worden objecten alleen beschreven met hun grens, waardoor elk object plat is, ook al zijn de grenzen in de 3D ruimte beschreven. Werken in 2.5D betekent dat naast de grenzen nu ook de vorm van de objecten wordt vastgelegd, waardoor bijvoorbeeld ook reliëf binnen de grenzen van een weiland beschreven wordt.

De stap richting 3D kent ook een pragmatische vorm en dat is de vorm waarbij alleen in gevallen waarvoor 2.5D niet volstaat, gebruik gemaakt wordt van 3D beschrijvingen. Deze oplossing (wel zeer nadrukkelijk in combinatie met een goede datastructuur) staat de auteurs van deze rapportenserie voor ogen tijdens de beide promotieonderzoeken. Een laatste stap is het volledig beschrijven van alle objecten in 3D, wat met name in bepaalde datastructuren veel complexiteit met zich mee brengt. Hierbij is het mogelijk dat ook de ruimte tussen alle 3D objecten beschreven wordt, wat effectief neerkomt op het modelleren van lucht (boven het aardoppervlak) en de bodem (onder het aardoppervlak).

In het hiervoor behandelde stappenplan wordt de vraag of objecten los of in een datastructuur worden opgeslagen buiten beschouwing gelaten, terwijl dit een zeer interessante vraag is. De toegevoegde waarde van het gebruik van een datastructuur ligt erin dat er dan naast data over de individuele objecten zelf er nu ook informatie over de relaties tussen die afzonderlijke objecten beschikbaar komt. Deze topologische relaties kunnen gebruikt worden voor o.a het afleiden van fraaiere kaartbeelden en validaties tijdens edit-bewerkingen. Later in dit hoofdstuk (paragraaf 3.3) zal hier uitgebreid op worden teruggekomen.

3.2 Voorgestelde onderzoeksprojecten

Op basis van met name het onderzoek zoals beschreven in rapport 2 in deze serie wordt in deze paragraaf een aantal voorstellen gedaan voor nader onderzoek. Enkele van deze vervolgonderzoeken zijn zeer praktisch van aard en beperkt van omvang, andere onderzoeken zijn iets fundamenteeler en daarmee ook groter qua omvang. De volgende drie vervolgonderzoeken zullen worden geïntroduceerd:

- Vergelijking bronnen voor afleiden schaduwingen en hoogtelijnen
- Automatisch toekennen hoogteattribuut aan TOP10NL objecten
- Automatische taludherkenning door filteroperaties o.b.v. hoogtemodel

3.2.1 Vergelijking bronnen voor afleiden schaduwingen en hoogtelijnen

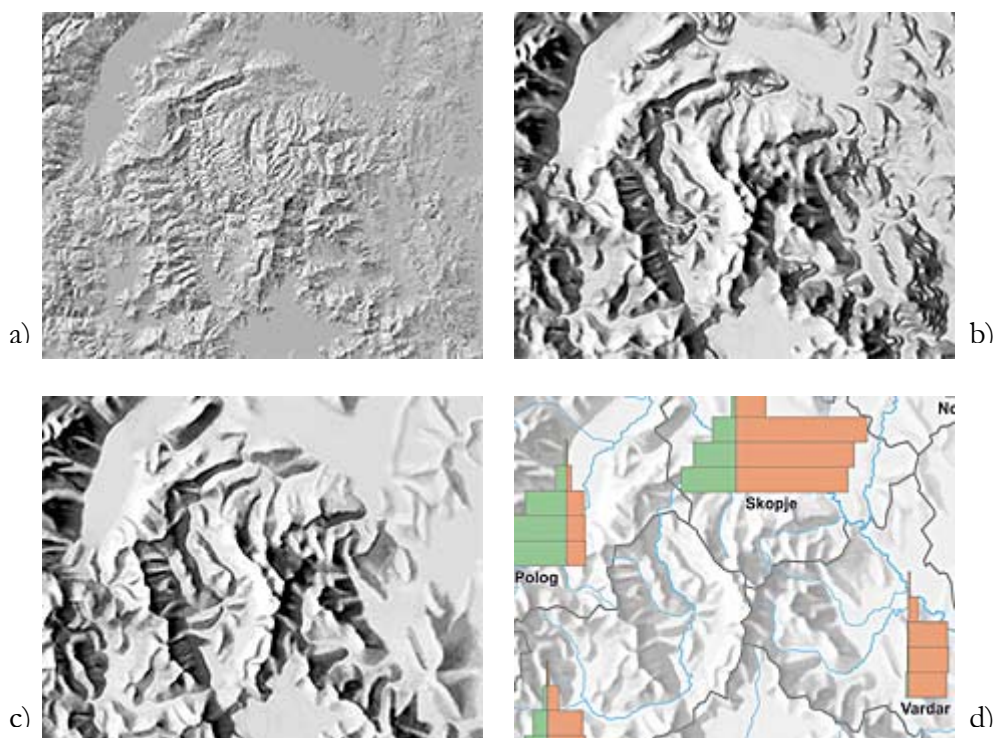
In rapport 2 is aan de orde gekomen dat het met verschillende softwarepakketten in principe mogelijk is om uit hoogtemodellen hoogtelijnen en (duin)schaduwingen af te leiden. Voordat het tot praktische toepassing kan komen, dienen nog twee vragen beantwoord te worden. De eerste vraag is op basis van welk hoogtemodel de hoogtelijnen en schaduwing het beste kunnen worden afgeleid voor toepassingen op het schaalniveau van de TOP10NL. Hierbij gaat het met name om de benodigde ruimtelijke resolutie. Deze tweede vraag is de hoofdvraag van dit voorgestelde onderzoek. Voorgesteld wordt om drie bestanden met elkaar te vergelijken:

- TOP10MD (inclusief de intern bijgehouden actualisering en uitbreiding)
- AHN op resolutie 25x25 meter

- AHN op resolutie 5x5 meter

Voor elk van deze drie hoogtebestanden wordt voor een testgebied zowel een set hoogtelijnen als een schaduwing afgeleid. Als testgebied wordt het gebied ten westen van Haarlem voorgesteld, zie figuur 3.3.

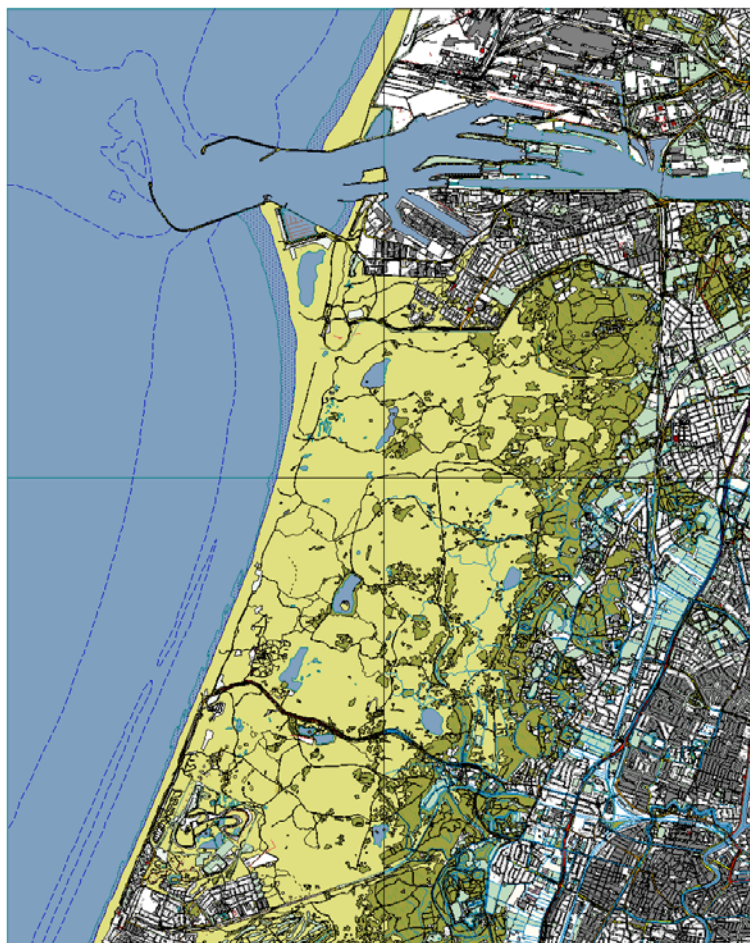
De tweede vraag is met welk softwarepakket de fraaiste resultaten te behalen zijn, zowel qua voldoende 'smooth' verloop van hoogtelijnen als qua visueel aantrekkelijke schaduwing. Deze vraag zal beantwoord moeten worden door een kartograaf en bij voorkeur door de kartografen van de Topografische Dienst Kadaster zelf omdat zij verantwoordelijk zijn voor het eindresultaat en ermee zullen moeten werken. Hiermee valt deze vraag nadrukkelijk buiten de scope van het voorgestelde onderzoek. Een eerste inventarisatie van mogelijke pakketten is te vinden op internet [12]. Ter illustratie is in Bijlage A een schema van deze website bijgevoegd waarin een aantal pakketten vergeleken worden. In figuur 3.2 is een van deze website afkomstig voorbeeld van het afleiden van schaduwing weergegeven. Het laat (a) de schaduwing op basis van een terreinmodel zien, (b) de schaduwing na filtering op het terreinmodel, (c) de schaduwing na correctie in Photoshop en in (d) het uiteindelijke kaartbeeld. Deze schaduwing is gebaseerd op een initiële schaduwing op een hoogtemodel. Binnen bijvoorbeeld Photoshop kan schaduwing echter ook handmatig vervaardigd worden op basis van de hoogtelijnen. Figuur 3.3 toont een fragment van een bestand op dezelfde website waarmee men binnen Photoshop kan proberen om schaduwing van Swiss Topo kwaliteit zelf te tekenen. In figuur 3.4 kan dit met potlood geprobeerd worden.



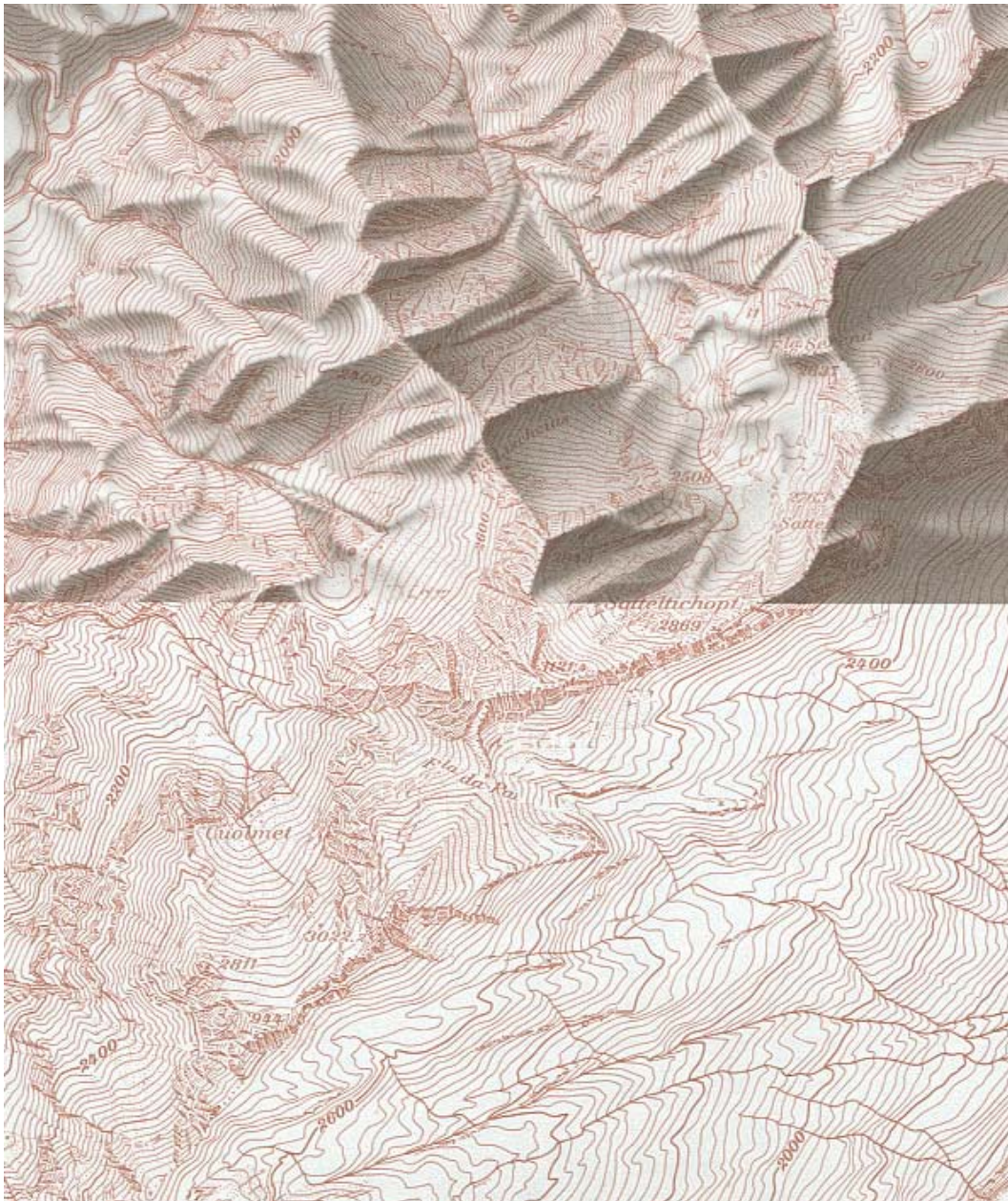
Figuur 3.2 a) Schaduwing op het hoogtemodel b) Schaduwing na filtering op het hoogtemodel c) Schaduwing na correctie in Photoshop d) Uiteindelijk kaartbeeld

Doel	Bepalen geschikte hoogtemodel voor het afleiden van (duin)schaduwing en hoogtelijnen, met de nadruk op benodigde resolutie.
Data	▪ TOP10MD (intern gebruikte versie, dus inclusief actualisering en uitbreidingen) ▪ AHN op resolutie 25x25 meter ▪ AHN op resolutie 5x5 meter
Testgebied	Kaartbladen 24fn2, 24fz2, 25an1, 25az1
Software	ArcGIS / ArcView, uitgebreid met 3D Analyst
Indicatie tijdsduur	20-30 dagen
Resultaat	Rapport met beschrijving gevolgde methode en eindresultaten Visualisaties van zowel gehele gebied als opvallende details

Tabel 3.1 **Onderzoeksbeschrijving** **Vergelijking bronnen voor afleiden schaduwering en hoogtelijnen**



Figuur 3.3 **Voorgesteld testgebied voor afleiden duinschaduwing en hoogtelijnen (vier halve kaartbladen: 24fn2, 24fz2, 25az1, 25an1)**



Figuur 3.4 Proefgebied handmatig vervaardigen schaduwing [12]

3.2.2 Automatisch toekennen hoogteattribuut aan TOP10NL objecten

In de in figuur 3.1 geïntroduceerde lijst met stappen om van de 2D TOP10NL naar een 3D TOP10NL te komen, is de stap waarin een ingevuld hoogteattribuut wordt uitgeleverd de eerste stap waarin de Topografische Dienst Kadaster daadwerkelijk data in de 3^e dimensie uitlevert aan gebruikers. In figuur 2.3 is aan de hand van een deel van de TU-wijk in Delft al geïllustreerd welke nieuwe mogelijkheden de Topografische Dienst Kadaster haar klanten kan bieden met het meeleveren van een hoogteattribuut. Voordat het echter zover is, zullen nog een aantal vragen beantwoord moeten worden. Eerst zal bepaald moeten worden of het wenselijk is om voor alle objecten een hoogteattribuut toe te voegen en indien dit niet het geval is, voor welke objecttypen het dan wel wenselijk is. Vervolgens komt de vraag aan de orde of dit attribuut het beste de absolute of de relatieve hoogte zou moeten zijn en

op welke manier het toevoegen kan gebeuren. Hierbij zal er rekening mee gehouden moeten worden dat de hoogtegegevens in het AHN absolute hoogtes weergegeven (hoogte in NAP), terwijl men onder de hoogte van een gebouw de relatieve hoogte bedoeld (verschil tussen absolute hoogte dak en absolute hoogte terrein). Voor het voorbeeld van de TU-wijk maakt dit verschil niet zoveel uit, omdat de terreinhoogte ongeveer op de 0m. NAP ligt, maar voor hoger gelegen gebieden is er een verschil. Op zich is dat een eenvoudige rekensom, maar voor automatische verwerking is het van groot belang dat er een goede methode is om de terreinhoogte naast een gebouw automatisch te bepalen. Het probleem met absolute en relatieve hoogte speelt minder bij bruggen en viaducten, omdat het doel van het vullen van het hoogteattribuut niet zozeer ligt in visualisatietoepassingen maar vooral in het onderscheid maken tussen de verschillende kruisende weg/water vlakken.

Doel	Bepalen: (a) voor welke objecttypen het hoogteattribuut gevuld zal worden (b) of de absolute of relatieve hoogte gebruikt wordt (c) op welke manier dit automatisch kan op basis van ongefilterde laserdata
Data	Ongefilterd AHN (wel fouten verwijderd, bebouwing nog wel aanwezig)
Testgebied	Testdataset TOP10NL van Arnhem (bevat zowel bebouwing als snelwegknooppunt) (omvat deel van kaartblad 40bn1)
Software	ArcGIS / ArcView, uitgebreid met 3D Analyst / Spatial Analyst
Indicatie tijdsduur	20-30 dagen
Resultaat	Rapport met beschrijving gevolgde methode en eindresultaten

Tabel 3.2 Onderzoeksbeschrijving Automatisch toekennen hoogteattribuut aan TOP10NL objecten

3.2.3 Automatische taludherkenning door filteroperaties o.b.v. hoogtemodel

Zoals in figuur 2.2 al weergegeven, lijken er zeer goede kansen te zijn om op basis van een aantal terreineigenschappen van het hoogtemodel door filtering taluds automatisch als zodanig te classificeren. Kenmerken als *aspect* (richting van de helling) en helling zelf lijken zeer geschikt, zeker in combinatie met filteringen die rekening houden met de waarden van omliggende driehoeken in het TIN.

Het idee is om met de toepassing van de automatische taludherkenning in het achterhoofd een kleine verzameling filteroperatoren op een TIN te ontwikkelen, zoals die tot nu toe alleen bestaan op rasters. Te denken valt aan operaties als opening en closing en meridiaanfilters. Opening en closing zijn filteroperaties die gebruikt worden om bij vlakken respectievelijk ongewenste uitsteeksels en inhammen te verwijderen. In figuur 3.5 is dit geïllustreerd. Uitgaande van een vlak zoals in figuur

3.5a verwijdert opening de twee uitsteeksels (resultaat in figuur 3.5b), terwijl closing juist de inham verwijdert (resultaat figuur 3.5c).



Figuur 3.5 a) Input b) Resultaat van opening c) Resultaat van closing

Operaties als taludherkenning, maar ook datareductie op TINs zijn vaak een combinatie van meerdere van dergelijke basisoperaties. In [8] zijn de eerste ervaringen beschreven met het filteren op TINs; deze ervaringen waren zeer positief. De toen gebruikte ontwikkelomgeving ArcView was echter vrij traag bij wat grotere TINs. Daarom is het idee nu om een TIN (gemakshalve nog wel opgebouwd in een bestaand softwarepakket, waarschijnlijk ArcGIS / ArcView) op te slaan in een (geo)DBMS en in Java daar een aantal bewerkingen op te bouwen. Eerst wordt gewerkt aan het bouwen van de TIN-equivalenten van een aantal standaard rasterfilteringen. Op basis van die standaardbibliotheek wordt in ieder geval een taludherkenningsalgoritme gebouwd, maar bij voorkeur ook andere operaties zoals datareductie, om zo de mogelijkheden van dergelijke filteringen verder te onderstrepen.

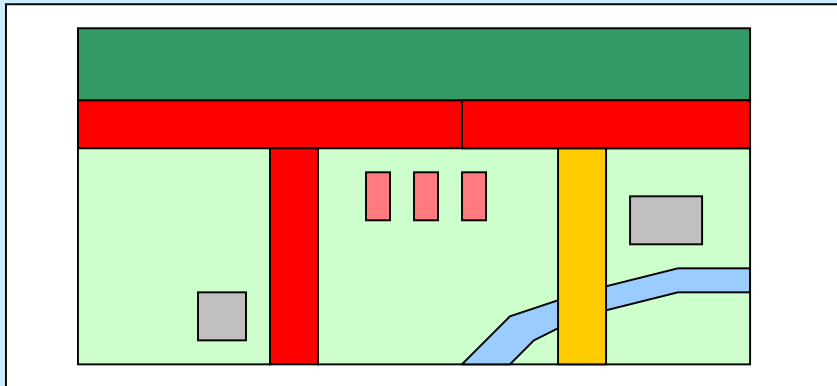
Doel	In DBMS omgeving ontwikkelen van een aantal standaard filteroperaties en op basis daarvan een algoritme voor taludherkenning.
Data	AHN 5x5 meter resolutie
Testgebied	Meerdere gebieden om robuustheid te testen, zowel langs snelwegen als langs spoorlijnen
Software	Aanmaken TIN: ArcGIS / ArcView, uitgebreid met 3D Analyst Bouwen: Java + Oracle
Indicatie tijdsduur	40-60 dagen, maar minder als gekozen wordt voor een prototype-variant buiten de DBMS
Resultaat	Rapport met beschrijving gevolgde methode en eindresultaten Open source software voor filtering, draaiend onder Java Virtual Machine

Tabel 3.3 Onderzoeksbeschrijving Automatische taludherkenning door filteroperaties o.b.v. een hoogtemodel

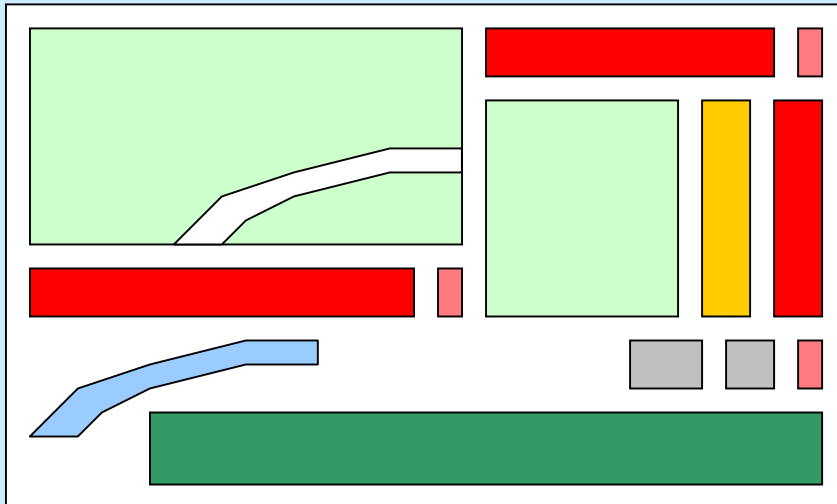
3.3 Introductie topologie in de (2D) TOP10NL door gebruik datastructuur

Op meerdere plaatsen in dit rapport is het woord datastructuur al gevallen. Het al dan niet gaan gebruiken van een datastructuur (in plaats van de huidige ongestructureerde opslag van objecten in de TOP10NL) staat in principe los van het invoeren van 3D data in de TOP10NL. Het grote voordeel is dat met het gebruik van een datastructuur ook topologische relaties beschikbaar komen, zie figuur 3.6.

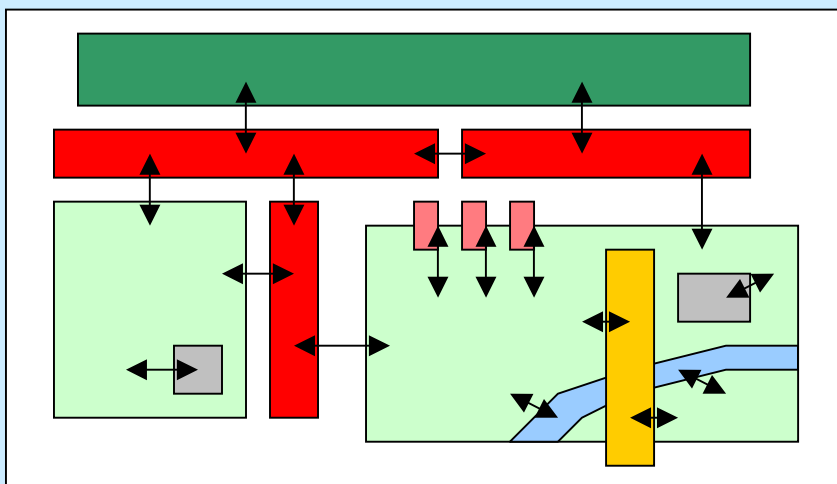
- Kaartbeeld: dankzij de coördinaten worden alle objecten op de juiste plaats afgebeeld



- Huidige opslag: elk object wordt afzonderlijk opgeslagen, geen gegevens beschikbaar over onderlinge relatie

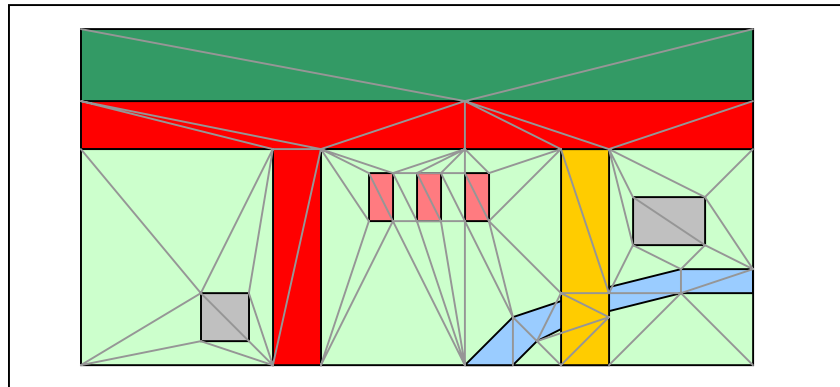


- Topologische opslag: elk object wordt afzonderlijk opgeslagen, aangevuld met gegevens over de onderlinge relaties met omliggende objecten



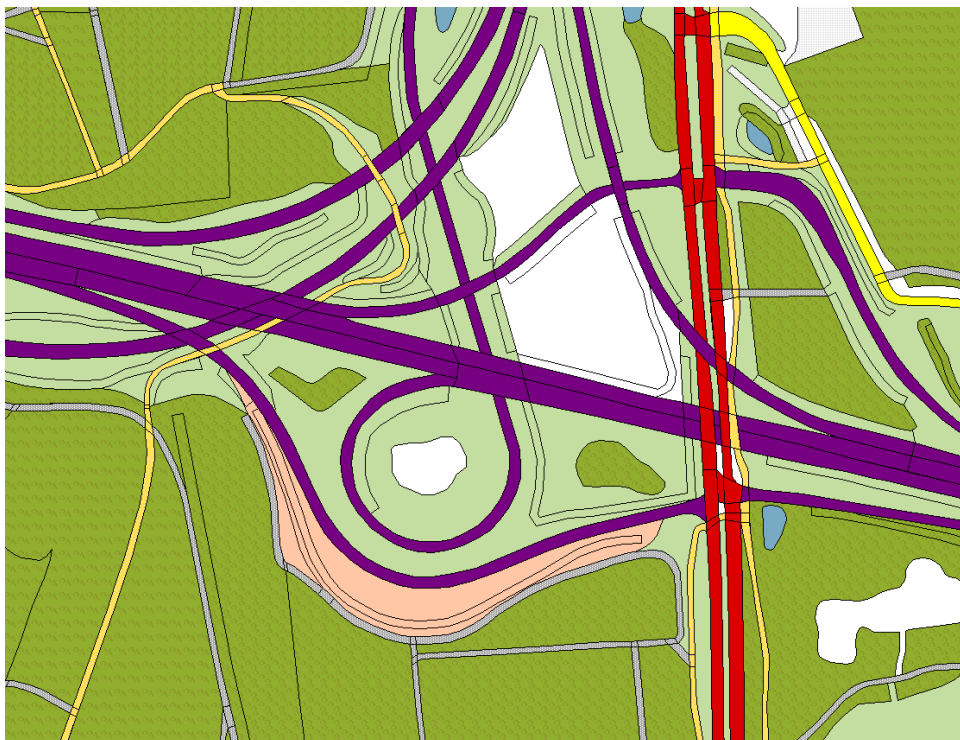
Figuur 3.6 Topografische objecten los opgeslagen en met toegevoegde topologische relaties

Figuur 3.7 illustreert hoe de objecten uit figuur 3.6 in een constrained triangulatie zijn gevoegd. Binnen een dergelijke triangulatie worden alle objecten opgebouwd met behulp van punten, lijnen en driehoeken (nodes, edges en faces). Elke driehoek 'weet' welk (type) object die representeert en elke lijn 'weet' of het een grens is tussen twee objecten, een interne edge of (ook) een lijnobject (bijvoorbeeld een heg of een leiding). De geometrie wordt vaak alleen voor de punten opgeslagen, terwijl de lijnen worden gedefinieerd door twee punten en driehoeken weer door drie lijnen.



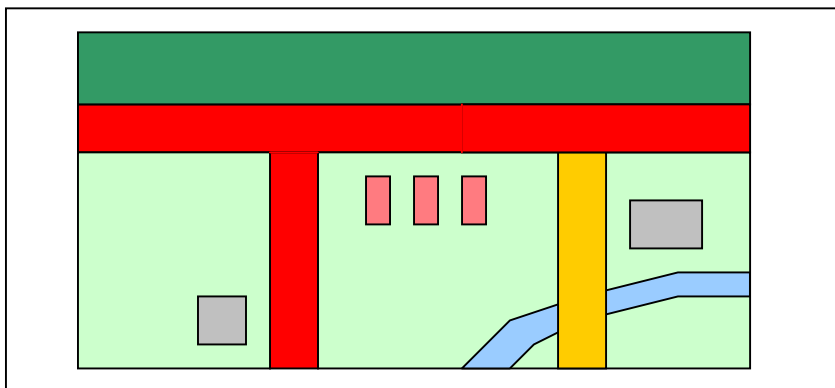
Figuur 3.7 Triangulatie van objecten om topologische relaties te verkrijgen

Ook kan worden vastgelegd welke driehoeken aan weerszijden van een edge liggen. Dergelijke topologische relaties zijn nuttig, onder andere voor visualisatie van de TOP10NL. Dit komt naar voren in [3], waarin gesteld wordt dat voor visualisatie van de TOP10NL het nuttig is handmatig topologische relaties bij te houden om zo onder andere lijnen tussen objecten van hetzelfde type (bijvoorbeeld twee aansluitende weggedelen, zie figuur 3.8) in een visualisatie weg te kunnen laten.



Figuur 3.8 Ongewenste zichtbaarheid van het gegeven dat wegen opgebouwd zijn uit meerdere objecten van hetzelfde type

Om de triangulatie uit figuur 3.7 te visualiseren zullen sowieso alle interne edges weggelaten worden, maar daarnaast kunnen ook alle edges die twee objecten van hetzelfde type scheiden, worden weggelaten om zo doorlopende wegen te verkrijgen. Voor het eenvoudige voorbeeld uit de figuren 3.6 en 3.7 is het resultaat in figuur 3.9 weergegeven. De grenzen tussen de drie in rood weergegeven wegobjecten zijn nu weggelaten, waardoor de objecten één geheel vormen.



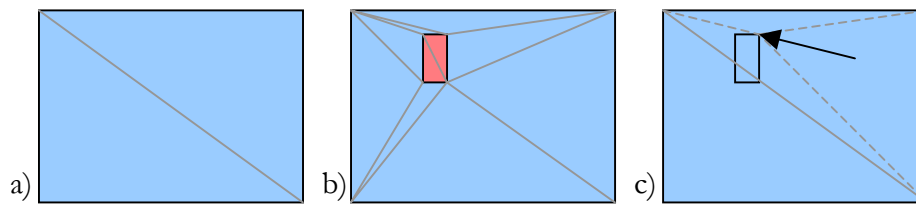
Figuur 3.9 Grenzen tussen objecten van hetzelfde typen worden weggelaten uit de visualisatie

De mogelijkheid om tot visualisaties zoals in figuur 3.9 te komen is reeds onderkend in het rapport over visualisatie van de TOP10NL [3]. In dit rapport wordt echter gesuggereerd dat handmatig bijhouden en afzonderlijk opslaan van de topologische relaties de enige mogelijkheid is om gebruik te maken van de voordelen van topologie voor visualisaties. Dit is echter niet het geval, door de objecten op te nemen in een datastructuur (in dit geval een triangulatie) komen deze relaties ook beschikbaar. Naar algoritmen op het gebied van het opbouwen van constrained triangulaties is ruimschoots onderzoek verricht.

Een tweede mogelijkheid die de aanwezigheid van topologische relaties biedt, is het valideren van edit-operaties. Als de rode weg in het voorbeeld uit figuur 3.9 wordt verbreed aan de noordzijde, zal het bovenste object versmald moeten worden. Indien gekozen wordt om de objecten afzonderlijk te blijven opslaan, aangevuld met de topologische relaties, kunnen deze relaties gebruikt worden om een controle uit te voeren, die in dit geval zal aangeven dat als de grenzen van de weg gewijzigd worden, ook de grenzen van het buurobject gewijzigd zullen moeten worden. Als gekozen wordt om de objecten alleen op te slaan binnen een datastructuur, is de grens tussen de weg en het bovengelegen object slechts eenmaal opgeslagen, waarmee het gevaar van eventuele inconsistenties helemaal is uitgebannen.

Naast geometrische validatie kunnen ook aanvullende regels eenvoudig geïmplementeerd worden op een datastructuur. Als aan de triangulatie een object wordt toegevoegd, wordt sowieso binnen het triangulatie-algoritme al voor elk punt op de grens bepaald in welke driehoek die valt, omdat hier nieuwe driehoeken gevormd moeten worden. Tijdens deze operatie kan natuurlijk direct worden bepaald in welk type object het nieuwe object komt te staan, bijvoorbeeld een nieuw object huis midden in een object water. Dit kan natuurlijk de bedoeling zijn, maar een waarschuwing aan de topograaf in de trant van 'U plaatst een object huis in een object water, is dit correct?' zou eventuele fouten in een vroegtijdig stadium kunnen

opsporen. Dit proces is in figuur 3.10 geïllustreerd. In figuur 3.10a is het oorspronkelijke (getrianguleerde) object water weergegeven en in figuur 3.10b het uiteindelijke eindresultaat. In figuur 3.10c is de eerste tussenstap weergegeven. Het eerste hoekpunt van het huis (aangegeven met de pijl) wordt toegevoegd aan de triangulatie. Hiervoor wordt gekeken in welke driehoek dit punt valt, want deze driehoek wordt opgedeeld in drie nieuwe driehoeken door het toevoegen van de gestippelde edges. Bij de stap waarin de punt-in-driehoek test wordt uitgevoerd, kan direct worden opgevraagd welk objecttype bij die driehoek hoort (in dit geval water). Als dit objecttype strijdig is of lijkt met het type van het in te voegen object, kan direct aan de topograaf gevraagd worden of zijn wijziging correct is.



Figuur 3.10 a) Oorspronkelijk getrianguleerd object b) Eindresultaat c) Eerste tussenstap invoegen nieuw object in triangulatie

4 Conclusies

Op basis van de drie eerdere rapporten in deze serie, zoals samengevat in hoofdstuk 2, kan een drietal nieuwe onderzoeksprojecten worden voorgesteld. Deze kunnen het beste gekarakteriseerd worden aan de hand van hun overzichtstabellen:

Vergelijking bronnen voor afleiden schaduwingen en hoogtelijnen

Doel	Bepalen geschikte hoogtemodel voor het afleiden van (duin)schaduwing en hoogtelijnen, met de nadruk op benodigde resolutie.
Data	▪ TOP10MD (intern gebruikte versie, dus inclusief actualisering en uitbreidingen) ▪ AHN op resolutie 25x25 meter ▪ AHN op resolutie 5x5 meter
Testgebied	Kaartbladen 24fn2, 24fz2, 25an1, 25az1
Software	ArcGIS / ArcView, uitgebreid met 3D Analyst
Indicatie tijdsduur	20-30 dagen
Resultaat	Rapport met beschrijving gevolgde methode en eindresultaten Visualisaties van zowel gehele gebied als opvallende details

Automatisch toekennen hoogteattribuut aan TOP10NL objecten

Doel	Bepalen: (d) voor welke objecttypen het hoogteattribuut gevuld zal worden (e) of de absolute of relatieve hoogte gebruikt wordt (f) op welke manier dit automatisch kan op basis van ongefilterde laserdata
Data	Ongefilterd AHN (wel fouten verwijderd, bebouwing nog wel aanwezig)
Testgebied	Testdataset TOP10NL van Arnhem (bevat zowel bebouwing als snelwegknooppunt) (omvat deel van kaartblad 40bn1)
Software	ArcGIS / ArcView, uitgebreid met 3D Analyst / Spatial Analyst
Indicatie tijdsduur	20-30 dagen
Resultaat	Rapport met beschrijving gevolgde methode en eindresultaten

Automatische taludherkenning door filteroperaties o.b.v. hoogtemodel

Doel	In DBMS omgeving ontwikkelen van een aantal standaard filteroperaties en op basis daarvan een algoritme voor taludherkenning.
Data	AHN 5x5 meter resolutie
Testgebied	Meerdere gebieden om robuustheid te testen, zowel langs snelwegen als langs spoorlijnen
Software	Aanmaken TIN: ArcGIS / ArcView, uitgebreid met 3D Analyst Bouwen: Java + Oracle
Indicatie tijdsduur	40-60 dagen, maar minder als gekozen wordt voor een prototype-variant buiten de DBMS
Resultaat	Rapport met beschrijving gevolgde methode en eindresultaten Open source software voor filtering, draaiend onder Java Virtual Machine

Literatuur

- [1] *Basismodel Geo-Informatie, versie 0.9*. 15 september 2004
- [2] Bakker, N. et al., *Gegevensmodel TOP10NL, versie 2.2*. Emmen, 2004
- [3] Kock, W. en R. Knippers, *TOP10NL – Digitaal Kartografisch Model, Visualisatie van de objectgerichte Top10vector*. Enschede, 2002
- [4] 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
- [5] Penninga, F., *Kartografische hoogtevoorstelling binnen TOP10NL, Inventarisatie mogelijkheden op basis van TOP10NL uitgebreid met een Digitaal Hoogtemodel*. GIST Report No. 28, Delft, 2004
- [6] Pilouk, M., *Integrated Modelling for 3D GIS*, PhD thesis, Enschede, 1996
- [7] Simonse, M., *3DTOP10, Integratie van TOP10vector en het AHN*. Delft, 2000
- [8] Stoter, J.E., F.Penninga en P.J.M. van Oosterom, *Generalization of integrated terrain elevation and 2D object models*. In: Proceedings of 11th International Symposium on Spatial data Handling, Leicester, 2004
- [9] Verbree, E., *Driedimensionale topografische terreinmodellering op basis van teraedernetwerken: TOP10-3D*. GIST Report No.16, Delft, 2002
- [10] Verbree, E., *Kartografische hoogtevoorstelling TOP10vector*. GIST Report No. 22, Delft, 2003
- [11] Verbree, E. en S. Zlatanova, *3D Data models and 3D Data structures in Geoinformation Technology*, GIST Report No. 29, Delft, 2004
- [12] <http://www.reliefshading.com>
- [13] <http://www.shadedrelief.com>

Bijlage A Vergelijking softwarepakketten voor het afleiden van reliëf [12]

EVALUATION OF DESKTOP RELIEF SHADING SOFTWARE							EASE-OF-USE & REVIEWED VERSION **	AVAILABLE PLATFORMS & COST (U.S.\$)
DATA IMPORT FORMATS *	DATA EXPORT FORMATS	ILLUMINATION & SHADING	HYPOMETRIC COLORING (TINTING)	GEOREFERENCING & IMAGE DRAPING	PERSPECTIVE VIEWS & 16-BIT	INTERESTING FEATURES	DOCUMENTATION & WEB SITE	
MacDEM elevation data: USGS ASCII DEM, SDTS DEM, DTED (Level 0, 1, and 2), Arc-ASCII-GRID, GTOPO30, GLOBE, TerrainBase, SRTM, PGM, Raw ASCII, Raw Binary image: no support	-image: PICT, TGA, TIFF -elevation data: binary, PGM (for Bryce), Photoshop 16-bit, POV-Ray, USGS ASCII, World (TFW)	-azimuth & altitude -ambience (overhead or uniform) illumination -color of brightness & contrast -contour lines	full control of colored elevation classes -smooth (continuous) transition among classes -unlimited number of classes	-adjacent image merge -good metadata information -no projection capabilities -no support for image draping -NONE OF THE APPLICATIONS CAN CROP IMAGE TO SPECIFIED COORDINATES	-small window for perspective viewing -no animation -imports and exports 16-bit images	-filters to fill gaps and smooth data -can edit DEM elevations	-only in HTML & limited -www.treeswallow.com/ -macdem/index.htm -downloadable, fully operational version	• -0.97 -MAC -free
MapRender 3D Pro -elevation data: USGS DEM, SDTS DEM, Landform Panorama MTF, RAW, ASCII, Gz PSB -image: BMP, PCX, TIFF, PNG, PSB	-image: BMP, TGA, PPM, PNG, TIFF, GEOTIFF -elevation data: USGS DEM	-azimuth, altitude & vertical exaggeration -individual colors for emission, ambient, diffuse, & specular illumination -no contour lines	full control of colored elevation classes -options for different coloring methods, i.e. slope -options for 3 types of transition among classes -limited number of classes -can't turn off hypso. tinting	-includes MapRender -Convert for reprojection (not included in demo) -good metadata information -fully georeferenced but no adjacent image merge -full support for image draping	-perspective viewing -support -no animation -no information on 16-bit	-solid (discrete), linear (continuous), & exponential (emphasis on colors at top of each range) -gradient options for hypsometric colors -reprojection options	-contained within application & complete -www.maprenderd.com -downloadable demo with most functions operational but limited data	-WIN -\$295
MapRender 3D Lite -elevation data: USGS DEM, SDTS DEM, Landform Panorama MTF, RAW, ASCII, Gz PSB -image: no support	-image: BMP, TGA, PPM, PNG, TIFF, GEOTIFF -elevation data: no support	-azimuth, altitude, & vertical exaggeration; only v.a. can be entered as a value -individual colors for emission, ambient, diffuse, & specular illumination -no contour lines	full control of colored elevation classes -can only color elevation -options for 2 types of transition among classes -can't turn off hypso. tinting -limited number of classes	-does not include MapRender Convert -good metadata information -fully georeferenced but no adjacent image merge -no support for image draping	-perspective viewing -support -no animation -no information on 16-bit	-solid (discrete), linear (continuous) & gradient options for hypsometric colors	-contained within application & complete -www.maprenderd.com -downloadable demo with most functions operational but limited data	• -1.0.1 -WIN -\$95
MicroDEM IMPORT -elevation data: DEM, DTED, SDTS, GEOTIFF, NGDC GRID, NOS EEZ, USGS ASCII CO, OS 5 or 30 km, BC Grid, SRTM, BT, ETOPO5, IMG, BIP, GEOTIFF, BMP/JPEG with World file, DRG, CADRG, various ADRG -vector: TIGER, SHP, VPF, SIN, DXF, SDTS DLG, EXPORT -image: BMP, BMP with World file, GEOTIFF, JPEG (3 and only), GIF (screen only) -elevation data: ASCII XYZ, DTED -vector: see Import	-image: TIFF, JPEG, PICT, BMP -elevation data: DEM, DXF, World	-azimuth, altitude, & vertical exaggeration -illumination ambience with "Shadows" option -no contour lines	several options for pre-set palettes -emphasis is on screen -can select foreground, background, and sky (need glasses), etc. -limited number of classes	-adjacent image merge -mini-GIS: one of its many functions is related to shading -well support for image draping/manipulation -no support for reprojection, except datum conversion	-perspective viewing and animation -support -imports and exports 16-bit images	-more GIS functionality than any others -can import GPS data	-contained within appl. or a separate PDF document— -www.mikekelly.mil/Users/ocean/pugh/webiste/ -independent, fully operational version	-WIN -free
Natural Scene Designer -elevation data: DEM, SDTS, GTOPO30, SRTM -image: DRG, DOQ, PICT, TIFF, JPEG, BMP	-image: TIFF, JPEG, PICT, BMP -elevation data: DEM, DXF, World	-azimuth & altitude, & vertical exaggeration -illumination ambience with "Shadows" option -no contour lines	full control of colored elevation classes -smooth (continuous) transition -limited number of classes	-adjacent image merge -limited metadata information -no support for reprojection -image draping support	-one of its main functions is perspective views and animation -imports and exports 16-bit images	-better than any others for perspective view quality and interface	-only in print and complete -www.naturalgfx.com/ -index.htm -no demo available	-MAC, WIN -\$89
Photoshop -elevation data: Raw -image: PSD, BMP, GIF, EPS, Filmstrip, JPEG, PCX, PDF, Photo CD, PICT, Pkac, PNG, Raw, Scitex CT, TGA, TIFF, DCS 1.0/2.0, vector linework & type -elevation data: no support	-image: PSD, BMP, GIF, EPS, JPEG, PCX, PDF, PICT, Pkac, PNG, Raw, Scitex CT, TGA, TIFF, DCS 1.0/2.0, vector linework & type -elevation data: no support	-excellent results that can be saved, but non-numeric -must be familiar with basic functions of Photoshop to achieve results -can create contour lines using selection/path tools	full control of colored elevation classes -must be familiar with intermediate functions of Photoshop to achieve results -unlimited number of classes	-no georeferencing support -no metadata information apart from graphic image -no reprojection capabilities -layering and transparency facilitate graphic image draping	-no support for perspective views or animation -supports 16-bit, but not all tools available in this mode	-raster manipulation (visual effects) is excellent, if not the best tool available	-in print but Online Help is more extensive -www.adobe.com -Tom Patterson's site with many Photoshop tutorials: www.nacis.org/cp/cp28/resources.html -downloadable demo	-MAC, WIN -\$600
Cartagena (former Shadow) -elevation data: "it will be able to import and export around 30 different DEM file formats" -image: BMP	-image: TGA, BMP -elevation data: DXF 3D, 3DMF QuickDraw 3D Binary and ASCII, ESRI ASCII and Surfer ASCII, Matlab, PGM, Raw	-azimuth, altitude, vertical exaggeration, aerial perspective, etc. -ambient, diffuse, specular, shininess illumination options -no contour lines	full control of colored elevation classes -option for hypsometric or exposition coloring -unlimited number of classes -discrete, continuous, or both	-adjacent image merge -image draping support -limited metadata information -adding reprojection, joining, cutting, vertical & horizontal offset, filtering, etc."	-small window for perspective viewing -no animation -imports and exports 16-bit images	-interactive, localized editing (fences) -exposition coloring as opposed to hypsometric	-currently in PDF -jenney@karto.baug.ethz.ch -not yet available commercially	-MAC -\$??

*NO DOCUMENTED INFORMATION ON PIXEL LIMITS FOR ANY OF THE APPLICATIONS **EASE-OF-USE-RELATIVE TO THE OTHER APPLICATIONS IN THIS REVIEW (* LEAST DIFFICULT, *** MOST DIFFICULT) DAN VAN DORN LCA, M.C.W. - NT, HOOD, OREGON - MAY '02 and N.A.C.I.S. - COLUMBUS, OHIO - OCTOBER '02

Reports published before in this series:

- 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.
- GIST Report No. 2, Stoter, J.E., Considerations for a 3D Cadastre, Delft University of Technology, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2000, 30.p.
- 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.
- 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.
- 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.
- GIST Report No. 6, Quak, C.W., An implementation of a classification algorithm for houses, Rapport aan Concernstaf Kadaster, Delft 2001, 13.p.
- 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.
- GIST Report No. 8, Vries, M.E. de en E. Verbree, Internet GIS met ArcIMS, Delft 2001, 38 p.
- 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.
- 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.
- GIST Report No. 11, Geo DBMS, De basis van GIS-toepassingen, KvAG/AGGN Themamiddag, 14 november 2001, J. Flim (eds.), Delft 2001, 37 p.
- 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.
- 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)
- GIST Report No. 14, Stoter, J.E., 3D Cadastre, Progress Report, Report to Concernstaf Kadaster, Delft 2002, 16 p.
- 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.
- 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.
- GIST Report No. 17, Zlatanova, S. Augmented Reality Technology, Report to SURFnet bv, Delft 2002, 72 p
- GIST Report No. 18, Vries, M.E. de, Ontsluiting van Geo-informatie via netwerken, Plan van aanpak, Delft 2002, 17 p.
- GIST Report No. 19, Tijssen, T.P.M., Testing Informix DBMS with spatial data from the cadastre, Delft 2002, 62 p.
- 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.

- 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.
- GIST Report No. 22, Verbree, E., Kartografische hoogtevoorstelling TOP10vector, Report aan Topografische Dienst Nederland, Delft 2003, 28 p.
- 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)
- 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.
- 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).
- GIST Report No. 26, Penninga, F., Oracle 10g Topology, Testing Oracle 10g Topology with cadastral data, Delft 2004, 48 p.
- 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.
- 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.
- GIST Report No. 29, Verbree, E. en S.Zlatanova, 3D-Modeling with respect to boundary representations within geo-DBMS, Delft 2004, 30 p.