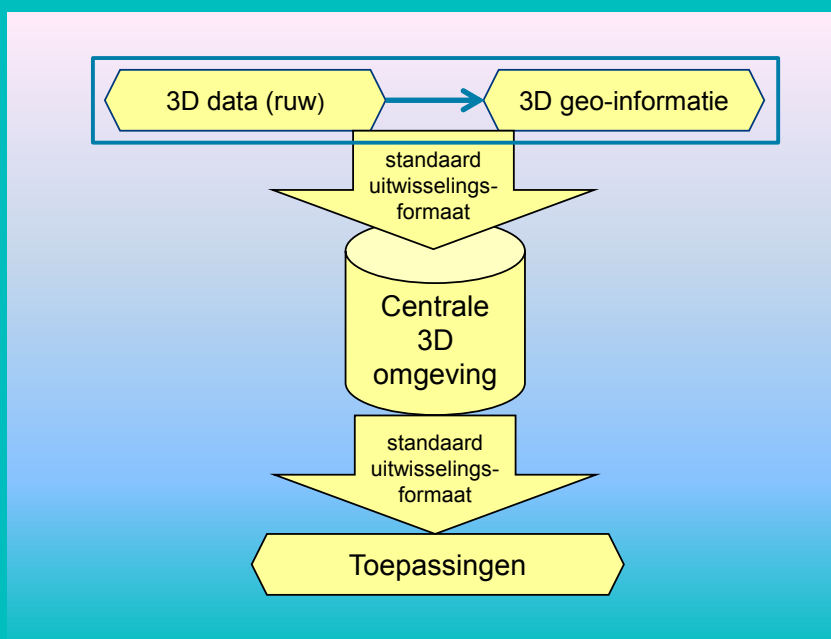


3D Pilot

Eindrapport werkgroep Aanbod van 3D geo-informatie

Joris Goos, Rick Klooster, Jantien Stoter,
Edward Verbree, Gerbrand Vestjens, George Vosselman



3D Pilot

Eindrapport werkgroep Aanbod van 3D geo-informatie

Joris Goos, Rick Klooster, Jantien Stoter,
Edward Verbree, Gerbrand Vestjens, George Vosselman



Joris Goos, gemeente Rotterdam
Rick Klooster, gemeente Apeldoorn
Jantien Stoter, Kadaster, Geonovum, TU Delft
Edward Verbree, TU Delft
Gerbrand Vestjens, Geodelta
George Vosselman, NCG, ITC U Twente

Met bijdragen van:

Dirk Aalbers, Horus Surround Vision
Bart Beers, Cyclomedia
Marc Crombaghs, Rijkswaterstaat
Matthijs Danes, Alterra
Peter Doorduyn, gemeente Rotterdam
Sander Oude Elberink, ITC U Twente
Annet Groneman, Toposcopie
Sander Jongeleen, TopconSokkia
Henk Kersten, ImaGem
Jan Kooijman, TNO
Kees van Prooijen, Bentley
Erik Vriend, iDelft
Daniël te Winkel, Kadaster

3D Pilot. Eindrapport werkgroep Aanbod van 3D geo-informatie
Joris Goos, Rick Klooster, Jantien Stoter, Edward Verbree, Gerbrand Vestjens, George Vosselman
Nederlandse Commissie voor Geodesie, Netherlands Geodetic Commission 52, 2011
ISBN: 978 90 6132 330 3

Bureau van de Nederlandse Commissie voor Geodesie
Jaffalaan 9, 2628 BX Delft
Postbus 5030, 2600 GA Delft
Tel.: 015 278 28 19
Fax: 015 278 17 75
E-mail: info@ncg.knaw.nl
Website: www.ncg.knaw.nl

De NCG is een onderdeel van de KNAW (Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen).

Inhoudsopgave

1. Samenvatting	1
2. Inleiding	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Leeswijzer	3
3. Aanpak	5
3.1 Doel van de 3D Pilot	5
3.2 Doel en doelgroep van activiteit 1	5
3.3 Werkgroep Aanbod van 3D geo-informatie	5
3.4 Beschrijving van activiteit 1	5
3.4.1 Hoofdvragen	5
3.4.2 Activiteiten	5
3.4.3 Beoogde resultaten	6
3.5 Gevolgde aanpak	6
4. Resultaten	7
4.1 Activiteit 1.1 – Bepalen testgebieden stedelijk en landelijk gebied	7
4.1.1 Stedelijk, landelijk en gehanteerde criteria	7
4.1.2 Projectgebied	7
4.2 Activiteit 1.2 – Inventarisatie en selectie benodigde data	8
4.2.1 Data op de dataserver	8
4.2.2 AHN2	8
4.2.3 Beschrijving van datasets in tabellen	9
4.2.4 Overige data op de server	9
4.2.5 Relatie met activiteit 4 3D Use cases	9
4.3 Activiteit 1.3 – Processing (van ruwe data naar informatieobjecten)	10
4.4 Activiteit 1.4 – Inventarisatie technieken voor opbouw 3D informatie	10
4.5 Activiteit 1.5 – Inventarisatie technieken voor migratie van 2D naar 2.5D, 3D	10
4.6 Activiteit 1.6 – Testdatasets beschikbaar	11
4.6.1 File-based dataserver	11
4.6.2 TWiki, www.geonovum.nl en LinkedIn	11
4.7 Additionele resultaten	11
4.7.1 Beantwoording van de hoofdvraag	12
4.7.2 Tools, presentaties, figuren, toelichtingen, rapportages	13
4.7.3 Verdere bewerkingen op de data	13
5. Verdere bewerkingen op de data	15
5.1 Alterra	15
5.2 Bentley	15
5.2.1 Opwaardering 2D topografie	15
5.2.2 Uitwisseling van 3D informatie binnen bouwprocessen (BIM-IFC-CAD)	15
5.3 Esri	16
5.4 Gemeente Rotterdam	16
5.5 Horus Surround Vision	16
5.6 iDelft BV	16
5.7 Intergraph	17
5.8 ITC Universiteit Twente	17
5.8.1 3D Boommodellen	17
5.8.2 3D Basismodel topografie	18
5.9 IT-PRO-People	18

5.10	Kadaster	18
5.11	Neo	19
5.12	Object Vision	19
5.13	Toposcopie	19
6. Opbouw van 3D geo-informatie		21
6.1	Brondata	21
6.1.1	Raster versus vector en inwinnen versus bestaande bronnen gebruiken	21
6.1.2	Brondata direct uit inwinning	21
6.1.3	Combinatie van verschillende inwinningslagen	24
6.1.4	Brondata uit bestaande bronnen	24
6.1.5	Het inwinnen van semantiek	27
6.2	Technieken	28
6.2.1	Technieken voor de opbouw van 3D geo-informatie	28
6.2.2	Technieken voor de migratie van 1D/2D/3D naar 3D geo-informatie	29
6.2.3	Modellering van het terrein	30
6.2.4	Toevoegen van textuurinformatie	30
6.3	Technische achtergronden	31
6.3.1	Mate van automatisering	31
6.3.2	Google Warehouse, online CAD en 'implicit representations'	32
6.3.3	Bouwwerk Informatie Modellen (BIM)	33
6.3.4	Software	33
6.4	Conversie naar CityGML	33
6.5	Financiële inspanningen gemoeid met de opbouw van 3D geo-informatie	34
6.6	Beheer en bijhouding van 3D geo-informatie	34
7. De positionering van 3D in de organisatie		35
7.1	Overwegingen met betrekking tot de positionering van 3D in de organisatie	35
7.2	Aanbevelingen met betrekking tot de positionering van 3D in de organisatie	35
7.3	Aanbevelingen vanuit de use cases	35
8. Conclusies en aanbevelingen		37
8.1	Conclusies	37
8.2	Aanbevelingen	38
Bijlagen		
	Bijlage I. Overzicht data op de server	41
	Bijlage II. Beschrijvende tabellen bij data op de server	45

1. Samenvatting

In dit hoofdstuk staan de hoofdpunten van het rapport beknopt beschreven.

De werkgroep Aanbod van 3D geo-informatie heeft een ruime hoeveelheid datasets op de testlocatie in Rotterdam (2D en 3D, raster en vector, kleinschalig en grootschalig, uit inwinning en uit bestaande registraties) verzameld. Via een door de TU Delft ter beschikking gestelde dataserver zijn deze datasets (maar ook enkele tools, presentaties en toelichtingen) door de deelnemers van de 3D Pilot vrijelijk te up- en downloaden. Deze dataserver blijft ook na afloop van de pilot voorlopig beschikbaar. Het 3D Pilot dossier op www.geonovum.nl bevat een beschrijving van de datasets.

In zeven plenaire bijeenkomsten en tussentijdse projectteamoverleggen is steeds aandacht besteed aan de aanbodzijde van 3D geo-informatie in Nederland. Circa twintig partijen hebben samengewerkt aan de activiteit Aanbod van 3D geo-informatie van de pilot.

De in Nederland aanwezige brongegevens (zoals TOP10NL, GBKN/BAG, DTB, AHN2, 3D CAD, AEC, BIM of IFC modellen uit ontwerp of bouw en GeoTOP) en datasets die uit inwinning kunnen worden verkregen (zoals stereoluchtfoto's, oblique luchtfoto's, 360° panoramafoto's, en laseraltimetrische data uit airborne, dynamische of terrestrische inwinning) vormen samen rijke startgegevens voor de opbouw van 3D geo-informatie.

De in de 3D Pilot uitgevoerde werkzaamheden laten zien wat anno 2011 in Nederland kan als het gaat om de opbouw van 3D geo-informatie. Deze opbouw is daarbij onderverdeeld in de opbouw van objecten (waaronder panden), de modellering van het terrein en het aanbrengen van textuurinformatie (de 'aankleding' van het model).

Onderscheid is gemaakt tussen technieken om op (semi-)automatische wijze 3D geo-informatie op te bouwen uit data die uit inwinning wordt verkregen enerzijds, en technieken om 3D geo-informatie op te bouwen uit een combinatie van ruwe data en bestaande (1D, 2D en 3D) brongegevens anderzijds. Daarvoor is het over het algemeen wel noodzakelijk dat de topografische bestanden objectgerichte informatie bevatten. Voor beide soort technieken worden op dit moment ruwweg twee paden bewandeld, te weten die van de fotogrammetrie en die van de laseraltimetrie. Hoewel het goed mogelijk is om met behulp van of fotogrammetrie of laseraltimetrie 3D geo-informatie op te bouwen, lijkt het erop dat de combinatie van beide technieken leidt tot optimale resultaten. Laseraltimetrie is dan krachtig als het gaat om opbouw van relatief eenvoudige objecten (zoals eenvoudig gevormde panden) van een hoge kwaliteit en met een hoge mate van automatisering, en fotogrammetrie lijkt het meest geschikt voor handmatige verfijning, detaillering en correctie.

Er zijn vier belangrijke technisch inhoudelijke redenen om bij opbouw van 3D informatie uit te gaan van bestaande registraties:

- Aansluiten op bestaande registraties betekent aansluiten (via GIS) op bestaande toepassingsdomeinen.
- Bestaande registraties bevatten soms semantisch rijke informatie, die moeilijk te verkrijgen is uit inwinningstechnieken (zoals fotogrammetrie en laseraltimetrie).
- Bestaande registraties bevatten informatie over objecten die de automatiseringsgraad van de methode en de kwaliteit van automatisch bepaalde semantische objecten verhoogt.
- Bij de bijhouding kan gebruik worden gemaakt van het bijhoudingsproces (of in ieder geval de daarbij gebruikte informatie) van de bestaande registraties.

De modellering van het terrein is over het algemeen niet zeer complex en bestaat uit een (constrained) triangulatie op basis van bestaande 3D punten.

Textuurinformatie is relatief eenvoudig aan te brengen, ofwel via textuurinformatie uit beeldinformatie (mits beeldinformatie zoals fotomateriaal, inclusief oriënteringsgegevens, beschikbaar is), ofwel

via textuurinformatie op basis van computer graphics. Textuurinformatie in de vorm van computer graphics is vele malen efficiënter op te slaan en te gebruiken dan textuurinformatie uit beeldinformatie, maar vereist wel dat in de 3D modellen (enige) semantiek is opgeslagen.

Op dit moment bestaan nog geen succesvolle technieken, anders dan de combinatie met bestaande (2D) gegevens en hun semantiek, om volledig automatisch tot semantisch rijke 3D geo-informatie te komen. Verwacht wordt dat daar met de introductie van een standaardreferentieformaat en de ontwikkeling van het toepassingsdomein voor 3D geo-informatie verandering in komt.

De mate van automatisering in de opbouw van 3D geo-informatie is, net als de financiële inspanning die nodig is om 3D geo-informatie op te bouwen, sterk afhankelijk van de gekozen detaillering. Het is bijvoorbeeld mogelijk om tot een LOD1 modellering te komen op basis van een volledig automatische opbouw.

De toepassingsdomeinen GEO en BIM (vergelijk GIS versus CAD, op grote schaal versus lokaal, gegeneraliseerd versus een hoge mate van detail) groeien naar elkaar toe en vullen elkaar aan. GIS gegevens (in BIM vaak aangeduid als omgevingsinformatie) kunnen als referentie worden gebruikt bij BIM, en andersom kan BIM als bron dienen voor 3D geo-informatie. Het concept van meerdere geometrische representaties (in de verschillende detailniveau's LOD0 – LOD4), zoals CityGML dat kent, is uitstekend geschikt voor een dergelijke aanpak. Waar BIM modellen informatie bevatten met een detaillering gelijk aan LOD4 is het geodomein in staat om op efficiënte wijze gebaseerd op bestaande registraties en datasets, 3D informatie op te bouwen tot LOD2.

De 3D wereld wordt gekenmerkt door een grote veelzijdigheid aan softwarepakketten en bijbehorende bestandsformaten. Het geodomein is met name gebaat bij uitbreidingen naar complete 3D functionaliteit, voor zover nog nodig, van de software pakketten die ook voor de opbouw en het beheer van 2D geo-informatie worden gebruikt.

Vanuit het perspectief van een overheidsorganisatie is de positionering van 3D geo-informatie in de organisatie niet eenvoudig. De volgende aanbevelingen zijn te doen voor overheidsorganisaties die 3D geo-informatie in hun processen willen plaatsen:

- Leg en onderhoud een contact met de toepassingsdomeinen.
- Kies en onderbouw op basis van de beoogde toepassingen een integrale strategie voor de opbouw van 3D informatie, die bepaalt welke registratie(s) bepalend zullen zijn en waarop aansluiting moet worden gezocht, maar ook bepaalt welke kwaliteit noodzakelijk en haalbaar is (detaillering, typering, semantiek, geometrie).
- Maak gebruik van partnerships en specialisten om de balans te zoeken tussen inwinnen en gebruik maken van bestaande registraties.
- Gebruik bestaande bestandsformaten in de diverse toepassingsdomeinen, maar zoek naar uitwisseling in een specifiek uitwisselingsformaat.
- De noodzaak van een standaarduitwisselingsformaat is evident en maakt meervoudig gebruik van eenmalig opgebouwde 3D informatie mogelijk.

De volgende stap is het beschikbaar maken van deze 3D informatie in een standaard zodat deze hergebruikt kan worden. De ontwikkeling van een standaarduitwisselingsformaat zal een positieve impuls betekenen voor de toegankelijkheid en uitwisselbaarheid van 3D geo-informatie.

2. Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een inleiding op dit rapport en een leeswijzer.

2.1 Inleiding

Dit rapport is de eindrapportage van een van de vier 3D Pilot activiteiten: Aanbod van 3D geo-informatie.

De 3D Pilot is een initiatief van het Kadaster, Geonovum, de Nederlandse Commissie voor Geodesie en het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, waarin meer dan zestig organisaties het afgelopen jaar hebben samengewerkt om toepassing van 3D geo-informatie een impuls te geven. Aan de hand van use cases zijn verschillende aspecten in kaart gebracht, te weten het aanbod van 3D geo-informatie, de definitie van 3D standaarden, het beheer van 3D data en het gebruik ervan in toepassingen.

Deze vier activiteiten van de pilot (Aanbod van 3D geo-informatie, 3D Standaard NL, 3D Testbed en 3D Use cases) zijn parallel maar ook in samenwerking uitgevoerd. Van iedere activiteit zijn de ervaringen gerapporteerd in een eindrapport. Inclusief managementsamenvatting, zijn de resultaten van de 3D Pilot dus verwoord in vijf rapportages:

1. 3D Pilot. Eindrapport werkgroep Aanbod van 3D geo-informatie (dit rapport);
2. 3D Pilot. Eindrapport werkgroep 3D Standaard NL;
3. 3D Pilot. Eindrapport werkgroep 3D Testbed;
4. 3D Pilot. Eindrapport werkgroep 3D Use cases;
5. 3D Pilot. Managementsamenvatting. Impressie van een jaar samenwerken.

Dit rapport beschrijft de werkzaamheden en bevindingen van de 3D Pilot activiteit die was gericht op het beschrijven van de huidige mogelijkheden om 3D data op te bouwen en het beschikbaar stellen van testdata, nodig voor het uitvoeren van de andere activiteiten.

2.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 3 beschrijft de hoofdvragen, activiteiten en gevolgde aanpak in activiteit 1: Aanbod van 3D geo-informatie. Hoofdstuk 4 somt de resultaten van deze activiteit op. In hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op één van de additionele resultaten, namelijk uitgevoerde verdere bewerkingen op de data in het kader van de use case 3D Basismodel topografie (die staat beschreven in het eindrapport van de werkgroep 3D Use cases). In hoofdstuk 6 wordt een beeld geschetst van de huidige stand van zaken als het gaat om de opbouw van 3D geo-informatie, en wordt nader ingegaan op de databronnen die daarvoor kunnen worden gebruikt. Hoofdstuk 7 bevat een aantal overwegingen met betrekking tot het opbouwen en plaatsen van 3D geo-informatie in de eigen organisatie, vanuit het perspectief van een overheidsorganisatie. Tenslotte volgen in hoofdstuk 8 conclusies en aanbevelingen.

In bijlage I wordt een overzicht gegeven van de in de 3D Pilot beschikbaar gestelde data. Tenslotte bevat Bijlage II beschrijvende tabellen bij de beschikbaar gestelde data.

3. Aanpak

Dit hoofdstuk beschrijft doelstelling, hoofdvragen, activiteiten en beoogde resultaten in activiteit 1 van de 3D Pilot. De behaalde resultaten worden in hoofdstuk 4 toegelicht.

3.1 Doel van de 3D Pilot

Doel van de 3D Pilot is om met een integrale aanpak van inwinning tot toepassing aan het werk te gaan met 3D geo-informatie. De in de praktijk opgedane inzichten kunnen vervolgens leiden tot een algemeen 3D referentiekader. Hierdoor moet het mogelijk worden 3D informatie makkelijker te genereren en uit te wisselen en daardoor breder toegankelijk te maken.

Kort gezegd: Na de uitvoering van de 3D Pilot heeft Nederland een beter inzicht in de 3D mogelijkheden en kan het gericht aan de slag.

3.2 Doel en doelgroep van activiteit 1

Activiteit 1 behandelt het aanbod van 3D geo-informatie en verzorgt de selectie en ontsluiting van testdata. De doelgroep van activiteit 1 is daarmee tweeledig:

- de deelnemers aan de pilot;
- overheden, instanties en bedrijven die (willen) werken aan en met 3D.

De reikwijdte van activiteit 1 is groter dan die van de 3D Pilot, omdat de in activiteit 1 verzamelde testdata voorlopig beschikbaar blijft voor toekomstige test, pilots en ontwikkelingen.

3.3 Werkgroep Aanbod van 3D geo-informatie

Al bij de start van de 3D Pilot bestond veel animo voor deelname aan activiteit 1. We beëindigden dit project met circa 25 deelnemers, waaronder velen die testdata beschikbaar hebben gesteld of bewerkingen op de testdata hebben uitgevoerd.

3.4 Beschrijving van activiteit 1

3.4.1 Hoofdvragen

Activiteit 1 onderscheidt twee hoofdvragen:

1. Op welke wijze kan 3D informatie conform *het 3D referentiemodel* en conform *de vraag* automatisch worden gegenereerd?
2. Hoe kan 2D data worden opgewaardeerd naar 3D informatie?

Ad 1. Hierbij gaat het om het omzetten van brongegevens (direct uit inwinning of uit bestaande gegevens) in betekenisvolle objecten conform het referentiemodel CityGML.

3.4.2 Activiteiten

De beantwoording van de hoofdvragen is opgesplitst in zes activiteiten, die in onderlinge samenhang zijn uitgevoerd:

- 1.1 Bepalen testgebieden stedelijk en landelijk gebied.
- 1.2 Inventarisatie en selectie benodigde data.
- 1.3 Processing (van ruwe data naar informatieobjecten).
- 1.4 Inventarisatie inzetbare technieken voor opbouw 3D informatie.
- 1.5 Inventarisatie beschikbare technieken voor migratie van 2D naar 2.5D, 3D.
- 1.6 Testdatasets beschikbaar stellen.

Naast de noodzakelijke onderlinge samenhang, is ook de relatie met de andere activiteiten in de 3D Pilot (3D Standaard NL, 3D Testbed en 3D Use cases) belangrijk. Eén van de doelen van activiteit 1 was het faciliteren van de werkzaamheden in de andere activiteiten.

3.4.3 Beoogde resultaten

Bovenstaande activiteiten beoogden te leiden tot de volgende resultaten:

1. Een inventarisatie van inzetbare technieken voor de opbouw van 3D informatie uit ruwe data.
2. Een inventarisatie van inzetbare technieken voor de opbouw van 3D informatie uit bestaande gegevens.
3. Het beschikbaar gesteld hebben van een ruime hoeveelheid datasets (met variërende eigenschappen) in het projectgebied.
4. Een inventarisatie van de beschikbaar gestelde data.

3.5 Gevolgde aanpak

Om de 3D Pilot succesvol uit te kunnen voeren zijn tweemaandelijks plenaire bijeenkomsten belegd. Inclusief kick-off meeting hebben er zeven plenaire bijeenkomsten plaatsgevonden. Tussentijds heeft steeds overleg plaatsgevonden met het project team 3D Pilot, waarvan de trekkers van alle activiteiten deel uit maakten. Steeds is ook aandacht besteed aan de werkzaamheden en voortgang in activiteit 1.

Tijdens de werkzaamheden in activiteit 1 is op basis van de ervaringen de aanpak van activiteit 1 iets aangepast. Zo is uiteindelijk gekozen voor een enkel testgebied (niet meerdere). Daarnaast is het lastig gebleken om alle beschikbare datasets al in een vroeg stadium in een standaard (CityGML, zie eindrapport werkgroep 3D Standaard NL) te kunnen ontsluiten. Juist vanwege het nog ontbreken van een nationale standaard voor 3D geo-informatie ontbraken soms nog de noodzakelijke conversie-tools. Daarnaast is de afstemming met de use cases minder intensief geweest dan vooraf verwacht.

4. Resultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de behaalde resultaten onderverdeeld naar de zes activiteiten (zie paragraaf 3.4.2) en additionele resultaten die parallel daaraan zijn ontstaan. De resultaten van activiteit 1.4 (inventarisatie inzetbare technieken voor opbouw 3D informatie) en 1.5 (inventarisatie beschikbare technieken voor migratie van 2D naar 2.5D, 3D) worden uitgediept in hoofdstuk 6. Eén van de additionele resultaten, te weten de verdere bewerkingen op de data in het kader van de use case 3D Basis topografie, wordt beschreven in hoofdstuk 5.

4.1 Activiteit 1.1 – Bepalen testgebieden stedelijk en landelijk gebied

4.1.1 Stedelijk, landelijk en gehanteerde criteria

Deze activiteit behelsde de selectie van de locatie van testgebieden, zodat de in de 3D Pilot uitgevoerde werkzaamheden zich concentreerden op dezelfde gebieden en op een rijke hoeveelheid aan informatie.

Bij de start van de pilot is gekozen voor twee typen locaties, waarvan één met een landelijk karakter en één met een stedelijk karakter. De gedachte is daarbij steeds geweest dat use cases in stedelijk en landelijk gebied een heel verschillend karakter zouden kennen. Daarnaast gaf zo'n keuze de mogelijkheid om op twee schalen onderzoeken uit te voeren: op een grote schaal, met grootschalige data, in stedelijk gebied, en op een kleinere schaal, met kleinschaliger data, in landelijk gebied. Verschillende locaties zijn besproken. Voor stedelijk gebied is gesproken over de campus van Delft (Climate City Campus), Apeldoorn (Virtueel Apeldoorn) of Rotterdam (relatie met BIM). Voor landelijk gebied is gesproken over de regio Haaglanden, knooperf Tubbergen (Virtueel Nederland), een omgeving nabij Venlo (Virtueel Nederland) of een omgeving in Friesland nabij Leeuwarden.

Bij de selectie van locaties is rekening gehouden met de mogelijkheden van de locatie, de definitie van de use cases en de hoeveelheid en toepassingsmogelijkheden van de beschikbare informatie.

4.1.2 Projectgebied

Het project is gestart met testlocaties Rotterdam (stedelijk karakter, ruime hoeveelheid en toepassingsmogelijkheden van bij deelnemers aanwezige informatie) en locatie Friesland (landelijk karakter, beschikbaarheid AHN2). Voor Rotterdam werd een testlocatie van iets meer dan 1 km² aangewezen. Daarbinnen werd, voor bijzondere arbeidsintensieve toepassingen, nog een kleine locatie van enkele hectaren aangewezen, waarop in meer detail kon worden gewerkt. In Friesland is een testlocatie van krap 20 km² aangewezen.

Een aantal van de eerste toepassingen die meer verwacht werden in kleinschaliger testgebied werden echter ook in Rotterdam gerealiseerd. De verwachte verschillen in karakter (stedelijk versus landelijk) bleken niet zo groot. Daarom is er in de loop van het project, ook omwille van het gemak, voor gekozen om het projectgebied te beperken tot alleen de testlocatie Rotterdam.

Omdat in Rotterdam een rijke hoeveelheid testdatasets beschikbaar was, ook testdata die normaliter niet in landelijk gebied worden ingewonnen (zoals de ligging van kabels en leidingen, en gedetailleerde beheerinformatie), zijn niet alle in de pilot ontwikkelde toepassingen ook mogelijk in de rest van Nederland. Daarmee is rekening gehouden in hoofdstuk 6, bij de beschrijving van technieken voor de opbouw van 3D geo-informatie.

Een aantal use cases in activiteit 4 speelden zich af op andere locaties, door de aanwezigheid van specifieke data of kennis (onder meer in Apeldoorn en Vlaardingen). Meer informatie daarover is na te lezen in het eindrapport van activiteit 4 werkgroep 3D Use cases.



Het projectgebied in Rotterdam (Wilhelminapier, Kop van Zuid en Noordereiland), inclusief locatie voor hoog detail (nabij en inclusief Hotel New York).

4.2 Activiteit 1.2 – Inventarisatie en selectie benodigde data

Voor de testlocatie Rotterdam is een breed pakket aan data gezocht. Veel deelnemers aan de 3D Pilot waren bereid om hun data beschikbaar te stellen. Dat was zeer waardevol voor de 3D Pilot en heeft ervoor gezorgd dat de verzamelde datasets een compleet beeld vormen. De verzamelde datasets:

- variëren van kleinschalig (minder gedetailleerd) tot grootschalig (meer gedetailleerd);
- beschrijven de bebouwde en de openbare ruimte;
- omvatten boven- en ondergrondse gegevens.

Daarnaast zijn er zowel gegevens direct uit inwinning (ruwe data) als gegevens afkomstig uit bestaande bronnen (2D/3D geo-informatie) verzameld. Niet alle testdata is gesitueerd in Rotterdam.

4.2.1 Data op de dataserver

Veel van de geselecteerde brongegevens zijn verzameld op een dataserver die door de TU Delft beschikbaar is gesteld (zie paragraaf 4.6.1). Het betreft de gegevens in de tabel in bijlage II op projectlocatie Rotterdam.

Naast deze gegevens bestaan ook nog data die zijn ontstaan tijdens de werkzaamheden voor activiteiten 3 (testbed) en 4 (use cases). Hoofdstuk 5 beschrijft deze datasets.

Er zijn kleine verschillen tussen het resultaat van de inventarisatie van beschikbare gegevens dat aan het begin van de 3D Pilot is uitgevoerd en de uiteindelijk verzamelde datasets. Dat komt door de wisselende teamsamenstelling. Het team is tijdens de pilot gegroeid en een enkele leverancier heeft geen gegevens geleverd.

4.2.2 AHN2

Op de testlocatie is ook AHN2 (Actueel Hoogtebestand Nederland) beschikbaar. AHN2 is de tweede versie van een landsdekkende laserdataset en bevat als zodanig waardevolle hoogte-informatie. De data is niet opgeslagen op de dataserver, maar kan op aanvraag worden verkregen door de deelnemers aan de 3D Pilot.

4.2.3 Beschrijving van datasets in tabellen

Van de datasets die op de server zijn verzameld, zijn de meest relevante beschreven aan de hand van metadata in een tabel in bijlage II. Deze tabellen bevatten onder meer informatie over herkomst, kwaliteit en wijze van totstandkoming en zijn ingevuld door de leveranciers van de data zelf. Ondanks dat sommige datasets ruwe data betreffen en sommige datasets geproceste data, en hoewel de datasets aan de hand van sterk verschillende methoden zijn opgebouwd, is steeds gebruik gemaakt van een enkele tabel.

Per tot stand gekomen 3D model worden in die tabel de technieken beschreven die zijn gebruikt bij de opbouw van het betreffende model. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Per in de pilot opgebouwd 3D model is één tabel gevuld. Het 3D model is bij voorkeur beschikbaar in het in de pilot benoemde referentieformaat (CityGML, zie eindrapport werkgroep 3D Standaard NL), maar ook als dat niet het geval is, is een tabel ingevuld. Waar mogelijk is aan het referentieformaat specifieke aandacht besteed.
- De tabel beschrijft de gebruikte brongegevens, die ofwel direct uit inwinning afkomstig zijn, ofwel reeds bestaande gegevens betreffen. Zo wordt geen expliciet onderscheid gemaakt tussen technieken voor opbouw van 3D informatie en technieken voor migratie van 2D naar 3D. Wel wordt dat onderscheid gemaakt door de beschrijvende tabellen in twee paragrafen te verdelen.
- De tabel is opgebouwd in min of meer chronologische vorm: inwinning, voorbewerking, combinatie, modellering, conversie. Dat sluit niet uit dat tijdens het proces van opbouw geen iteraties plaatsvinden.

Omdat de uitwerking in tabellen geënt is op de in de pilot opgebouwde 3D modellen, bevat dit document niet noodzakelijkerwijs een compleet overzicht van alle inzetbare technieken om uit gegevens uit inwinning en/of bestaande gegevens 3D informatie op te bouwen. Wel komen alle technieken die in de pilot zijn gebruikt aan bod, zodat een passend beeld ontstaat van de anno 2011 toegankelijke mogelijkheden.

4.2.4 Overige data op de server

Niet alle data op de server (zie bijlage I) zijn beschreven aan de hand van een tabel in bijlage II. Dat maakt die gegevens echter niet minder interessant. Zo bevat de dataserver een aantal instanties van bestaande 3D modellen in CityGML (Munich, Frankfurt, Delft, afkomstig van de TU Delft). Het Kadaster heeft ter referentie kadastrale percelen geüpload.

De server bevat verder een aantal instanties van de Erasmusbrug (afkomstig van Toposcopie en de Gemeente Rotterdam), in diverse formaten en de resultaten van conversie via FME naar CityGML daarvan, in het kader van de werkzaamheden in activiteit 3 (3D testbed).

Daarnaast is een BIM Model van het op dit moment in aanbouw zijnde gebouw De Rotterdam verkregen. Het model (uit SketchUp) is gemaakt door bouwkundig adviesbureau Grandia in opdracht van het Kadaster. Het model is gebruikt om na te gaan hoe 3D inschrijvingstekeningen (in 3D PDF) kunnen worden gegenereerd voor erfpachten en opstalrechten gevestigd op verschillende eenheden in het gebouwencomplex. Het Kadaster heeft het bestand ter beschikking gesteld aan 3D Pilot deelnemers zodat hier verdere experimenten mee konden worden uitgevoerd.

4.2.5 Relatie met activiteit 4 3D Use cases

Sommige use cases speelden zich af op andere locaties (zie paragraaf 4.1.2), maar over het algemeen is goed gebruik gemaakt van de in activiteit 1 verzamelde datasets. Onderstaande tabel (overgenomen uit het eindrapport in activiteit 4 werkgroep 3D Use cases) toont per use case de 3D Pilot testdata die gebruikt is om de use case uit te voeren.

Meer informatie over de use cases is na te lezen in het eindrapport van activiteit 4 werkgroep 3D Use cases.

Use case	Gebruikte data
3D Kadaster	Sketchup van De Rotterdam GBKN 2D Kadastrale kaart LOD1 (gebouwen)
3D basismodel topografie	AHN2 In opdracht van Rotterdam ingewonnen laserscan data door Fugro TOP10NL GBKN DTB-RWS
Dataintegratie ten behoeve van continue 3D modellen	3D model van de geologische ondergrond 3D model van tunnel 3D modellen van andere ondergrondse objecten
3D en BIM	IFC model van gebouw Testmodel van IFC data
Ruimtelijke ordening in 3D	Stedenbouwkundig ontwerp vanuit Sketchup Wegontwerp vanuit Bentley Powercivil IFC model van gebouw Bestaande 3D modellen voor Virtueel Apeldoorn vanuit 3D Studio Max
Mutatiesignalering in 3D	AHN2 Door Fugro ingewonnen laserpuntdata (in opdracht van Gemeente Rotterdam) AHN2 voor gebied in de gemeente Vlaardingen Pandenkaart gemeente Vlaardingen Programma 3D mapping van ITC Luchtfoto's

Gebruikte data per use case.

4.3 Activiteit 1.3 – Processing (van ruwe data naar informatieobjecten)

Een aantal datasets betreft al informatieobjecten (objecten die vatbaar zijn voor interpretatie, soms ook wel intelligente objecten genoemd). Voor veel datasets geldt dat echter niet. Die data moest worden omgezet naar informatieobjecten, voordat ze bruikbaar wordt in toepassingen. Soms is het daarvoor noodzakelijk en/of gewenst om meerdere datasets te combineren tot één nieuwe dataset (processing). Een aantal ruwe data is omgezet naar informatieobjecten. De bijbehorende tabellen in bijlage II lichten dat proces toe.

4.4 Activiteit 1.4 – Inventarisatie technieken voor opbouw 3D informatie

In de pilot is extra kennis opgedaan over de methodes en werkwijzen om processing uit te voeren op ruwe data en deze op te waarderen tot 3D informatieobjecten. Meer informatie daarover is opgenomen in de beschrijvende tabellen in bijlage II en in hoofdstuk 6 en 7.

4.5 Activiteit 1.5 – Inventarisatie technieken voor migratie van 2D naar 2.5D, 3D

Bijlage II beschrijft niet alleen informatieobjecten die zijn opgebouwd uit ruwe data. Vaak ontstaat 3D als een combinatie van ruwe data en bestaande (bijvoorbeeld 2D) informatieobjecten. Zo ontstond het overzicht van alle inzetbare technieken anno 2011 om data in te winnen, te verwerken, te combineren met bestaande informatieobjecten, tot 3D informatieobjecten. De ervaringen uit de pilot voor wat betreft het migreren van bestaande (2D) informatieobjecten naar 2.5D en 3D, zijn in hoofdstuk 6 en 7 verwerkt.

4.6 Activiteit 1.6 – Testdatasets beschikbaar

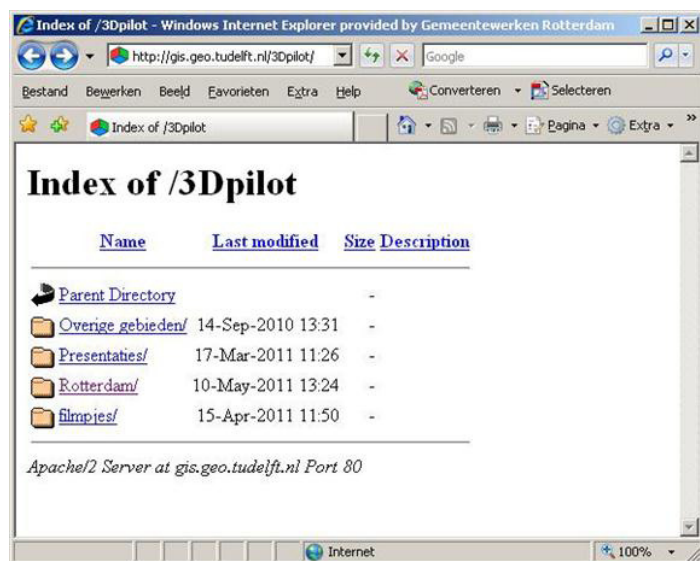
In deze activiteit zijn de verzamelde testdatasets via een FTP server beschikbaar gemaakt voor alle deelnemers aan de 3D Pilot.

4.6.1 File-based dataserwer

De TU Delft heeft daartoe een file-based FTP dataserwer ter beschikking gesteld. Via deze server zijn bestanden door de deelnemers aan de 3D Pilot vrijelijk te up- en downloaden. De noodzakelijke login-gegevens zijn via e-mail met de deelnemers gedeeld. De file-based dataserwer blijft na afloop van de 3D Pilot (tenminste enige tijd) benaderbaar via deze login.

De in activiteit 1.1 verzamelde datasets zijn geüpload, zoveel mogelijk in het beoogde referentieformaat (CityGML), of anders in breed geaccepteerde bestandsformaten.

De dataserwer is niet de enige ingang voor data; in activiteit 3 (3D Testbed) is een database opgebouwd waarin 3D informatie in het referentieformaat (CityGML) is ontsloten.



File-based dataserwer.
Bron: 3D Pilot projecteam.

4.6.2 TWiki, www.geonovum.nl en LinkedIn

De datasets op de server zijn beschreven in een enkele tabel, waarin onder meer contactpersoon, herkomst, bestandsformaten en een korte beschrijving van de data zijn opgenomen. Deze tabel is beschikbaar via het online dossier van de 3D Pilot op www.geonovum.nl. Daarnaast zijn zoveel als mogelijk kleine beschrijvende tekstbestanden (readme.txt) geüpload.

Communicatie over de 3D Pilot heeft verder plaatsgevonden via LinkedIn en het uitgebreide dossier 3D Pilot op www.geonovum.nl.

Tijdens de loop van de 3D Pilot is ook gebruikt gemaakt van een door de TU Delft beschikbaar gesteld platform, TWiki, waarop genoemde metadatatablel en nadere toelichting beschikbaar is geweest. Door het toenemende gebruik van LinkedIn en het 3D Pilot dossier is deze TWiki sinds kort niet meer actief.

4.7 Additionele resultaten

Tijdens de pilot hebben een aantal partijen (private en publieke) nader kennis gemaakt en samengewerkt aan de use cases in activiteit 4. Tijdens de laatste plenaire sessie in de 3D Pilot werd ook met name dat aspect van de 3D Pilot door de deelnemers gewaardeerd. Naast deze opbouw van een breder kennisnetwerk zijn nog een aantal additionele resultaten te benoemen.

Partij	Contact	Email	Dataset	Versie	Formaat(s)	Gebied	Beschrijving	Directory
Waterschapshuis	Edward Verbeere	e.verbeere@tudelft.nl	AHN2 testlocatie Rotterdam	1	xyz_grid, luchtfoto's	Kop van Zuid	Volledige AHN2 dataset: XYZ-puntdata (gefilterd, ongefilterd), grids (gefilterd, ongefilterd), luchtfoto's	Special Website (i.v.m. gebruiksrecht beperkingen). http://gis.geo.tudelft.nl/DpilotAHN
Projectgroep	Joris Goos	j.goos@gw.rotterdam.nl	Projectgrens testlocatie Rotterdam	1	dxf, shp	Rotterdam		http://gis.geo.tudelft.nl/Dpilot/Rotterdam/Projectgrens/
Projectgroep	Joris Goos	j.goos@gw.rotterdam.nl	Projectgrens testlocatie Rotterdam_zoom	1	dxf, shp	Rotterdam_zoom		http://gis.geo.tudelft.nl/Dpilot/Rotterdam/Projectgrens/
TNO	Jan Kooijman	jan.kooijman@tno.nl	Schie en Krimpenerwaard	1	shp met s.a. shp	Rotterdam	3Dmodel op gestapelde grids (voxels)	http://gis.geo.tudelft.nl/Dpilot/Rotterdam/Ondergrond/
Delft	Erik Vriend	erik.vriend@delft.nl	CityGML op basis van Collada bestanden	1	shp met uitleg in PDF	Rotterdam (Noordereiland)	Drie voorbeeld gebouwen gemodelleerd met SketchUp (in Collada) op basis van oblieke luchtfotos. LOD2 modellering inclusief schone daken en dak en gevel aanleiding. De modellen zijn omgezet in het CityGML formaat (elke gebouw een apart bestand). Tevens een grondvlak (in CityGML formaat). De bestanden kunnen gezamenlijk geladen worden in	http://gis.geo.tudelft.nl/Dpilot/Rotterdam/Noordereiland_Collada_CityGML/

Metadatatabel via dossier 3D Pilot. Bron: 3D Pilot projectteam.

Projectgroep	Contact	CityGML Converter	Versie	MSI	Nederlands	
Projectgroep Erik Vriend	erik.vriend@delft.nl	CityGML Converter	1	MSI	Nederlands	Deze software mag door Deelnemers en Niet-Deelnemers van 3D Pilot gebruikt worden. Software om SHP bestanden om te zetten in CityGML modellen (zie Friesland voorbeelden). We verwijzen u naar de website zodat de software periodiek wordt geüpdatet. http://www.delft.nl/Download/Open3D_DataCon Uitleg http://www.delft.nl/Download/ReadMe.htm
deelnemer groep 1	Peter Doorduyn p.doorduyn@gw_no_spam.rotterdam.nl	3D en 3D data van omgeving, gebouwen, kabels en leidingen	1	shp, dwg, etc	Rotterdam	Er staan een aantal directories met informatie omtrent de gebouwen van Rotterdam. De Artos zijn losse lijn grenzen van gebouwen, wegen, etc. In de 3D-dwg-omgeving staan 3 dwg bestanden (patch kan worden ingeladen in AutoCAD), er zit data aan vast. Beheer data van rotterdam met info over de gebouwen en de straten (in shp). Kabels en leidingen, info over deze objecten in de 3D-omgeving. In deze map staat het oude centraal stadsplan van Rotterdam geplakt binnen de projectgrens, dit is van een geotraceerd object, gemaakt in AutoCAD Architecture, vervolgens een export gemaakt naar een export naar IFC. Tenslotte nog een map met luchtfoto's van het gebied (2009)
Groep 3	Edward Verbeere e.verbeere@tudelft.nl	Frankfurt_Street_Setting_LOD3	1	CityGML	Overige gebieden	Een voorbeeld CityGML in LOD3. Zie http://www.citygml.org/1.5.3/
Groep 3	Edward Verbeere e.verbeere@tudelft.nl	Munich	1	CityGML	Overige gebieden	Een voorbeeld CityGML in LOD2 met bebouwing. Zie http://www.citygml.org/1.5.3/

Metadatatabel via TWiki. Bron: 3D Pilot projectteam.

4.7.1 Beantwoording van de hoofdvraag

Tijdens de behandeling van de hoofdvraag onderstreepten de deelnemers in activiteit 1 de volgende conclusies:

- De bepaling van wat betekenisvolle informatieobjecten zijn, ligt niet aan de aanbod zijde maar aan de vraagzijde. Nauw samenwerken met activiteit 4 3D Use cases is dus essentieel geweest.
- De automatische inwinning van 3D geometrie is een uitdaging, maar de automatische inwinning van 3D geometrie en semantiek, noodzakelijk voor een semantisch rijk referentieformaat, is een nog grotere uitdaging.

Daarnaast zijn met name de ontwikkelingen in de overheidsmarkt, als het gaat om bijvoorbeeld de vrije beschikbaarheid van data (open data), maar ook als het gaat om de samenwerking (partnerships), spannend voor deelnemers aan activiteit 1.

4.7.2 Tools, presentaties, figuren, toelichtingen, rapportages

Naast brondata zijn ook diverse tools, presentaties, rapportages, toelichtingen en figuren op de data-server geplaatst. Een voorbeeld daarvan betreft de CityGMLconverter van iDelft, die vrij beschikbaar is gesteld en waarmee shp bestanden kunnen worden omgezet naar CityGML.

4.7.3 Verdere bewerkingen op de data

Bij de uitwerking van de use cases in activiteit 4 zijn diverse verdere bewerkingen op de data uitgevoerd in het kader van de use case 3D Basismodel topografie. Deze worden beschreven in hoofdstuk 5.

5. Verdere bewerkingen op de data

In het kader van de use case 3D Basismodel topografie zijn diverse verdere bewerkingen op de data uitgevoerd. Op de plenaire sessie van november 2010 zijn deze bewerkingen door de betrokken deelnemers gepresenteerd. Dit hoofdstuk beschrijft die verdere bewerkingen per deelnemer.

5.1 Alterra

Alterra heeft 3D modellen voor bomen gegenereerd op basis van laserdata, de locaties van bomen in het terrein (uit beheersgegevens) en verschillende parametrische principes. Resultaten zijn 3D boommodellen die per individuele boom verschillen, maar steeds zijn opgebouwd met een beperkt aantal basisvariabelen. De 3D modellen geven daardoor een representatief beeld van de realiteit en tegelijkertijd is de benodigde opslagruimte beperkt.



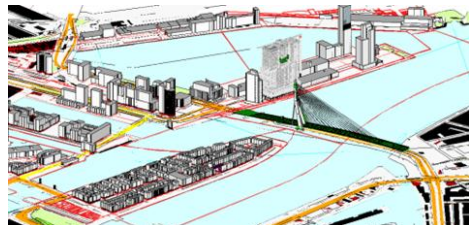
3D Parametrische boommodellen. Bron: Alterra.

5.2 Bentley

Bentley heeft twee bewerkingen op de data uitgevoerd.

5.2.1 Opwaardering 2D topografie

Beschikbare 2D topografische gegevens, te weten het kleinschaliger TOP10NL en grootschaliger GBK, zijn opgewaardeerd naar een 3D model met behulp van verschillende Bentley software modules en op basis van de beschikbare hoogtegegevens. Zo ontstaat een basismodel voor 3D topografie. De data is toegankelijk gemaakt door de ontstane 3D objecten te exporteren naar CityGML.



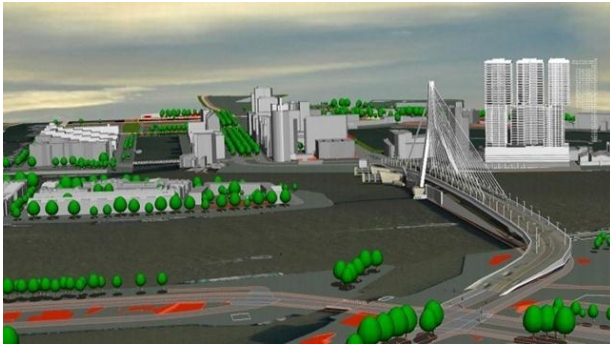
3D TOP10NL. Bron: Bentley.

5.2.2 Uitwisseling van 3D informatie binnen bouwprocessen (BIM-IFC-CAD)

Data uit alle use cases zijn samengebracht in een enkele omgeving. Het gaat om:

- een puntenwolk uit laserdata;
- 3D gebouwen uit de laserdata gecreëerd;
- volumes voor elke grondlaag, gecreëerd uit voxeldata;
- 3D texturering, door draperen van de luchtfoto over het terreinmodel;
- 3D boommodellen;
- 3D ontwerp van het gebouwcomplex De Rotterdam;
- 3D tunnel afkomstig uit IFC (BIM) gegevens.

De 3D objecten zijn met Bentley MicroStation en Bentley Map gemodelleerd. Het bestaande IFC/BIM model van De Rotterdam is geïmporteerd en gepresenteerd in de 3D omgeving samen met de overige databronnen. Het IFC model is met Bentley Map - FME naar CityGML (niveaus LOD3 en LOD4) geëxporteerd.



De combinatie van data uit alle use cases in een enkele omgeving. Bron: Bentley.

5.3 Esri

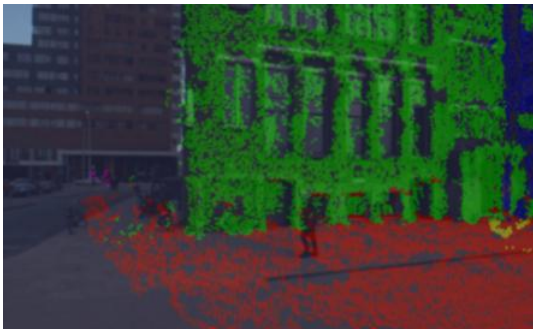
Esri Nederland heeft gewerkt aan data-integratie ten behoeve van continue (geologische) 3D modellen en met behulp van ArcGIS 10 de meerwaarde laten zien van de combinatie van voxel- met vectormodellen. De gegevens over de ondergrond (TNO, voxelmodellen GEOTOP) zijn geïntegreerd met een bestaand 3D model van de RandstadRail tunnel. Vanuit één omgeving zijn beide datasets geanalyseerd. Daarmee kunnen lastige vragen, zoals "hoeveel klei kom ik tegen op de route van A en B", gemakkelijker worden beantwoord.

5.4 Gemeente Rotterdam

Gemeente Rotterdam heeft aan de hand van diverse software tools laten zien hoe bestaande 3D modellen van gebouwen kunnen worden geëxporteerd naar IFC en XML modellen en naar het referentieformaat CityGML. Deze conversies zijn noodzakelijk voor een uitwisseling van 3D informatie binnen bouwprocessen en in relatie tot BIM omgevingsinformatie.

5.5 Horus Surround Vision

Horus Surround Vision heeft uit 360° video-opnamen rond Hotel New York een 3D model geconstrueerd. Deze manier van inwinnen past men toe voor safety en security doeleinden, maar ook in civiele toepassingen. De generatie van het 3D model verloopt bijna in real-time (dus vrijwel direct).

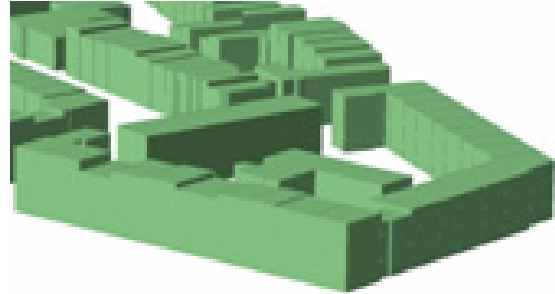


Puntenwolken met hoge dichtheid uit 360° video-opnamen. Bron: Horus Surround Vision.

5.6 iDelft BV

iDelft past zelfontwikkelde software toe om automatisch CityGML modellen te generen, op basis van 2D gebouwpolygoenen (bijvoorbeeld uit TOP10NL) en AHN2. Daarnaast worden luchtfoto's gebruikt voor de texturering (aankleding) van de daken en worden terrestrische beelden gebruikt voor de texturering van de overige delen van het model. Het terrein is gemodelleerd met een terreinmodel (DTM). De combinatie van terreinmodel en 3D gebouwmodellen is gevisualiseerd in een CityGML viewer. De opbouw van 3D informatie en het aanmaken van CityGML bestanden geschieden synchroon. De nadruk bij de productie ligt op grootschalige automatische conversies om tot een schaalbare productie te komen. Automatische modellering op basis van laseraltimetrische data is complex, en het is niet in alle gevallen mogelijk om bebouwing af te leiden.

Daarnaast werkt iDelft momenteel aan het automatisch genereren van zeer gedetailleerde gegevens zonder het gebruik van de gebouwpolygonen. Dit heeft als voordeel dat geen rekening hoeft te worden gehouden met temporele verschillen tussen twee datasets, om tot de opbouw van een 3D model te kunnen komen. Er wordt gebruik gemaakt van diverse routines van onder andere (in samenwerking) routines afkomstig van het ITC U Twente.



TOP10NL gebouwen in 3D CityGML. Bron: iDelft.



*3D gebouwen en bomen in CityGML.
Bron: iDelft en Alterra.*

5.7 Intergraph

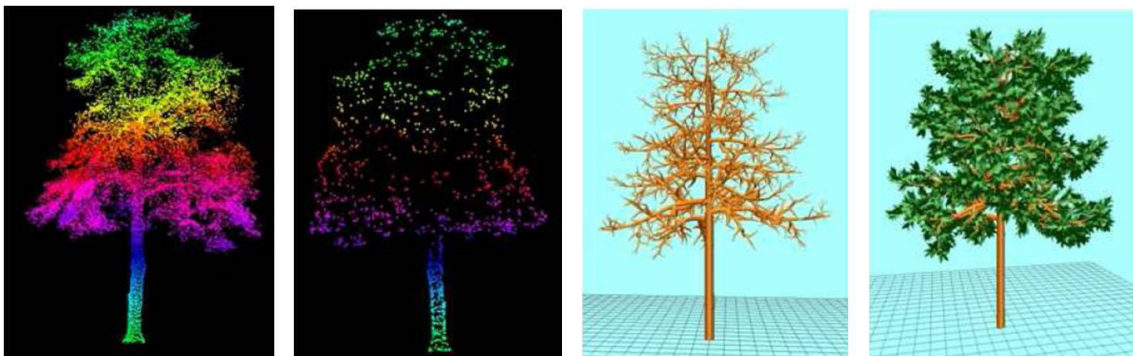
Met de beschikbare data richtte Intergraph zich in de 3D Pilot op de mogelijkheden van analyse en presentatie. Voor modellering van 3D objecten is gebruik gemaakt van bestaande derde partij oplossingen zoals Google Sketchup. Visualisatie van de gegevens gebeurt met GeoMedia3D, dat gebruik maakt van standaard uitwisselingsformaten om 3D gegevens te importeren.

5.8 ITC Universiteit Twente

ITC U Twente heeft twee bewerkingen op de data uitgevoerd.

5.8.1 3D Boommodellen

ITC U Twente heeft 3D boommodellen gegenereerd van laserpuntdata van mobiele laserscanners. In tegenstelling tot de aanpak van Alterra, wordt hierbij de vorm van een boom niet door een paar parameters beschreven maar door het oppervlak dat door de buitenste punten wordt opgespannen. De inhoud van dit omhulsel wordt vervolgens gegenereerd met behulp van een grammatica die de

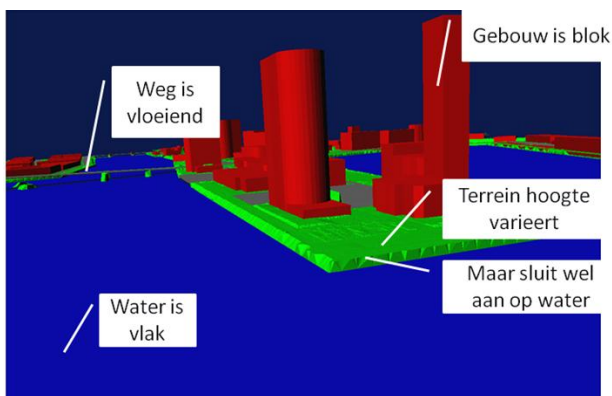


Puntenwolk van de mobiele laserscanner, de buitenste punten en het resulterende 3D boommodel zonder en met bladeren. Bron: ITC.

mogelijke vertakkingen met een paar parameters beschrijft. Met deze methode krijgt het boommodel een vorm die overeenkomt met de werkelijke vorm terwijl de inhoud kan worden beschreven door slechts een paar parameters.

5.8.2 3D Basismodel topografie

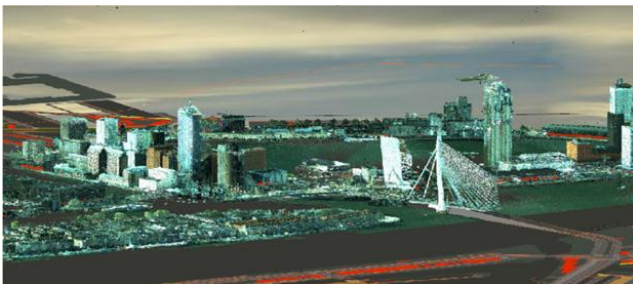
Met zelfontwikkelde software is een 3D topografisch model uit laserpuntdata (gefilterd tot 1–2 p/m²) en TOP10NL gegenereerd, zie voor de gevolgde methodieken ook (Oude Elberink, 2010)¹. Daarbij wordt rekening gehouden met specifieke kenmerken per klasse. De activiteiten richtten zich met name op de combinatie van 2D topografie met laseraltimetrie. TOP10NL is met laserdata (gereduceerd tot 1–2 p/m²) gecombineerd tot een 3D model van een klein stukje van Rotterdam. Dat gebeurt geheel automatisch. De globale werking is als volgt: per polygoon wordt bekeken welke laserdata er bij kan horen of niet, afhankelijk van de topografische klasse van het object. Dan wordt onderzocht hoe het object in 3D gemodelleerd kan worden. Daarnaast wordt gecontroleerd of twee – in 2D – aangrenzende polygoon ook in 3D aan elkaar moeten grenzen of dat er een hoogtesprong optreedt.



3D TOP10NL op basis van een zinnvolle combinatie met laserpuntdata.
Bron: ITC U Twente.

5.9 IT-PRO-People

IT-PRO-People heeft 3D gebouwen gereconstrueerd uit de aanwezige laserpuntdata en deze ingevogd in een Oracle spatial database. Daarbij is Terrasolid en Bentley software gebruikt.



3D informatie uit puntenwolken.
Bron: IT-PRO-People.

5.10 Kadaster

Voor de use case 3D topografie heeft het Kadaster TOP10NL data geïntegreerd met laserpuntdata (AHN2/Fugro). Gestart is met de meest voor de hand liggende methode om hoogte toe te kennen aan 2D TOP10NL objecten, namelijk door een hoogtecoördinaat toe te voegen aan ieder vormpunt van een TOP10NL object. Vervolgens is een triangulatie van AHN2 uitgevoerd met de TOP10NL vlakken als breeklijnen, zodat ieder TOP10NL vlak gerepresenteerd kan worden door middel van een 2.5D surface.

1. Oude Elberink, S.J. (2010) Acquisition of 3D topography: automated 3D road and building reconstruction using airborne laser scanner data and topographic maps. Enschede, University of Twente, <http://www.geonovum.nl/sites/default/files/standaarden/3DPilotITCUTwente.pdf>.



Het toekennen van een hoogtecoördinaat aan elke TOP10NL vertex. Bron: Kadaster.

Dergelijke informatie is in principe landsdekkend beschikbaar, wanneer AHN2 landsdekkend beschikbaar zal zijn.

5.11 Neo

NEO werkt op dit moment met de dienst SignalEyes, waarin luchtfoto's, satellietbeelden, laser- en radardata worden gebruikt voor het bijhouden van 2D geo-informatie (zoals BAG, WOZ, GBKN/GBT, groenbeheer, handhaving en natuurbescherming).

Binnen de 3D Pilot is een begin gemaakt met het verkennen van de mogelijkheden van mutatiesignalering in 3D. Aan de hand van de laserdata, luchtfoto's en GBKN van de gemeente Vlaardingen hebben wij een opzet gemaakt voor de 3D mutatiesignalering in die gegevensbronnen.

5.12 Object Vision

Voor een project dat zich primair richtte op de visualisatie van veranderend grondgebruik, heeft Object Vision een 3D model gemaakt op basis van de LUMOS database (functie van grondgebruik op een locatie), de Top10Vector en de AHN1. De resultaten van dit project zijn beschikbaar via: <http://www.objectvision.nl/Geodms/products/3dshapes.htm>. Dit LOD1 model is beschikbaar voor heel Nederland. Een belangrijk voordeel van LOD1 is dat het geschikt is om thematische kaarten te maken, zoals in het voorbeeld op de website waarbij de objecten thematisch zijn ingekleurd naar hun functie (wonen, bedrijven, kantoren etc.). Andere voorbeelden hebben bijvoorbeeld betrekking op het visualiseren van bereikbaarheid.

In de werkzaamheden aan de use cases is onderzocht wat de toegevoegde waarde is van het gebruik van de objectgeoriënteerde GBKN en de AHN2 ten opzichte van de (kleinschaliger) Top10Vector en de (minder exacte, minder gedetailleerde) AHN1. De use case is uitgevoerd in het gebied van Rotterdam waarvoor de data beschikbaar is gesteld, binnen de eerder ontwikkelde structuur. Daardoor is het mogelijk geworden om de use case op te schalen naar het niveau van heel Nederland.

5.13 Toposcopia

Toposcopia heeft een fotorealistische 3D CityGML model van het testgebied gecreëerd. Daaraan zijn boommodellen toegevoegd, die geschikt zijn om ook in globalere datasets te worden gebruikt.

Het streven is geweest om data-inwinning en modellering van gebouwen liefst maar één keer uit te voeren en daarna door middel van conversie geschikt te maken voor bepaalde toepassingen. Daarom is eerst gekeken wat er zoal aan 3D modellen aanwezig is in testgebied Rotterdam. Bestudering van Google Earth leert dat een groot aantal gebouwen van de Kop van Zuid en omliggend stedelijk gebied reeds in Sketchup is gemodelleerd. De meeste van die 3D modellen zijn gemaakt met Google Building Maker.

Google Building Maker werkt met oblique luchtfoto's, waarmee het betreffende bouwwerk van alle kanten wordt belicht. Met behulp van deze foto's wordt de bebouwing opgedeeld in één of meer blokken. Als die in alle richtingen overeenkomen met de fotobeelden, wordt het gebouw gegene-reerd en worden de fotobeelden automatisch op wanden en daken aangebracht. Zo kunnen ook binnenterreinen en gevels in smalle straatjes realistisch worden weergegeven. Als de kwaliteit van de visualisatie belangrijk is, kunnen de beelden vanuit de lucht aangevuld worden met Streetview beelden of zelf gemaakte foto's.

De zo ontstane 3D modellen zijn vanuit de 3D Warehouse te downloaden en vervolgens kan Sket-chup er middels een plugin direct CityGML van maken. Daarmee zijn we er echter nog niet, omdat Sketchup modellen zijn uitgedrukt in noorderlengte en oosterbreedte. Toposcopia heeft een tool ontwikkeld om de modellen gemakkelijk samen te voegen met informatie op basis van TOP10NL en het RD stelsel. Na samenvoeging ontstaat een nieuwe GML, die zo nodig verder aangevuld kan worden met data uit andere bronnen.

De Toposcopia software maakt het daarnaast mogelijk om 3D gebouwen op eigen kracht te model-leren en deze direct in CityGML op te slaan. De werkwijze is wat bewerkelijker, maar het resultaat is dan fraaier en nauwkeuriger.

Editing CityGML objects



*CityGML objecten met overhang en galerij.
Bron: Toposcopia.*



*CityGML omgeving inclusief 3D boommodellen.
Bron: Toposcopia.*

6. Opbouw van 3D geo-informatie

Dit hoofdstuk gaat nader in op de databronnen die voor die opbouw van 3D informatieobjecten kunnen worden gebruikt en schetst een beeld van de huidige stand van zaken als het gaat om de opbouw van 3D geo-informatie, conform het referentiemodel CityGML, in Nederland.

Omdat deze informatie geënt is op de in de pilot opgebouwde 3D modellen en de door de deelnemers uitgewisselde kennis, bevat dit document niet noodzakelijkerwijs een compleet overzicht van alle inzetbare technieken om uit gegevens uit inwinning en/of bestaande gegevens 3D informatie op te bouwen. Wel komen alle technieken die in de pilot zijn gebruikt aan bod, zodat een passend beeld ontstaat van de anno 2011 beschikbare mogelijkheden voor de opbouw van 3D geo-informatie.

6.1 Brondata

6.1.1 Raster versus vector en inwinnen versus bestaande bronnen gebruiken

Traditioneel wordt in de geo-informatie het onderscheid tussen rasterdata (en in 3D voxeldata) en vectordata benadrukt. Het is een essentieel onderscheid met een technische oorsprong. Beeldinformatie wordt zodoende bestempeld als rasterdata, en kaartinformatie wordt bestempeld als vectorinformatie. Gridgegevens uit bijvoorbeeld laserdata vormen een grijs gebied: na de vereenvoudiging van de ruwe gegevens naar een regelmatig grid is sprake van rasterdata, maar rasterdata die wordt opgeslagen in de vorm van punten (X,Y,Z) kan ook als vectorinformatie worden gehanteerd.

In de 3D Pilot is een belangrijker onderscheid gemaakt tussen brongegevens direct uit inwinning (ruwe data) en brongegevens uit bestaande bronnen. In het eerste geval is inwinning in het veld nodig om tot de gegevens te komen, in het tweede geval zijn de gegevens al verzameld en worden deze gegevens als informatie gebruikt in bestaande processen. De herkomst van de brongegevens heeft twee belangrijke gevolgen voor de organisatie rond de opbouw van 3D geo-informatie, immers:

- Brongegevens direct uit inwinning bieden de opdrachtgever de mogelijkheid om de inwinning te sturen naar de voor diens proces meest optimale gegevens (een voordeel).
- Brongegevens direct uit inwinning betekenen dat de opdrachtgever opdracht moet geven en doorgaans meer kosten moet maken dan het geval zou zijn bij afname of inkoop van brongegevens uit al bestaande bronnen (een nadeel).

Of het nu om brongegevens direct uit inwinning gaat of om brongegevens uit bestaande bronnen, er kan sprake zijn van rasterdata en van vectordata.

6.1.2 Brondata direct uit inwinning

In deze paragraaf worden de brongegevens opgesomd zoals ze direct uit inwinning worden verkregen. Onderscheid wordt gemaakt als het gaat om het platform waarmee wordt ingewonnen:

- airborne (uit de lucht en dynamisch, over het algemeen door vliegtuig of helikopter);
- terrestrisch (op de grond en statisch, over het algemeen door landmeetkundige opstelling);
- dynamisch (op de grond en mobiel, over het algemeen door mobiele voertuigen zoals een auto).

Achtereenvolgens zullen de volgende brongegevens in deze paragraaf worden behandeld:

1. (stereo)luchtfoto's en afgeleide orthofoto's;
2. oblique luchtfoto's;
3. 360° panoramafoto's en 360° videobeelden;
4. image matching in stereoluchtfoto's;
5. laseraltimetrische data;
6. laserscandata uit dynamische inwinning;
7. laserscandata uit terrestrische inwinning;
8. klassieke landmeetkundige inwinning.

(Stereo)luchtfoto's en afgeleide orthofoto's

Typering: beeldinformatie.

Platform: airborne.

Datastructuur: raster.

Bijzonderheden:

- Essentieel voor een goede overdraagbaarheid van luchtfoto's naar producenten van 3D geo-informatie is de kwaliteit van de bijbehorende oriënteringsgegevens en cameracalibratiegegevens (stand en positie bij opname en gemodelleerde camera-eigenschappen).
- Het is mogelijk om kostentechnisch efficiënt in te winnen door een relatief grote omvalling in het beeld te accepteren. Daarentegen is mutatedetectie gebaat bij een kleine omvalling en een grote overlap (dus meer foto's).
- Doorgaans wordt de term luchtfoto's gebruikt in plaats van de term orthofoto's, voor kaartbladuitsneden van een uit luchtfoto's georthorectificeerd mozaïek. Belangrijk verschil is dat voor de totstandkoming van orthofoto's hoogtegegevens (bijvoorbeeld in de vorm van een terreinmodel) nodig zijn, en dat deze de kwaliteit van de orthofoto's dus hebben beïnvloed.

Oblique luchtfoto's

Typering: beeldinformatie.

Platform: airborne.

Datastructuur: raster.

Bijzonderheden:

- Essentieel voor een goede overdraagbaarheid van oblique luchtfoto's naar producenten van 3D geo-informatie is de kwaliteit van de bijbehorende oriënteringsgegevens en cameracalibratiegegevens.
- De gewenste detaillering (en ingezette sensor) dicteren het vliegplan en zijn een maat voor de inwinningskosten.

360° panoramafoto's en 360° videobeelden

Typering: beeldinformatie.

Platform: dynamisch.

Datastructuur: raster.

Bijzonderheden:

- Belangrijk voor een goede overdraagbaarheid van panoramafoto's naar producenten van 3D geo-informatie is de kwaliteit van de bijbehorende oriënteringsgegevens (zowel stand als positie (in 3D) bij opname). Deze gegevens zijn gebaseerd op inwinning (door GPS, INS/IMU en odometers), en worden niet gemakkelijk verrijkt door preprocessing (zoals wel het geval is als het gaat om luchtfoto's).
- De gewenste detaillering en ingezette sensor dicteren de inwinningskosten. Vaak worden deze echter beperkt door bijzondere voorwaarden, zoals voor auto's kan gelden dat zij op de openbare weg moeten rijden. Als het platform kan opereren met een hogere snelheid kan dat de inwinningskosten positief beïnvloeden.
- 360° videobeelden laten zich herleiden tot 360° foto's, met als belangrijkste verschillen dat videobeelden doorgaans uit veel meer beelden bestaan (een hogere continuïteit), en dat deze beelden doorgaans met videocodecs worden gecomprimeerd (een sterkere compressie, waardoor het ruimtebeslag wordt verkleind maar ook kwaliteitsverlies kan optreden).
- 360° panoramafoto's of video's kunnen worden ingewonnen door gebruik te maken van speciaal ontwikkelde sferische lenzen, of door gebruik te maken van bestaande beeldsensoren en in de postprocessing beelden te combineren. Beide technieken hebben voor- en nadelen (kosten van hardware versus postprocessing en effect op de geometrische en radiometrische kwaliteit van de beelden).

Image matching in stereoluchtfoto's

Typering: puntenwolk.

Platform: airborne.

Datastructuur: raster/vector.

Bijzonderheden:

- Bij voldoende hoge kwaliteit van de bijbehorende oriënteringsgegevens en cameracalibratiegegevens en een voldoende beeldkwaliteit (helderheid, kleurbereik, weinig beeldcompressie), kan door middel van automatische matching een puntenwolk uit stereoluchtfoto's worden geëxtraheerd. De kwaliteit van de resulterende puntenwolk is direct afhankelijk van de kwaliteit van de luchtfotografie en het matchingsalgoritme, en is doorgaans minder hoog dan die van laseraltimetrische data. De kwaliteit kan worden verbeterd wanneer gematched kan worden in meervoudige overlappen, bijvoorbeeld bij 80% langsoverlap en 60% dwarsoverlap.
- Omdat doorgaans voor bestaande processen al luchtfoto's worden ingewonnen, kan het extraheeren van een puntenwolk veelal tegen weinig additionele kosten.
- Niet op alle oppervlakken wordt een puntenwolk van hoge dichtheid verkregen (gelet op het ontbreken van kleurverschillen en kleurkarakteristieken in de luchtfoto's).

Laseraltimetrische data

Typering: puntenwolk.

Platform: airborne.

Datastructuur: raster/vector.

Bijzonderheden:

- Laseraltimetrische data kent doorgaans een hoge punt dichtheid en dus is sprake van een fors databeslag. Processing kan daardoor langer duren, en meer vergen van de in te zetten hard- en software.
- Airborne inwinning stelt beperkingen aan de invalshoek van de sensor/metingen. Daarom kennen verschillende sensoren een verschillende dekking.
- Vrijwel alle sensoren werken met multiple returns (meerdere echo's op een enkele uitgezonden laserpuls) of digitaliseren het gehele terugkerende lasersignaal en zijn daardoor in staat om ook onder vegetatie hoogtewaarden te bepalen en informatie te genereren over de vegetatie zelf.
- De gewenste detaillering (en ingezette sensor) dicteren het vliegplan en zijn een maat voor de inwinningskosten.
- Op water worden geen of onbetrouwbare punten ingewonnen.

Laserscandata uit dynamische inwinning

Typering: puntenwolk.

Platform: dynamisch.

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- In tegenstelling tot laseraltimetrische data, is laserscandata uit dynamische inwinning gezien de varianties in diepte in het blikveld van de sensor lastiger te verrasteren. Dat proces wordt daarom doorgaans niet doorlopen.
- Laserscandata uit dynamische inwinning heeft een zeer hoge punt dichtheid waardoor er sprake is van een zeer fors databeslag. Processing stelt daarom stringente eisen aan de in te zetten hard- en software.
- De gewenste detaillering (en ingezette sensor) dicteren het inwinningsplan en zijn een maat voor de inwinningskosten.

Laserscandata uit terrestrische inwinning

Typering: puntenwolk.

Platform: terrestrisch.

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- Net als voor laserscandata uit dynamische inwinning, geldt voor laserscandata uit terrestrische inwinning dat deze lastig te verrasteren is.
- Laserscandata uit terrestrische inwinning heeft een hoge punt dichtheid, maar is vaak beperkt tot een relatief klein aantal opstellingen. Toch is sprake van een fors databeslag. Processing stelt daarom stringente eisen aan de in te zetten hard- en software.
- Deze vorm van inwinning biedt de meeste vrijheid voor het inwinningsplan. Het aantal opstellingen is een maat voor de inwinningskosten.

- Belangrijke bijkomstigheid (maar niet zozeer relevant als het gaat om de opbouw van 3D geo-informatie) is dat hetzelfde opstelpunt meerdere malen kan worden bezocht, hetgeen bijvoorbeeld mutatie detectie mogelijk kan maken of kan vereenvoudigen.

Klassieke landmeetkundige inwinning

Typering: punten.

Platform: terrestrisch.

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- Klassieke landmeetkundige inwinning (zoals met tachymeter, GPS of waterpasinstrument) is relatief duur ten opzichte van dynamische inwinning.
- Klassieke inwinning kan een rol spelen in situaties waar andere sensoren beperkingen kennen (zoals bij galerijen, doorgangen, achterterreinen), of in projecten waarbij een hoge kwaliteit wordt vereist (zoals bij inwinning van een gedetailleerd BIM model).
- Klassieke landmeetkundige metingen spelen wel een indirecte, maar belangrijke rol bij de validatie van bijvoorbeeld fotogrammetrische en laseraltimetrische data (als 'ground truth').

Naast genoemde meetsensoren en -technieken bestaan er ook technieken die in potentie een bijdrage leveren aan de opbouw van 3D informatie, maar dat anno 2011 nog niet vaak doen. Het gaat bijvoorbeeld om metingen vanaf afwijkende platforms, zoals onbemande helikopters, onbemande vliegtuigen, vaartuigen, fietsen of quads. De producenten van meetsensoren ontwerpen vaker dan voorheen mobiele sensoren: sensoren die relatief eenvoudig kunnen worden verplaatst en niet meer 'platformvast' zijn. Daarnaast worden ook thermische (TIR) of nabij-infrarood (NIR)sensoren ingezet voor de opbouw van geo-informatie.

Zeer interessant voor de opbouw van 3D informatie van ondergrondse objecten, is de grondradar. Ook de grondradar kent een aantal beperkendeensoreigenschappen, maar kan niettemin zeer waardevol zijn bij de opsporing en kartering (in 3D) van ondergrondse kabels, leidingen en andere objecten. Desalniettemin is, vooral op basis van kostenoverwegingen, nu nog geen sprake van technieken die op grote schaal kunnen worden ingezet, zoals dat wel geldt voor inwinning vanaf airborne platforms.

6.1.3 Combinatie van verschillende inwinningslagen

De combinatie van verschillende inwinningsstechnieken is kostentechnisch interessant. Daarentegen legt gecombineerde inwinning wel additionele voorwaarden op, die soms belemmerend kunnen werken of de combinatie zelfs onmogelijk maken.

De combinatie van luchtfotografie met laseraltimetrie is mogelijk, maar betekent over het algemeen wel dat moet worden gekozen voor een vliegplan dat met name voor één van beide resulterende datasets is geoptimaliseerd. De combinatie van (klassieke) luchtfotografie en oblique luchtfotografie is lastig, omdat oblique luchtfotografie over het algemeen eisen stelt aan de locatie van de opnamen die niet overeenkomen met die van de (klassieke) luchtfotografie.

De combinatie van 360° fotografie en dynamische laserscanning ligt meer voor de hand. Op dat moment wordt het ook mogelijk om de ingewonnen laserdata te verrasteren, bijvoorbeeld door koppeling aan de pixels in de ingewonnen beeldinformatie.

6.1.4 Brondata uit bestaande bronnen

In deze paragraaf worden de verschillende typen brongegevens beschreven die verkrijgbaar zijn uit bestaande processen. Dit zijn achtereenvolgens:

1. TOP10NL;
2. GBKN/BAG;
3. DTB;
4. AHN2;

5. landsdekkende beeldinformatie;
6. TOPstakels;
7. kabels en leidingen (via WION);
8. 3D CAD, AEC, BIM of IFC modellen uit ontwerp of bouw;
9. 3D (Bovengrondse) Infrastructuurmodellen;
10. GeoTOP.

TOP10NL

Typering: kleinschalige topografie.

Beschikbaarheid: landsdekkend.

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- Omdat TOP10NL topografie relatief kleinschalig beschrijft, ontstaan bij de opwaardering naar 3D objecten en 2.5D terrein datasets die doorgaans geen fors ruimtebeslag leggen op de benodigde ICT infrastructuur.
- De kleinschalige detaillering van TOP10NL past relatief goed bij de mate van detaillering die kan worden bereikt in de hoogte, als gebruik wordt gemaakt van AHN2.
- De kwaliteit van TOP10NL past bij de detaillering en is beperkt.

GBKN/BAG

Typering: grootschalige topografie.

Beschikbaarheid: landsdekkend, maar in beheer van meerdere beheerorganisaties.

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- Omdat GBKN/BAG registraties topografie grootschalig beschrijven, ontstaan bij de opwaardering naar 3D objecten en 2.5D terrein datasets die doorgaans een fors ruimtebeslag leggen op de benodigde ICT infrastructuur.
- De GBKN/BAG registraties worden in veel bestaande gemeentelijke (waaronder bouw- en ontwerp-) processen ingezet, waardoor bij opwaardering naar 3D aansluiting wordt gevonden bij veel domeinen.

DTB

Typering: grootschalige topografie.

Beschikbaarheid: landsdekkend, betreft beheerobjecten wegen en waterwegen.

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- Het DTB wordt uitgegeven door Rijkswaterstaat en bevat gedetailleerde topografische informatie van objecten van wegen en waterwegen, zoals verlichting, verkeersborden, dijken, kades, sluizen en oevers.
- Het DTB bevat hoogte-informatie voor alle opgenomen objecten (niet binnen de objecten) inclusief een beschrijving van het maaiveld uit onder meer breuklijnen.
- Het DTB heeft een 2.5D topologische structuur.

AHN2

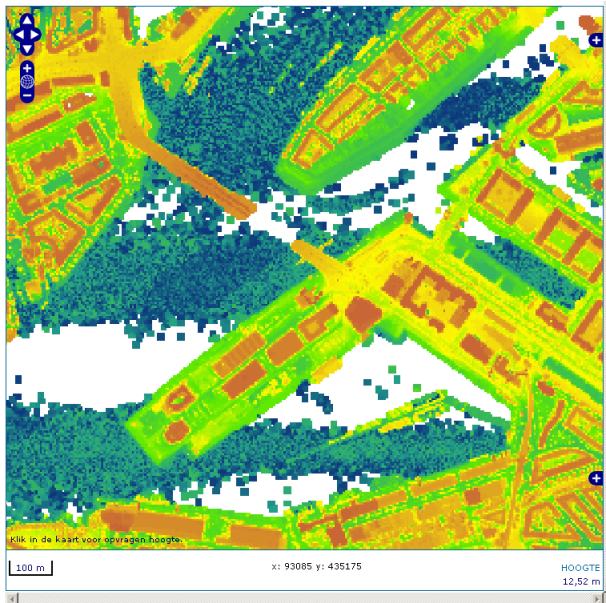
Typering: laseraltimetrische data.

Beschikbaarheid: landsdekkend (over enige jaren).

Datastructuur: raster/vector.

Bijzonderheden:

- AHN2 is de tweede versie van een landsdekkende laserdataset, en bevat als zodanig kostbare hoogte-informatie. AHN2 wordt de komende jaren afgerond in Nederland en is dan landsdekkend beschikbaar. Daarmee wordt het het enige hoogdichte brongegeven (ca. 10 punten/m²) voor hoogte-informatie in Nederland. Meer informatie over AHN2 is te vinden op www.ahn.nl.



AHN via de online viewer.
Bron: www.ahn.nl.

Landsdekkende beeldinformatie

Typering: stereofotografie.

Beschikbaarheid: landsdekkend.

Datastructuur: raster.

Bijzonderheden:

- In 2009, 2010 en 2011 werd LuchtfotoNL (resolutie 10 cm) door Cyclomedia ingewonnen voor heel Nederland. LuchtfotoNL verschilt in zoverre van traditionele fotogrammetrische inwinning dat de luchtfoto's niet in opdracht worden ingewonnen, maar naderhand voor alle gebruikers onder licentievoorzwaarden verkrijgbaar zijn. Meer informatie over LuchtfotoNL is te vinden op <http://www.cyclomedia.nl/producten/luchtfotonl/>.
- Het Kadaster koopt in 2012 landsdekkende luchtfoto's in (resolutie 7,5 cm en 25 cm) en sferische panoramafoto's in.

TOPstakels

Typering: bijzondere topografie.

Beschikbaarheid: landsdekkend.

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- Het Kadaster produceert het obstakelbestand met name ten behoeve van luchtvaartkaarten en telecomtoepassingen. Het bestand bevat gegevens over obstakels die 15 m of meer boven hun omgeving uitsteken, zoals kerktorens, hoogspanningsmasten en GSM masten.

Kabels en leidingen (via WION)

Typering: topografie van kabels, leidingen en sommige andere ondergrondse objecten.

Beschikbaarheid: landsdekkend, maar in beheer bij groot aantal beheerders (via Kadaster).

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- Via wet WION zijn beheerders van ondergrondse netten verplicht hun gegevens ter beschikking te stellen. De aanvraag van ondergrondse gegevens geschiedt echter per (beperkt) gebied, met als primaire doel om graafschade te voorkomen.
- Een enkele gemeente (zoals Rotterdam) beschikt over meer dan alleen de topografie van kabels en leidingen in eigen beheer.

3D CAD, AEC, BIM of IFC modellen uit ontwerp of bouw

Typering: bestaande 3D modellen van gebouwen en omgeving, van hoge detaillering.

Beschikbaarheid: op projectlocaties (en soms tijdgebonden).

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- Steeds vaker bestaan op projectlocaties waar wordt ontworpen en ontwikkeld 3D modellen van gebouwen en omgevingsinformatie. Deze modellen kennen doorgaans een veel hogere detaillering als nodig voor toepassingen in het geodomein.
- De kwaliteit van de modellen is een aandachtspunt, want divers en vaak onzeker. Daarnaast maakt het geodomein onderscheid tussen 'as-planned' en 'as-built'.

3D (Bovengrondse) Infrastructuurmodellen

Typering: bestaande 3D modellen van bovengrondse infrastructuur, van hoge detaillering.

Beschikbaarheid: soms op projectlocaties, soms op regionaal niveau.

Datastructuur: vector.

Bijzonderheden:

- Sommige wegbeheerders of regionale overheden slaan 2.5D of 3D informatie over infrastructuur op in hun beheerssystemen (een voorbeeld daarvan is de provincie Noord-Brabant). Deze geometrieën zijn doorgaans rijk en van hoge kwaliteit.

GeoTOP

Typering: 3D continu model van de opbouw van de ondergrond (grondlagen).

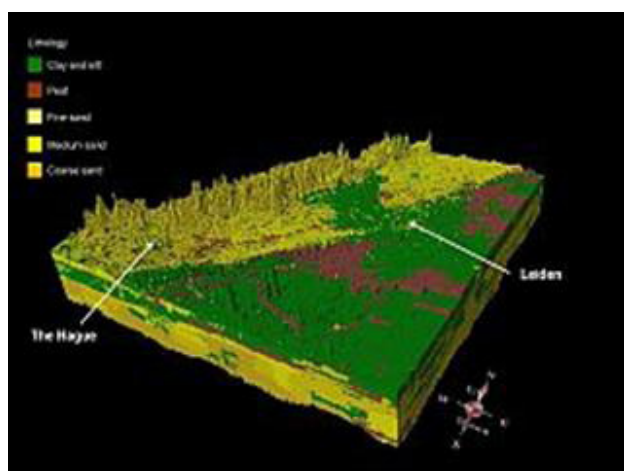
Beschikbaarheid: soms op projectlocaties, soms op regionaal niveau.

Datastructuur: continu/voxel.

Bijzonderheden:

- TNO beheert een 3D continu model van de opbouw van de ondergrond in Nederland. Het betreft de bovenste 30 m in voxels van 100 m x 100 m x 50 cm. Op sommige locaties is een hogere detaillering mogelijk.
- De belangrijkste toepassingsgebieden zijn grondwaterstudies, bodemdalingsberekeningen, volumeberekeningen en de selectie van geschikte locaties voor grote infrastructurele werken.

Bovenstaande lijst is niet compleet. Ook lokale of regionale beheerkaarten (zoals areaal beheer kaarten) vormen een rijke bron van informatie, net als kaartmateriaal t.b.v. navigatie (TomTom, Tele Atlas). Daarnaast bestaan er naast GEOTOP meer continue 3D modellen in diverse toepassingsdomeinen, die hier niet zijn genoemd.



*GeoTOP, 3D model van de bovenste 30 m van de Nederlandse ondergrond.
Bron: TNO.*

6.1.5 Het inwinnen van semantiek

Het referentieformaat (CityGML) maakt koppeling met andere informatiemodellen mogelijk en logisch (voor meer informatie zie het eindrapport in activiteit 2 3D standaarden). Tegelijkertijd is de inwinning van ruwe data die 3D geometrie beschrijft (zoals uit luchtfotogrammetrie en laseraltimetrie)

trie) gericht op inwinning van de geometrische vorm. De (automatische) inwinning van semantiek is lastiger, maar wel noodzakelijk voor een semantisch rijk formaat.

Op dit moment bestaan nog geen succesvolle technieken, anders dan de combinatie met bestaande (2D) gegevens en hun semantiek, om tot semantisch rijke 3D geo-informatie te komen. Verwacht wordt dat daar met de introductie van een standaard referentieformaat en de ontwikkeling van het toepassingsdomein voor 3D geo-informatie verandering in komt.

6.2 Technieken

De in de 3D Pilot uitgevoerde werkzaamheden laten zien wat anno 2011 in Nederland kan als het gaat om de opbouw van 3D geo-informatie. Een aantal van de beschikbare ruwe datasets is omgezet naar informatieobjecten. De bijbehorende tabellen in bijlage II lichten dat proces toe. Daardoor is in de pilot extra kennis opgedaan over de methodes en werkwijzen om zulke processing uit te voeren.

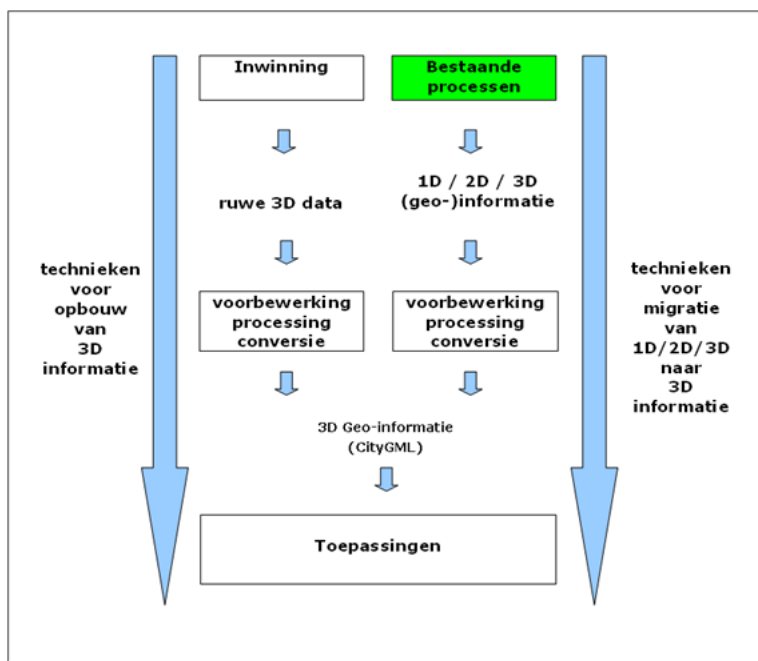
In de 3D Pilot is onderscheid gemaakt tussen technieken om op (semi-)automatische wijze 3D geo-informatie op te bouwen uit ruwe data, en technieken om 3D geo-informatie op te bouwen uit een combinatie van ruwe data en bestaande (1D, 2D) brongegevens. Onderstaand schema geeft beide ontwikkellijnen aan.

Paragrafen 6.2.1, 6.2.2 en 6.2.3 beschrijven bestaande technieken voor opbouw van 3D informatie, vanuit het oogpunt dat wordt opgebouwd voor relatief grote gebieden. Opbouw voor kleinere projecten kan op basis van zeer diverse datasets gebeuren, maar is doorgaans beperkt tot deze gebieden vanwege het sterk handmatig karakter van de opbouw, die zich laat kenmerken door een handmatige kartering in 3D. Deze wijze van opbouw brengt dermate veel financiële inspanning met zich mee, dat beter gezocht kan worden naar (semi-)automatische processen.

De opbouw van textuurinformatie wordt separaat in paragraaf 6.2.4 behandeld.

6.2.1 Technieken voor de opbouw van 3D geo-informatie

Voor de opbouw van 3D informatie is informatie nodig in de vorm van horizontale en verticale positie. Om 3D informatie op grote schaal op te bouwen worden op dit moment ruwweg twee paden bewandeld, te weten die van de fotogrammetrie en die van de laseraltimetrie.



Technieken voor de opbouw van 3D informatie uit. Bron: Gemeente Rotterdam.

Opbouw op basis van alleen fotogrammetrie

De opbouw van 3D informatie op basis van fotogrammetrie is de kartering van 3D vormen van gebouwen en objecten in het stereomodel (de combinatie van twee overlappende luchtfoto's). Deze kartering kan geschieden met behulp van diverse specialistische hardware, zoals halfdoorlatende spiegels, en bijbehorende software. Over het algemeen betekent dat aan de ene kant een vooral handmatig proces, maar aan de andere kant biedt fotogrammetrie de mogelijkheid om 3D informatie exact op te bouwen zoals de gebruiker dat wenst (met net zoveel of zo weinig detail als gewenst). Opbouw op basis van fotogrammetrie is, wanneer geen bestaande brongegevens worden gebruikt, relatief efficiënt.

Opbouw op basis van laseraltimetrie

De opbouw op basis van laseraltimetrie is afhankelijk van algoritmen om semi-automatisch de juiste gebouwconstructies te bepalen. Dat kan aan de hand van een bibliotheek van modelvormen (een beperkt aantal verschillende soorten daken), op een 'model-driven' wijze. Tegelijkertijd kan ook gekozen worden voor een meer vormvrije methode, een 'data-driven' wijze, waarbij gezocht wordt naar segmenten (vlakdelen), en waarbij de snijlijnen van segmenten gecombineerd worden tot 3D volumes. Opbouw op basis van laseraltimetrie is, wanneer geen bestaande brongegevens worden gebruikt, relatief lastig. Over het algemeen wordt wel aangenomen, dat bij relatief nauwkeurige hoogtegegevens (zoals in geval van AHN2), opbouw op basis van laseraltimetrie leidt tot nauwkeuriger resultaten.

Opbouw op basis van de combinatie van laseraltimetrie en fotogrammetrie

Wanneer geen bestaande brongegevens worden gebruikt, verloopt de automatische wijze van opbouwen op basis van laseraltimetrie moeizaam. De optimale methode is wellicht een combinatie van laseraltimetrie (voor automatische opbouw van eenvoudiger objecten) en fotogrammetrie (voor handmatige verfijning en correctie).

6.2.2 Technieken voor de migratie van 1D/2D/3D naar 3D geo-informatie

Er zijn vier belangrijke technisch inhoudelijke redenen om bij opbouw van 3D informatie uit te gaan van bestaande registraties:

- Aansluiten op bestaande registraties betekent aansluiten (via GIS) op bestaande toepassingsdomeinen.
- Bestaande registraties bevatten soms semantisch rijke informatie, die moeilijk te verkrijgen is uit inwinningstechnieken (zoals fotogrammetrie en laseraltimetrie).
- Bestaande registraties bevatten informatie over objecten die de automatiseringsgraad van de methode en de kwaliteit van automatisch bepaalde semantische objecten verhoogt.
- Bij de bijhouding kan gebruik worden gemaakt van het bijhoudingsproces (of in ieder geval de daarbij gebruikte informatie) van de bestaande registraties.

De migratie van 1D/2D/3D informatie naar 3D geo-informatie gaat altijd uit van tenminste de aanwezigheid van 2D topografische informatie (in de vorm van bijvoorbeeld TOP10NL, GKBN/BAG registraties of beheerkaarten). Daarvoor is het over het algemeen wel noodzakelijk dat de topografische bestanden objectgerichte informatie bevatten.

Opbouw op basis van fotogrammetrie in combinatie met bestaande 2D

De kartering van 3D vormen van gebouwen en objecten met behulp van fotogrammetrie maakt een completere opbouw mogelijk, zij het dat specialistische software (soms in eigen huis ontwikkelde tools) moeten worden gebruikt om de brongegevens passend te kunnen combineren. Opbouw op basis van fotogrammetrie is in dat geval efficiënter (gezien het niet meer hoeven karteren van de snijding van een object met het maaiveld) en leidt tot een hogere kwaliteit. De benodigde tools zijn echter niet eenvoudig voorhanden en enige ontwikkeling op dat vlak lijkt nog plaats te moeten vinden.

Opbouw op basis van laseraltimetrie

Algoritmen om semi-automatische de juiste gebouwconstructies te bepalen zijn gebaat bij de aanwezigheid van 2D topografie en kunnen leiden tot een aanzienlijke hogere mate van automatisering (en dus bijgevolg kostenreductie). Ook hier geldt wel dat de gebruikte software in staat moet zijn om de 2D brongegevens op een passende wijze in te passen, en dat de benodigde tools daartoe nog niet altijd voorhanden zijn.

Opbouw op basis van de combinatie van laseraltimetrie en fotogrammetrie

Een optimale methode bij gebruik van bestaande brongegevens is ook in dit geval wellicht een combinatie van laseraltimetrie (voor de opbouw van eenvoudiger objecten met een hoge mate van automatisering en een hoge geometrische verticale kwaliteit) en fotogrammetrie (voor handmatige verfijning, detaillering en correctie). Nadeel van fotogrammetrische verfijning kan zijn dat de kwaliteit van de met fotogrammetrische gekarteerde punten soms lager is dan die aanwezig in de uit laseraltimetrie opgebouwde modellen. Of dat het geval is, hangt af van de fotogrammetrische data (geometrische kwaliteit, resolutie, beeldkwaliteit) en laseraltimetrische data (geometrische kwaliteit, punt dichtheid), maar ook van het object dat wordt gemeten. In laseraltimetrische data zijn met name vlakken goed te bepalen. Daarom is bijvoorbeeld een noklijn (als snijding van twee vlakken) met hoge kwaliteit uit laseraltimetrische data te karteren, terwijl een dakrand (waarbij een hoogtesprong optreedt) moeilijker te karteren is.

Het kan, gelet op de punt dichtheid en geometrische kwaliteit van laseraltimetrische data en de te karteren objecten, een mogelijkheid zijn om niet fotogrammetrisch te karteren, maar te karteren in de laseraltimetrische data zelf. Daarvoor is specialistische software beschikbaar, maar in hoeverre die al geïntegreerd is in bestaande software voor de automatische opbouw, is onduidelijk. Over het algemeen zal karteren in laseraltimetrische data minder efficiënt zijn als kartering in stereomodellen, gelet op het ruimtebeslag dat laseraltimetrische data legt op de te gebruiken ICT voorzieningen. Daarnaast geldt voor laserdata dat de idealisatie in laserdata lager is dan die in luchtfoto's, waardoor de horizontale geometrische kwaliteit van de kartering lager is.

6.2.3 Modelleren van het terrein

De modellering van het terrein is over het algemeen niet zeer complex en bestaat uit een (constrained) triangulatie op basis van bestaande 3D punten. Er zijn enkele uitzonderingssituaties, zoals bijvoorbeeld bij viaducten, waarin extra maatregelen nodig zijn om het terrein correct te beschrijven. Bij afwezigheid van laseraltimetrische data is de triangulatie soms complexer, omdat automatische image matching uit fotogrammetrie niet overall leidt tot puntenwolken met een hoge dichtheid. Er is sprake van een constrained triangulatie, als polygonen uit bestaande (2D) topografie worden gebruikt als breaklines in de triangulatie.

In (met name) stedelijke gebieden speelt wel occlusie een rol: de schaduwwerking die optreedt in de fotogrammetrie (door omvalling) en in de laseraltimetrie. In beide gevallen kan bij het opstellen van het vliegplan rekening worden gehouden met occlusie, zodat weinig (of geen) locaties op maaiveld resteren waarop geen metingen kunnen worden of zijn verricht.

Tenslotte is het bij gebruik van 2.5D of 3D terrein dat aansluit op de 3D objecten noodzakelijk om bij de opslag van 3D objecten te werken met een polygoon dat de snijding van terrein en object weergeeft. Dergelijke 'terrain intersection curves' zijn nodig om de aansluiting van de 3D objecten op het terrein te garanderen.

6.2.4 Toevoegen van textuurinformatie

Textuurinformatie is de informatie die nodig is om 3D objecten 'aan te kleden' met beeldinformatie. Hoewel het mogelijk is om 3D informatie te gebruiken zonder textuurinformatie (als het ware alleen op basis van de vormgegevens van objecten), is het gangbaar om textuurinformatie toe te voegen aan 3D informatie. De vergelijking tussen een kaart met vlakken met verschillende kleuren, en een kaart bestaande uit alleen zwarte lijnen, gaat hierbij op.

Er zijn ruwweg twee sporen: textuurinformatie uit beeldinformatie of textuurinformatie op basis van computer graphics.

Opbouw van textuurinformatie uit beeldinformatie

Het proces bij de opbouw van textuurinformatie uit beeldinformatie bestaat ruwweg uit het gebruik van beeldinformatie uit klassieke luchtfoto's, oblique luchtfoto's of panoramafoto's of -videos. Een kostentechnische interessant proces wordt alleen bereikt als bij de in te zetten beeldinformatie ook alle oriënteringsgegevens (stand en positie bij de opname) bekend zijn, en een voldoende geometrische kwaliteit bezitten. Normaliter wordt textuurinformatie uit beeldinformatie opgeslagen in separate bestanden in gecomprimeerde grafische formaten (zoals jpg), en worden aan de 3D objecten alleen attribuutgegevens (link naar jpg, fotocoördinaten voor eenduidige mapping op object) toegevoegd. Het gebruik van beeldinformatie betekent dan een fors beslag op hard- en software en bemoeilijkt de eenvoudige grafische presentatie van de 3D geo-informatie: in een complex 3D model navigeren is dan lastiger te realiseren. Het spreekt voor zich dat de fotokwaliteit (detaillering, kleur) een grote impact heeft op de kwaliteit van de textuurinformatie.

Opbouw van textuurinformatie in de vorm van computer graphics

Het proces bij de opbouw van textuurinformatie in de vorm van computer graphics hangt af van de brongegevens die worden gebruikt. Soms kan beeldinformatie in sterk vereenvoudigde vorm worden gebruikt (een vlak krijgt een enkele kleur, die het gemiddelde is van de projectie op dat vlak van beeldinformatie), maar ook kunnen de semantische eigenschappen van 3D geo-informatie worden gebruikt (een vlak krijgt de kleur rood, omdat het vlak een dakvlak betreft). Textuurinformatie in de vorm van computer graphics is vele malen efficiënter op te slaan en te gebruiken dan textuurinformatie uit beeldinformatie. Deze wijze van werken is afkomstig uit de computer game industrie en is geënt op de efficiënte grafische presentatie: in een complex 3D model navigeren is dan veel eenvoudiger.

Textuurinformatie in de vorm van computer graphics zorgt voor een duidelijk minder realistisch beeld in het 3D model en kan de identificatie van objecten en de acceptatie van de 3D geo-informatie negatief beïnvloeden. Andersom kan textuurinformatie in de vorm van computer graphics de interpretatie van het model als geheel ook positief beïnvloeden en zorgen voor een duidelijker 'kaartbeeld' (zoals dat ook op gaat voor de vergelijking tussen een representatie van TOP10NL en een luchtfoto).

Onderstaande figuur geeft een impressie in de opbouw te onderscheiden fasen en producten.

6.3 Technische achtergronden

Deze paragraaf beschrijft diverse technische achtergronden, die van belang zijn bij de opbouw en het gebruik van 3D geo-informatie.

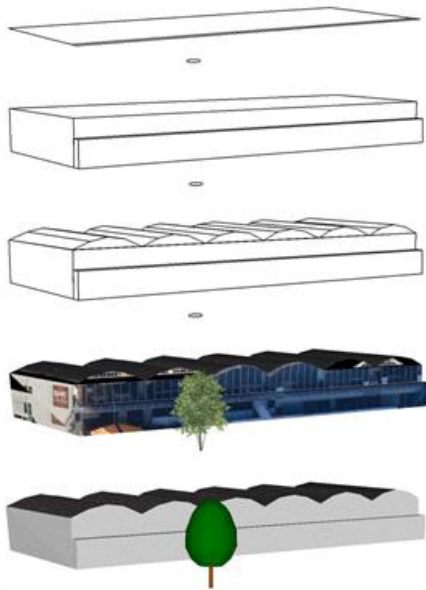
6.3.1 Mate van automatisering

De mate van automatisering in de opbouw van 3D informatie is sterk afhankelijk van de gekozen detaillering. Zo laten bijvoorbeeld ITC U Twente en iDelft in de uitvoering van de use cases zien dat een volledig automatische opbouw mogelijk is (zie ook Oude Elberink, 2010)².

Wanneer gestreefd wordt naar een detaillering als door CityGML LOD2 beschreven, staan anno 2011 met name twee technische complexe processen de volledige automatisering van de opbouw van 3D informatie nog in de weg:

- Bij complexere daken is tenminste de 2D beschrijving van de lijnen nodig die de dakconstructie opdeelt in minder complexe delen (soms aangeduid als 'polygon splitting').

2. Oude Elberink, S.J. (2010) Acquisition of 3D topography: automated 3D road and building reconstruction using airborne laser scanner data and topographic maps. Enschede, University of Twente, <http://www.geonovum.nl/sites/default/files/standaarden/3DPilotICTUTwente.pdf>.



Voorbeeld van fasering in de opbouw van 3D geo-informatie (via 2D registratie naar 3D geometrische vorm, 3D met foto-texturen en 3D met computer graphics).
Bron: gemeente Rotterdam.

- Bij gecombineerde panden met gelijke karakteristieken zoals rijtjeshuizen is een proces van aggregatie (samenvoegen van de verschillende objecten), schatting (opbouw van een 3D dakvlak voor het gehele blok objecten), en decompositie (weer opdelen naar afzonderlijke objecten) nodig.

Er bestaan ontwikkelingen die een gunstige bijdrage kunnen leveren aan de automatiseringsgraad in de opbouw van 3D informatie. Zo worden er worden methodieken ontwikkeld om de lijnen die dakconstructies opdelen in minder complexe delen automatisch te bepalen, bijvoorbeeld uit de lijnen die panden beschrijven (uitwendige muren) of uit de vorm van de laserpunten die het dak beschrijven (door projectie van nabije laserpunten op horizontale, het dak snijdende, vlakken). Daarnaast lijkt de automatisering van de aggregatie en compositie van panden niet onmogelijk, maar een kwestie van tijd.

Op dit moment is het mogelijk om bij de opbouw van 3D stadsmodellen van panden (LOD2) op basis van een combinatie van laseraltimetrie en fotogrammetrie een mate van automatisering van circa 80% te bereiken.

6.2.3 Google Warehouse, online CAD en 'implicit representations'

3D geo-informatie kan nuttig gebruik maken van wat in 2D doorgaans als 'symboliek' wordt aangeduid. In 3D (en in CityGML) spreekt men van 'implicit representation', hetgeen betekent dat voor soortgelijke modellen een enkel model eenmalig wordt opgeslagen, waarna het meervoudig wordt gebruikt, al dan niet in geschaalde vorm.

Met name groen, bomen, lantaarnpalen en andere beheersobjecten kunnen met een relatief klein aantal basisvarianten worden beschreven. Zo zou bijvoorbeeld de bomen in de gemeente Rotterdam (het zijn er circa 500.000) al zeer gedetailleerd kunnen beschrijven met 100 standaard 3D modellen. Deze kunnen vervolgens met behulp van positie-, oriëntatie- en schalingsparameters een representatieve vorm in het 3D model krijgen.

Online zijn veel 3D modellen, met name uit het CAD domein, verkrijgbaar, die als implicit representations van bomen, lantaarnpalen, auto's, en wellicht mensen, dienst zouden kunnen doen. Een van vele voorbeelden is Google Warehouse, waarin ook veel bestaande 3D gebouwen zijn opgenomen. Evenzogoed moet wel een kanttekening bij het gebruik van deze 'user generated content' worden gemaakt, omdat de herkomst, en dus kwaliteit en consistentie, van deze modellen onzeker is. In het specifieke geval van 3D boommodellen zijn in de 3D Pilot op een aantal momenten bomen in 3D opgebouwd met behulp van parametrische modellen. Op deze wijze wordt elke boom be-

schreven door een uniek 3D model. Deze modellen worden automatisch opgebouwd aan de hand van een beperkt aantal basiseigenschappen en bijbehorende parameters, waardoor het beslag op ICT voorzieningen gering blijft, en tegelijkertijd een meer realistisch beeld ontstaat van elke boom. Er is nog onvoldoende ervaring opgedaan met de plaatsing van deze methode in bestaande 3D omgevingen, maar de methode lijkt zeer bruikbaar.

Een soortgelijke aanpak kan in de toekomst misschien ook worden ingezet bij de modellering van andere objecten die variatie kennen maar ook eigenschappen delen, zoals verkeersborden.

6.3.3 Bouwwerk Informatie Modellen (BIM)

De toepassingsdomeinen GEO en BIM (vergelijk GIS versus CAD, op grote schaal versus lokaal, gegeneraliseerd versus een hoge mate van detail) groeien naar elkaar toe en vullen elkaar aan. Het is belangrijk te zoeken naar aansluiting tussen beide domeinen. GIS gegevens (in BIM vaak aangeduid als omgevingsinformatie) kunnen als referentie worden gebruikt bij BIM, en andersom kan BIM als bron dienen voor 3D geo-informatie.

Het concept van meerdere geometrische representaties (in de verschillende detailniveau's LOD0 – LOD4), zoals CityGML dat kent, is uitstekend geschikt voor een dergelijke aanpak. Waar BIM modellen informatie bevatten met een detaillering gelijk aan LOD4, soms aangevuld met rijke informatie over bijvoorbeeld in pandige kabels en leidingen, is het geodomein in staat om op efficiënte wijze gebaseerd op bestaande registraties en datasets, 3D informatie op te bouwen tot LOD2.

6.3.4 Software

De 3D wereld wordt gekenmerkt door een grote veelzijdigheid aan softwarepakketten en bijbehorende bestandsformaten. Een aantal voorbeelden zijn: Autodesk, Bentley, ESRI ArcGIS, Google Sketch-Up, Google Building Maker, Revit, Solibri, Navisworks, 3D Studio Max en Autocad LandXplorer. De meeste van deze softwarepakketten kennen separate viewers, zoals Landxplore viewer en WFS/GML Viewer. De online platforms Google Earth, Bing Maps en Nasa World Wind zijn daarnaast vaak ook als viewer in te zetten.

Het geodomein is met name gebaat bij uitbreidingen naar complete 3D functionaliteit, voor zover nog nodig, van de software pakketten die ook voor de opbouw en het beheer van 2D geo-informatie worden gebruikt.

De communicatie via 3D modellen met partijen die iets verder weg staan van de technisch-inhoudelijke processen, zoals stakeholders, managers en opdrachtgevers, wordt gaandeweg toegankelijker, met de komst van webtoepassingen (WMS, WFS, nu nog in 2D) en formaten zoals 3D PDF, waarvoor geen separate viewer meer nodig is en toch navigeren in 3D (juist op eenvoudige en toch interactieve wijze) mogelijk is.

6.4 Conversie naar CityGML

Op verschillende wijzen kan 3D geo-informatie worden opgebouwd in CityGML of worden geconverteerd naar CityGML. Meer informatie daarover is terug te vinden in het eindrapport werkgroep 3D Testbed.

De tabellen in bijlage II bevatten daarnaast ook informatie over de opbouw in CityGML en conversie naar CityGML. Bentley beschrijft hoe met behulp van FME.dgn bestanden naar CityGML worden geconverteerd. iDelft beschrijft hoe het CityGML formaat standaard wordt ondersteund, maar geeft ook aan dat het bij conversie naar CityGML noodzakelijk is om bijvoorbeeld automatisch onderscheid te kunnen maken tussen Vegetation en Building classes. Daarnaast moeten ook enkele andere attributen worden bepaald, om aan de semantische eisen van CityGML tegemoet te kunnen komen. Soms ontbreken de benodigde gegevens nog op landelijk niveau. Opgemerkt wordt dat ook BAG registraties niet alle benodigde (fysieke) bouwgegevens bevatten. Toposcopie beschrijft hoe CityGML wordt ondersteund en dat bijvoorbeeld gegevens over bomen uit DTB kunnen worden omgezet naar CityGML.

6.5 Financiële inspanningen gemoeid met de opbouw van 3D geo-informatie

De financiële inspanning die nodig is om tot 3D geo-informatie te komen is sterk afhankelijk van de mate van detaillering die wordt nagestreefd. Kan slim gebruik worden gemaakt van bestaande (2D en 3D, ruw en uit processing) databronnen, dan is de inspanning relatief gering.

Het is tegelijkertijd moeilijk gebleken om de (directe) baten van 3D geo-informatie in kaart te brengen. Dat komt met name doordat de winsten zich soms voordoen in domeinen die ver weg liggen van de traditionele toepassingsgebieden van geo-informatie.

Het staat vast dat de opbouw van hooggedetailleerde 3D informatie (zoals bij ontwerp en ontwikkeling en in geval van BIM) zich laat kenmerken door een handmatige kartering door professionals. Die wijze van opbouw brengt dermate veel financiële inspanning met zich mee, dat beter gezocht kan worden naar (semi-)automatische processen. De aanbesteding voor de opbouw van LOD2 3D geo-informatie in de gemeente Rotterdam vond plaats onder de Europese aanbestedingsgrens.

Daarnaast zijn in Rotterdam kosten gemaakt voor het onderzoek naar de wensen van (potentiële) afnemers en de stand van ontwikkelingen in de markt, en zijn kosten gemaakt voor de noodzakelijke projectvoorbereiding en projectbegeleiding. Een generieke aanpak voor gemeenten kan er voor zorgen dat dergelijke kosten kunnen worden gedeeld.

6.6 Beheer en bijhouding van 3D geo-informatie

In de 3D Pilot zijn niet het beheer en de bijhouding van 3D geo-informatie onderzocht. Wel zijn enkele aanbevelingen te formuleren:

- Efficiënt beheer is gebaat bij de aansluiting, waar mogelijk, op bestaande beheerprocessen.
- De herkomst van mutatiesignalen, bijvoorbeeld uit mutatiemeldingen, is kritisch voor een succesvol beheer. Als bij 3D geo-informatie sprake is van een opbouw uit verschillende databronnen (nieuw in te winnen gegevens, en brongegevens uit bestaande processen en registraties), is het waarschijnlijk dat mutatiemeldingen ook afkomstig zijn van meerdere bronnen. In veel gevallen is een enkel systeem van mutatiemeldingen niet afdoende: sommige aspecten van 3D geo-informatie (zoals wijzigingen in terreinhoogtes of dakstructuren) zijn niet relevant voor de bijhouding in 2D topografische registraties.
- Technieken voor de opbouw van 3D geo-informatie zijn veelal bruikbaar op zowel grote al kleinere schaal. Nadat vast is gesteld welke objecten veranderingen hebben ondergaan, is de modellering van die objecten met dezelfde technieken te bewerkstelligen.
- Mutatiesignalering op basis van 3D geo-informatie is complex, maar is in potentie krachtiger dan mutatiesignalering op basis van 2D geo-informatie. Op dit moment leiden technieken voor mutatie-detectie in 3D geo-informatie nog niet tot volledige sets mutatiesignalen. Verwacht wordt dat toekomstige ontwikkelingen de opbrengst van deze technieken nog flink kan verhogen.

7. De positionering van 3D in de organisatie

Dit hoofdstuk beschrijft, vanuit het perspectief van een overheidsorganisatie, een aantal overwegingen en aanbevelingen met betrekking tot de positionering van 3D geo-informatie in de eigen organisatie.

7.1 Overwegingen met betrekking tot de positionering van 3D in de organisatie

Vanuit het perspectief van een overheidsorganisatie is het positioneren van 3D geo-informatie in de organisatie niet eenvoudig. Dat heeft een aantal oorzaken:

- De kosten laten zich over het algemeen gemakkelijker in beeld brengen dan de baten, omdat de baten vaak worden geogst in toepassingsdomeinen die verder van het geodomein afliggen dan het geval is bij bestaande (2D) registraties.
- De opbouw van 3D informatie beweegt zich tussen inwinning op maat (relatief kostbaar, maar vrij te vormen) en gebruikmaken van bestaande brongegevens (minder vrij te vormen, maar kostenbesparend en de mogelijkheid scheppend om via GIS aan te sluiten op bestaande registraties).
- De opbouw van 3D informatie is soms nog complex vanwege de benodigde (nog in ontwikkeling zijnde) software.
- De verzameling en het meervoudige gebruik van 3D informatie zijn gebaat bij een standaard uitwisselingsformaat, dat nog niet bestaat.
- Er is nog geringe ervaring met de aanbesteding van werkzaamheden in het kader van de opbouw van 3D informatie.

Wel is zeker dat lokale, regionale of landsdekkende registraties (zoals GBK/BAG, TOP10NL, AHN2 en straks BGT) de bouwstenen aanreiken om tot betekenisvolle 3D geo-informatie te komen.

7.2 Aanbevelingen met betrekking tot de positionering van 3D in de organisatie

Vanuit bovengenoemde overwegingen zijn de volgende aanbevelingen te doen voor overheidsorganisaties die 3D geo-informatie in hun processen willen positioneren:

- Leg en onderhoud een contact met de toepassingsdomeinen.
- Kies en onderbouw op basis van de beoogde toepassingen een integrale strategie voor de opbouw van 3D informatie, die bepaalt welke registratie(s) bepalend zal zijn en waarop aansluiting moet worden gezocht, maar ook bepaalt welke kwaliteit noodzakelijk en haalbaar is (detaillering, typering, semantiek, geometrie).
- Maak gebruik van partnerships en specialisten om de balans te zoeken tussen inwinnen en gebruik maken van bestaande registraties.
- Gebruik bestaande bestandsformaten in de diverse toepassingsdomeinen, maar zoek naar uitwisseling in een specifiek uitwisselingsformaat.
- De noodzaak van een standaard uitwisselingsformaat is evident en maakt meervoudige gebruik van eenmalig opgebouwde 3D informatie mogelijk.

7.3 Aanbevelingen vanuit de use cases

Het eindrapport in activiteit 4 werkgroep 3D Use cases vraagt in haar aanbevelingen om nadere acties om het bewustzijn dat in de 3D Pilot is ontstaan verder uit te bouwen. Een voorbeeld daarvan is het verder uitwerken van een generieke aanpak voor 3D binnen gemeenten, het belangrijkste toepassingsdomein waar 3D de komende jaren een rol gaat spelen. Vanuit de persoonlijke ervaringen van de use case trekkers, zijn de volgende aanvullende aanbevelingen geformuleerd:

- Er kan al heel veel met 3D technieken en informatie, alleen vaak is de beschikbare kennis nog versnipperd. De toekomst is 3D dus laat je hierdoor niet afschrikken en begin ervaring op te bouwen. Maak je idee zo concreet mogelijk; bekijk wat en wie je hierbij nodig hebt en neem kleine stapjes. Overleg regelmatig.

- Koppel je 3D inspanningen direct aan producten in het ruimtelijk ontwerpproces, hierdoor wordt duidelijker waar de winst (naast de extra kosten) van 3D zit.
- Stimuleer het gestructureerd ontwerpen in 3D, hier zit grote meerwaarde.
- Stimuleer een betere beschikbaarheid van onafhankelijke kennis rondom de opbouw en het gebruik van 3D geo-informatie en CityGML.

8. Conclusies en aanbevelingen

Dit hoofdstuk bevat de conclusies en aanbevelingen voor Nederland vanuit de 3D Pilot werkgroep Aanbod van 3D geo-informatie.

8.1 Conclusies

1. In de 3D Pilot is een ruime en zeer diverse hoeveelheid testdata beschikbaar gesteld en vermeld. Deze testdata blijven, ook na afloop van de pilot, tenminste enige tijd beschikbaar via de dataserver.
2. Het is lastig gebleken om alle beschikbare datasets al in een vroeg stadium in een referentieformaat te kunnen ontsluiten, juist vanwege het nog ontbreken van een nationale standaard voor 3D geo-informatie (zie eindrapport werkgroep 3D Standaard NL).
3. De in Nederland aanwezige brongegevens uit bestaande processen (zoals TOP10NL, GBKN/BAG, DTB, AHN2, 3D CAD, AEC, BIM of IFC modellen uit ontwerp of bouw en GeoTOP) en datasets die uit inwinning kunnen worden verkregen (zoals stereoluchtfoto's, oblique luchtfoto's, 360° panoramafoto's, en laseraltimetrische data uit airborne, dynamische of terrestrische inwinning) vormen samen rijke brongegevens voor de opbouw van 3D geo-informatie. Bij de afronding van AHN2 is landsdekkende, gedetailleerde hoogte-informatie aanwezig (punt dichtheid ca. 10 punten/m²).
4. De in de 3D Pilot uitgevoerde werkzaamheden laten zien wat anno 2011 in Nederland kan als het gaat om de opbouw van 3D geo-informatie.
5. Er zijn vier belangrijke technisch inhoudelijke redenen om bij opbouw van 3D informatie uit te gaan van bestaande registraties:
 - a. Aansluiten op bestaande registraties betekent aansluiten (via GIS) op bestaande toepassingsdomeinen.
 - b. Bestaande registraties bevatten soms semantisch rijke informatie, die moeilijk te verkrijgen is uit inwinnings technieken (zoals fotogrammetrie en laseraltimetrie).
 - c. Bestaande registraties bevatten informatie over objecten die de automatiseringsgraad van de methode en de kwaliteit van automatisch bepaalde semantische objecten verhoogt.
 - d. Bij de bijhouding kan gebruik worden gemaakt van het bijhoudingsproces (of in ieder geval de daarbij gebruikte informatie) van de bestaande registraties.
6. Voor de opbouw van 3D geo-informatie uit een combinatie van gegevens uit inwinning en bestaande registraties is het over het algemeen noodzakelijk dat de topografische bestanden objectgerichte informatie bevatten.
7. De combinatie van laseraltimetrie (voor opbouwen van relatief eenvoudige objecten met een hoge kwaliteit en met een hoge mate van automatisering) en fotogrammetrie (voor handmatige verfijning, detaillering en correctie) leidt tot optimale resultaten, alhoewel opbouw op basis van één van beide technieken ook goed mogelijk is.
8. De modellering van het terrein is over het algemeen niet zeer complex.
9. Textuurinformatie is relatief eenvoudig aan te brengen, dan wel via textuurinformatie uit beeldinformatie (mits beeldinformatie zoals fotomateriaal, inclusief oriënteringsgegevens, beschikbaar is), dan wel via textuurinformatie op basis van computer graphics.
10. Textuurinformatie in de vorm van computer graphics is vele malen efficiënter op te slaan en te gebruiken dan textuurinformatie uit beeldinformatie, maar vereist wel dat in de 3D modellen (enige) semantiek is opgeslagen.
11. Op dit moment bestaan nog geen succesvolle technieken, anders dan de combinatie met bestaande (2D) gegevens en hun semantiek, om tot semantisch rijke 3D geo-informatie te komen. Verwacht wordt dat daar met de introductie van een standaard referentieformaat en de ontwikkeling van het toepassingsdomein voor 3D geo-informatie verandering in komt.
12. De mate van automatisering in de opbouw van 3D geo-informatie is sterk afhankelijk van de gekozen detaillering. Het is nog steeds moeilijk om 100% automatisch objecten te genereren op LOD2 niveau (van CityGML, zie eindrapport werkgroep 3D Standaard NL) of gedetailleerder. Dat is wel mogelijk tot een LOD1 niveau.

13. De financiële inspanning die nodig is om tot 3D geo-informatie te komen is sterk afhankelijk van de mate van detaillering die wordt nagestreefd. Kan slim gebruik worden gemaakt van bestaande (2D en 3D, ruw en uit processing) databronnen, dan is de inspanning relatief gering.
14. Het is lastig gebleken om de (directe) baten van 3D geo-informatie in kaart te brengen. Dat komt met name doordat de winsten zich soms voordoen in domeinen die ver weg liggen van de traditionele toepassingsgebieden van geo-informatie.
15. De toepassingsdomeinen GEO en BIM (vergelijk GIS versus CAD, op grote schaal versus lokaal, gegeneraliseerd versus een hoge mate van detail) groeien naar elkaar toe en vullen elkaar aan. GIS gegevens (in BIM vaak aangeduid als omgevingsinformatie) kunnen als referentie worden gebruikt bij BIM, en andersom kan BIM als bron dienen voor 3D geo-informatie. Het concept van meerdere geometrische representaties (in de verschillende detailniveaus LOD0 – LOD4), zoals CityGML dat kent, is uitstekend geschikt voor een dergelijke aanpak.
16. De 3D wereld wordt gekenmerkt door een grote veelzijdigheid aan softwarepakketten en bijbehorende bestandsformaten. Het geodomein is met name gebaat bij uitbreidingen naar complete 3D functionaliteit, voor zover nog nodig, van de software pakketten die ook voor de opbouw en het beheer van 2D geo-informatie worden gebruikt.
17. Vanuit het perspectief van een overheidsorganisatie is de positionering van 3D geo-informatie in de organisatie niet eenvoudig. Dat heeft een aantal oorzaken:
 - a. De kosten laten zich over het algemeen gemakkelijker in beeld brengen dan de baten (zie conclusie 14).
 - b. De opbouw van 3D informatie beweegt zich tussen inwinning op maat (relatief kostbaar, maar vrij te vormen) en gebruikmaken van bestaande brongegevens (minder vrij te vormen, maar kostenbesparend en de mogelijkheid scheppend om via GIS aan te sluiten op bestaande registraties).
 - c. De opbouw van 3D informatie is soms nog complex vanwege de benodigde (nog in ontwikkeling zijnde) software.
 - d. De verzameling en het meervoudige gebruik van 3D informatie zijn gebaat bij een standaard uitwisselingsformaat, dat nog niet bestaat.
 - e. Er is nog geringe ervaring met de aanbesteding van werkzaamheden in het kader van de opbouw van 3D informatie.

8.2 Aanbevelingen

1. De ontwikkeling van een standaard uitwisselingsformaat zal een positieve impact hebben op de toegankelijkheid en uitwisselbaarheid van 3D geo-informatie.
2. Het is aan te raden om de opbouw van 3D geo-informatie te baseren op brongegevens uit bestaande (2D) registraties, ook omdat benodigde financiële inspanning daardoor relatief beperkt kan blijven.
3. De volgende aanbevelingen zijn te doen voor overheidsorganisaties die 3D geo-informatie in hun processen willen positioneren:
 - a. Leg en onderhoud een contact met de toepassingsdomeinen.
 - b. Kies en onderbouw op basis van de beoogde toepassingen een integrale strategie voor de opbouw van 3D informatie, die bepaalt welke registratie(s) bepalend zal (zullen) zijn en waarop aansluiting moet worden gezocht, maar ook bepaalt welke kwaliteit noodzakelijk en haalbaar is (detaillering, typering, semantiek, geometrie).
 - c. Maak gebruik van partnerships en specialisten om de balans te zoeken tussen inwinnen en gebruik maken van bestaande registraties.
 - d. Gebruik bestaande bestandsformaten in de diverse toepassingsdomeinen, maar zoek naar uitwisseling in een specifiek uitwisselingsformaat.
 - e. De noodzaak van een standaard uitwisselingsformaat is evident en maakt meervoudige gebruik van eenmalig opgebouwde 3D informatie mogelijk.
4. De ontwikkeling van 3D geo-informatie is gebaat bij het vroegtijdig bij de ontwikkeling betrekken van (potentiële) gebruikers, zodat 3D geo-informatie door samen te werken kan worden ingepast in bestaande bedrijfsprocessen.
5. Het is aan te raden om aansluiting te zoeken en bewaren bij de ontwikkeling in het toepassingsdomein BIM.

6. De positionering van 3D geo-informatie in overheidsorganisaties heeft baat bij een gezamenlijke aanpak van de relevante onderzoeksvragen in een soortgelijke setting als het geval is geweest in 3D Pilot.

Bijlage I. Overzicht data op de server

Onderstaande tabel bevat de op de dataserver verzamelde datasets, inclusief herkomst, format en een korte beschrijving.

Herkomst	Dataset	Format	Beschrijving
Projectgroep	Projectgrens testlocatie Rotterdam	dxf, shp	-
Projectgroep	Projectgrens testlocatie Rotterdam_zoom	dxf, shp	-
TNO	Schie en Krimpenerwaard	zip met o.a. shp	3Dmodel op gestapelde grids (voxels).
iDelft	CityGML op basis van Collada bestanden	zip met uitleg in PDF	Drie voorbeeld gebouwen gemodelleerd met SketchUp (in Collada) op basis van oblique luchtfoto's. LOD2 modellering inclusief schuine daken en dak en gevel aankleding. De modellen zijn omgezet in het CityGML formaat (elke gebouw een apart bestand). Tevens een grondvlak (in CityGML formaat). De bestanden kunnen gezamenlijk geladen worden in bijvoorbeeld AutoDesk's LandXplorer.
iDelft	CityGML LOD1	zip, gml, inclusief rapportage	CityGML LOD1, inclusief luchtfoto en vegetatie.
iDelft	CityGML Converter	PDF	Brochure met uitleg over hoe een Vector (hoogte) model omgezet kan worden in een CityGML model. http://www.idelft.nl/resources/InformatieBrochureCityGML.pdf .
iDelft	CityGML Converter	MSI	Deze software mag door deelnemers en niet-deelnemers van de 3D Pilot gebruikt worden. Software om SHP bestanden om te zetten in CityGML modellen. We verwijzen naar de iDelft website zodat de software periodiek verbeterd kan worden. http://www.idelft.nl/Download/Open3D_DataConverterSetup.zip . Uitleg: http://www.idelft.nl/Download/ReadMe.htm .
Gemeente Rotterdam	2D en 3D data van omgeving, gebouwen, kabels en leidingen	shp, dwg, ifc, 3ds, jpg	Er staan een aantal directories met informatie over het gedeelte van Rotterdam. GBKN_Rotterdam bevat de GBKN in losse lijnen (grenzen van gebouwen, wegen, e.d.). In de 3D-dwg-omgeving staan 3 dwg bestanden welke als impatch kan worden ingeladen in ArcGIS, er zit verder geen data aan vast. 3DS modellen van Erasmusbrug en omgeving. Beheer data van Rotterdam met info over de gebouwen en straten e.d. (in shp). Kabels en leidingen, info over deze objecten in shp formaat.

Herkomst	Dataset	Format	Beschrijving
Gemeente Rotterdam	Luchtfoto (2010)	tif	Luchtfoto (tif) als orthofoto's en als stereofoto's, inclusief cameragegevens en oriënteringen.
Gemeente Rotterdam	Objectgericht GBK	shp	De GBKN van Rotterdam in objectgerichte vorm (de basisbestanden). Het bestand is niet gelijk aan het lijngerichte bestand dat door Peter Doorduyn is ge-upload (vanwege actualiteitsverschillen).
Projectgroep	Frankfurt_Street_Setting_LOD3	CityGML	Een voorbeeld CityGML in LOD3. Zie: http://www.citygml.org/1539/ .
Projectgroep	Munich	CityGML	Een voorbeeld CityGML in LOD2 met textures. Zie: http://www.citygml.org/1539/ .
Projectgroep	TU Delft	CityGML	Een aantal door Toposcopie vervaardigde CityGML bestanden van een aantal gebouwen in de TU wijk.
Groep 1	Kadaster	shp	TOP10NL.
Projectgroep	Gemeente Rotterdam	shp	Rotterdam3D: LOD 1 model zonder textures.
Projectgroep	Kadaster	BIM	Ontwerp van De Rotterdam door architect Grandia (moet nog gebouwd worden op de kop van zuid).
Projectgroep	Gemeente Apeldoorn	Max	Hoog detail modellen van de binnenstad van Apeldoorn, inclusief openbare ruimte en dergelijke (translatieparameters 194875, 470300, 0). Hoog detail modellen van de nieuwbouwwijk Zuidbroek in de gemeente Apeldoorn, inclusief openbare ruimte, bestaande & toekomstige situatie (translatieparameters 194875, 470300, 0). LOD0? model van de gebouwen in de gemeente Apeldoorn, inclusief globaal wegepatroon, bomen en dergelijke in MAX (translatieparameters 194875, 470300, 0). DEM van Apeldoorn in esrigrid (asc) (translatieparameters 194875, 470300, 0). Luchtfoto van de gemeente Apeldoorn met een resolutie van 10 cm in jp2.
Bureau Toposcopie	Diverse datasets	CityGML	Diverse datasets in LOD2 gemodelleerd.
Projectgroep	CityGML-versies van de Erasmusbrug	CityGML	Erasmusbrug.

Herkomst	Dataset	Format	Beschrijving
Fugro	LIDAR bestand van Rotterdam	xyz (ascii)	Bestand met de voor Rotterdam in november 2008 ingewonnen LIDAR data, inclusief classificatie (maaiveld of geen_maaiveld), intensiteit en rgb waarden. Punt dichtheid 30 p/m ² .
Kadaster	Kadastrale percelen	shp	Kadastrale percelen.
WUR	Voorbeeld van luchtvervuiling	txt (ascii)	Fijnstofconcentraties (voxels) rondom een boerderij.
Cyclomedia	Cyclorama's Proefgebied Rotterdam 2,5 m interval	N.v.t., via webapplicatie & open formaat uitsnedes	Het proefgebied Rotterdam is in oktober 2010 opgenomen met een interval van 2,5 meter. De Cyclorama's zijn beschikbaar via de GlobeSpotter webapplicatie en als centraal perspectief uitsnedes.
Cyclomedia	Stereo10 en Ortho10 van het proefgebied Rotterdam	tiff, ecw, camera calibratie, xy-zopk, shp	Het proefgebied Rotterdam is in 2010 gefotografeerd binnen het project LuchtfotoNL 2010 van CycloMedia. Zowel de 10 cm stereo als ortho is beschikbaar.
TopconSokkia	Puntenwolk uit dynamische laserscanning inclusief panoramische beelden	doc e.a.	De data zijn niet op de server opgeslagen: het bestand 3D Pilot Topcon.doc beschrijft hoe de data voor de deelnemers aan de pilot te verkrijgen zijn.
Rijkswaterstaat DID	DTB	dwg, shp	Kaartblad DTB gegevens Rijkswaterstaat.
Horus Surround Vision	Panoramavideo-beelden	div	Panoramavideo-beelden inclusief Horus Movie Player.
ITC U Twente	LOD1 en LOD2 panden	vrm, dxf	LOD1 panden (uit top10NL en AHN2) en LOD2 panden (uit GBKN en AHN2).
Imagem	Puntenwolk uit fotogrammetrische matching	las	Puntenwolk, verkregen uit automatische matching in stereofoto's.
Bentley	De Rotterdam (uit BIM) en appartementen	dgn, CityGML	3D Objecten van het gebouwcomplex De Rotterdam en appartementen (waarop rechten rusten).

Bijlage II. Beschrijvende tabellen bij data op de server

Deze bijlage bevat tabellen met metadata bij de meest relevante, op de dataserver aanwezige datasets.

Daar waar het gaat om technieken voor de opbouw van 3D informatie, bevat de tabel informatie over data, typering en inwinning. Als het gaat om technieken voor de migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie, bevat de tabel waar mogelijk ook informatie over databronnen, bestaande brongegevens, voorbewerking, combinatie, modellering, conversie en toepassing.

Altera. 3D informatie over luchtstroming

Data

3D informatie over luchtstroming.

Typering

Techniek voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

Voor gebruik van deze data in de use case Data integratie ten behoeve van continue 3D modellen is geen extra informatie ingewonnen.

Databronnen / bestaande brongegevens

Als basis zijn de 3D objecten van de stad Rotterdam gebruikt, die zijn aangeleverd in een shapefile-formaat.

Verder zijn bomen gereconstrueerd uit LIDAR data en ook vertaald in een shapefile-formaat.

Voorbewerking

Om met 3D objecten te kunnen rekenen, heb je de vertices nodig van de 3D objecten. Hierbij moet het duidelijk zijn, hoe het 3D object is opgebouwd, bijvoorbeeld uit 4 verschillende muren en 1 dak (zogenoemde subelementen), en welke vertices deze subelementen weer beschrijven. In de toekomst is het zelfs gewenst om per subelement additionele informatie te hebben over bijvoorbeeld luchtweerstand of warmtegeleidingcapaciteit.

Voor de gebruikte vegetatie modellen gaat het anders. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een grondpunt, met additionele attribuutwaarden die het boommodel beschrijft.

Deze hiervoor genoemde voorbewerking is geautomatiseerd en levert de juiste invoergegevens aan in ascii-bestanden.

Combinatie

Om de input data geschikt te maken voor het stromingsmodel moeten de volgende stappen worden genomen, waarbij alle stappen op de selectie na kunnen worden geautomatiseerd.

Stappen:

- Selectie testgebied (reductie van data).
 - Exporteren van 3D objecten in importeren in stromingsmodel.
 - Opbouwen van voxelstructuur, rekening houdend met de geïmporteerde 3D objecten als obstakels.
 - Het parametriseren van het stromingsmodel.
 - Informatie over de berekende luchtstroming, kan worden geëxporteerd naar een ascii-bestand, waarbij de gegevens worden opgeslagen volgens een voxelstructuur.
 - De voxelstructuur kunnen worden vervangen met 3D punten, waardoor de luchtstromen ook weer ingelezen kunnen worden in bijvoorbeeld Esri software.
-

Modellering

Het uiteindelijke voxelbestand heeft een resolutie van 4 meter. Van uit een ontwerpers perspectief kan dit vrij grof zijn, maar voor meteorologen is dit super gedetailleerd. Dus de detaillering hangt een beetje af met welke bril je erna kijkt. Maar in theorie is de detaillering van de voxelstructuur afhankelijk van het detail niveau van de input data.

Over de kwaliteit over de uitkomsten van het stromingsmodel is nog niets te zeggen, omdat het nog niet is gevalideerd.

Conversie

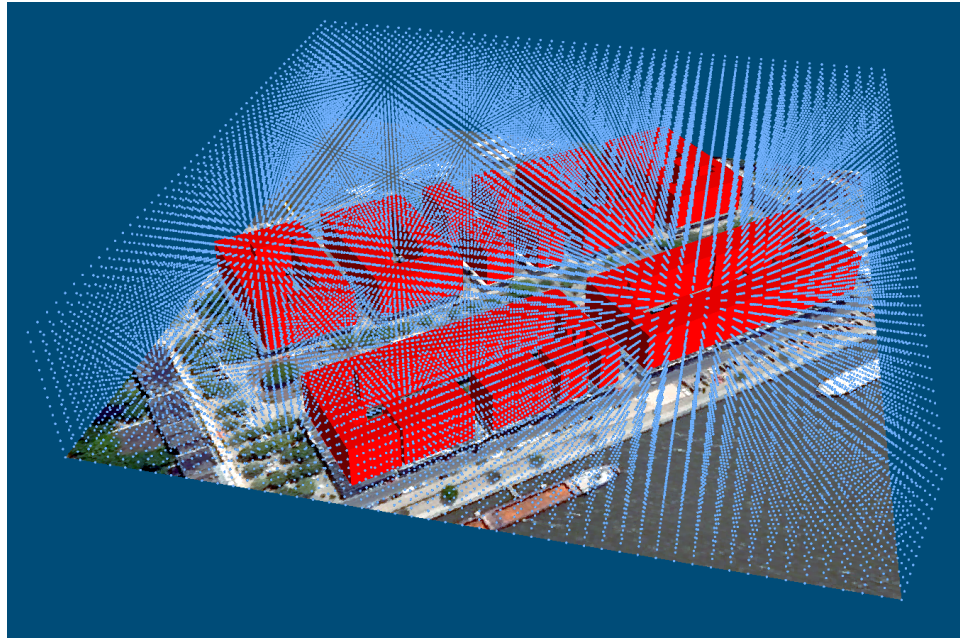
Wat voor deze use case heel belangrijk is, is om structuur te krijgen in de 3D data. Waarbij het mogelijk is de individuele onderdelen te benaderen waaruit het object is opgebouwd. Bijvoorbeeld een simpel huis (object) is opgebouwd uit 4 muur elementen en 1 dak element (in geval van plat dak). Vervolgens moet het weer mogelijk zijn de virtices van de afzonderlijke elementen te benaderen, en moet het mogelijk zijn ad-ditionele attribuu data over materiaal eigenschappen toe te voegen.

Tenslotte speelt deze use case met verschillende tijdstappen. Zo is de luchtstroming op tijdstip a anders dan op tijdstip b. Gewenst is dan ook dat het m.b.v. CityGML mogelijk is om op dit tijdsaspect te filteren. Maar deze temporele filteractie heeft niet alleen meerwaarde bij het visualiseren van luchtstromen, maar ook bij standaard 3D objecten.

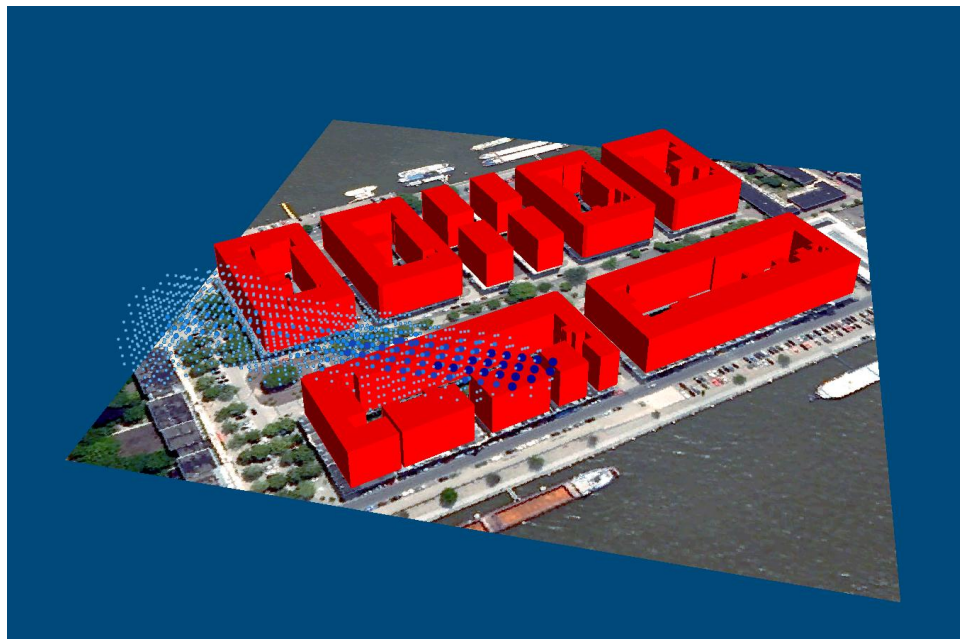
Toepassing

Een stad is een plek met een hoge bevolkingsdichtheid en met geconcentreerde voorzieningen. Doordat een stad veel mensen huisvest, is een groot deel van het stadsoppervlak bebouwd met huisvesting of infra-structuur. Dit leidt vervolgens weer tot de wel bekende stadsproblematiek, zoals; hittestress en luchtveront-reiniging. Het probleem wordt verder verergerd door grootschalig gebruik van airco's en het stadsverkeer. Door tijdens de stadsinrichting al rekening te houden met de impact van het ontwerp op de algehele lucht-circulatie, kunnen stedelijke problemen m.b.t. luchtvervuiling en hittestress grotendeels worden tegen gaan.

Een andere toepassing is het verbeteren van de meetopstelling tijdens calamiteiten. Hierbij valt te denken aan de situatie bij de brand in Moerdijk (januari 2011). De eerste bevindingen van de brandweer waren dat er weinig schadelijke stoffen waren vrijgekomen, terwijl deze constatering naderhand bijgesteld diende te worden.



3D voxelmodel voor de testcase in Rotterdam. Bron: Alterra.



Resultaat rookontwikkeling, bij uitbreken van brand in één van de gebouwen. Bron: Alterra.

Bentley. 3D ontwerp en 3D eigendomsregistratie

Data

3D ontwerp en 3D eigendomsregistratie.

Typering

Technieken voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

Het ontwerp van het gebouw De Rotterdam is geleverd in een Sketchup file.
Het ontwerp beslaat 3 torens met ondergrondse parkeer garages met vloeren, muren, kolommen incl. de trappenhuizen en liftkokers.

Databronnen / Bestaande brongegevens

De geleverde SKP file bevatte 9 torens, i.p.v. 3. De oorspronkelijke 3 torens waren gekopieerd.
Het ontwerp ligt in een lokaal stelsel, maar van enkele punten zijn de RD coördinaten vermeld.
Het ontwerp zal de uiteindelijk hoogte, ligging en constructie van de definitieve as-build situatie goed benaderen. Maar de buitenkant van de torens ontbreekt nog. Van welk materiaal de buitenkant is, is onduidelijk.

Een DTM is beschikbaar (uit de point cloud, laser scanning) om het model op de juiste hoogte te plaatsen.

Voorbewerking

Het ontwerp is opgeschoond, de juiste 3 torens zijn overgebleven.
Er is een (ASCII) paspunten bestand gemaakt waarmee de transformatie wordt uitgevoerd.

Combinatie

Binnen MicroStation is de transformatie is uitgevoerd met standaard functionaliteit. De nieuwe positie komt overeen met de topografie bestanden (Artol, Top10NL).

Modellering

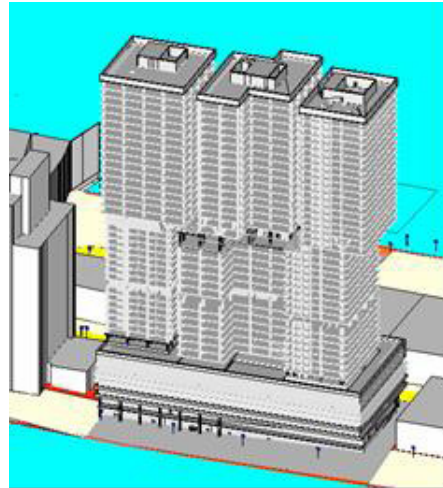
N.v.t.

Conversie

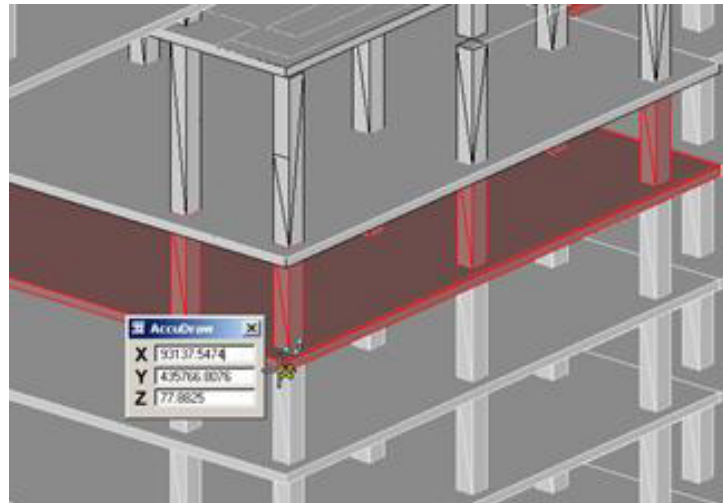
De SKP bestanden worden standaard in DGN formaat geconverteerd. Vervolgens is deze getransformeerd naar RD stelsel en op de juiste hoogte geplaatst. De DGN file DeRotterdam RD.dgn bevat het resultaat.

Toepassing

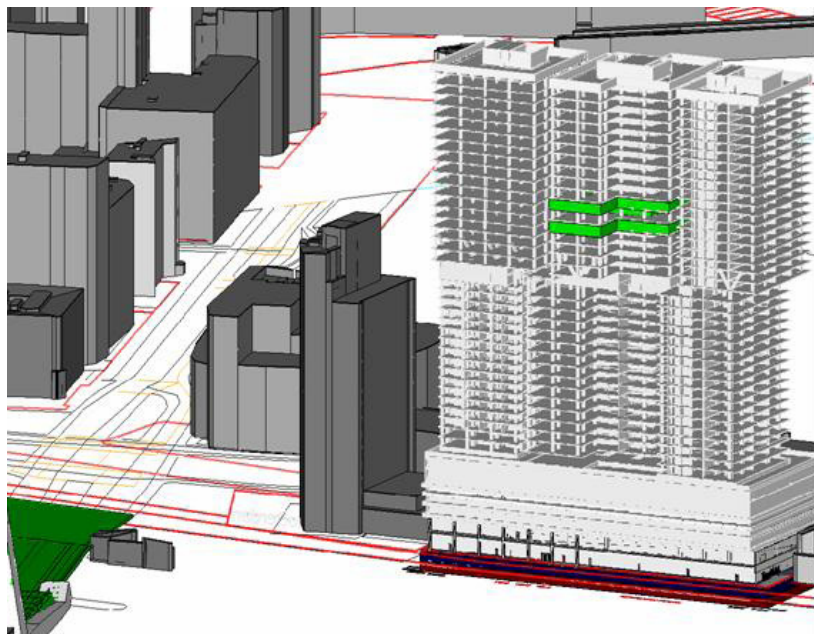
Export naar CityGML is mogelijk.
Ondersteunen voor het vastleggen van kadastraal eigendom in 3D. Bijv. een appartement over twee verdiepingen met intern trappenhuis en/of lift (zie Eigendommen.dgn en Eigendommen.gml).
Export 3D PDF.



Ontwerp van gebouwcomplex De Rotterdam.
Bron: Bentley.



Selectie van een verdieping in het
BIM model. Bron: Bentley.



Meerdere geselecteerde appartementen. Bron: Bentley.

Bentley. Presentatie 3D stad

Data

Presentatie 3D stad.

Typering

Technieken voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

Met Laserscanning is een point cloud file aangemaakt.

Databronnen / bestaande brongegevens

Point cloud (bestand met punten met XYZ-coördinaten en kleur code).

Topografie (SHP formaat), met locatie van lantaarnpalen.

Luchtfoto (TIF).

Bomenbestand (SHP formaat), met hoogte en kroongrootte.

Voorbewerking

De point cloud is bewerkt, uitschieters zijn verwijderd, gescande water oppervlakten zijn verwijderd.

Een script is gemaakt uit de boomgegevens (stamhoogte, kroonbreedte) een juiste 3D boom te genereren.

Combinatie

De vectorisatie van de punten wolk is semi-automatisch uitgevoerd, per bouwblok.

Nabewerking met informatie van BAG panden kaart en topgrafische bronnen is nog niet uitgevoerd.

Modellering

De point cloud is gevectoriseerd met als resultaat een DTM en de gebouwen in LOD2 (buitenkant met daken).

Topografie en bomen zijn op de juiste hoogte in het DTM geplaatst. Op de locaties van bomen en lantaarnpalen zijn 3D symbolen geplaatst.

Conversie

De DGN file Rotterdam.dgn bevat het resultaat van de vectorisatie van de puntenwolk:

- Level 59, DTM;
- Level 7, muren;
- Level 6, daken.

Met FME zijn de gebouwen naar CityGML geconverteerd (in rotterdamGebouwen.gml).

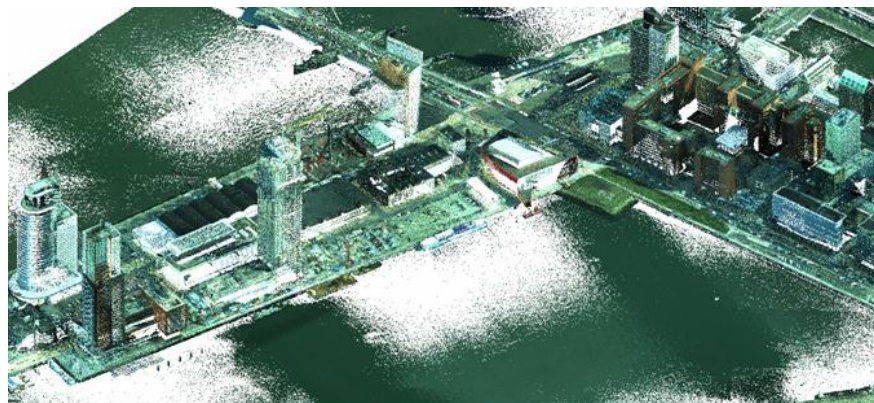
De DGN file Bomen.dgn bevat de 3D straatobjecten bomen en lantaarnpalen.

Toepassing

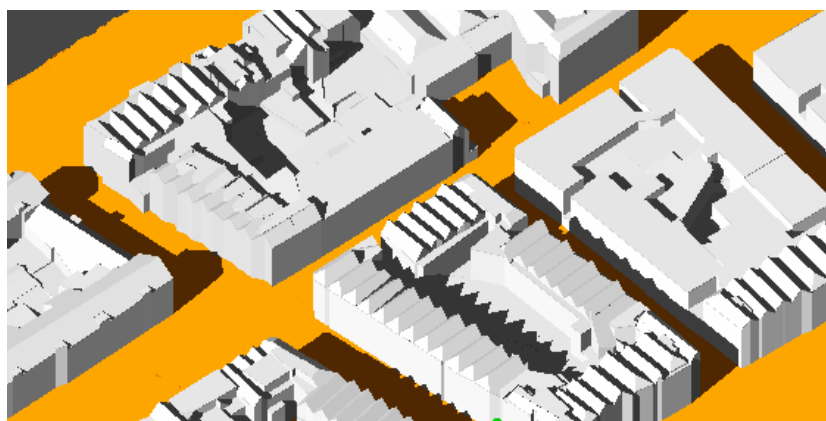
Export naar CityGML is mogelijk, bijv. de gebouwen in de GML file rotterdamGebouwen.gml.

Presentatie van de gebouwde omgeving in 3D (PDF, film etc.).

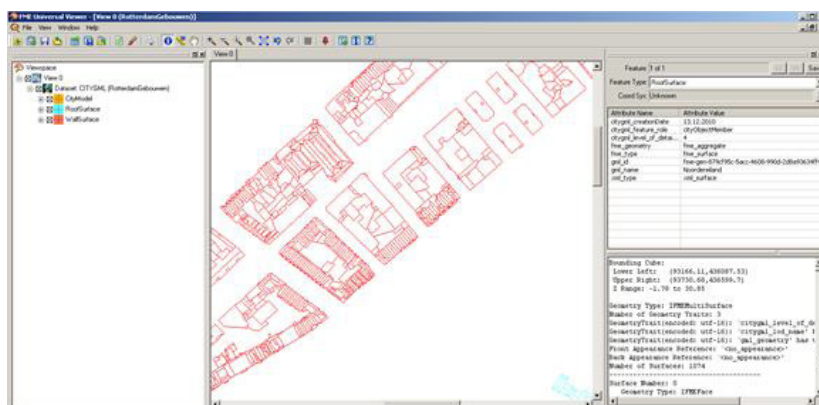
Solar studies, zichtlijnen etc.



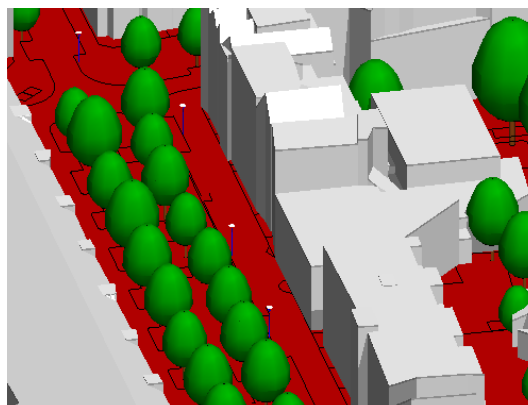
Laseraltimetrische data. Bron: Bentley.



3D geo-informatie (LOD2). Bron: Bentley.



Opbouw van 3D geo-informatie. Bron: Bentley.



3D geo-informatie (LOD2) en bomen op basis van implicit representation. Bron: Bentley.

Cyclomedia. Cyclorama's

Data

Cyclorama's.

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

- Hoge resolutie digitale, sferische panoramafoto's; fotogrammetrisch correcte beelden met hoge kwaliteit positiebepaling (std.afw. 10 cm).
 - Beschikbaar voor alle openbare wegen in Nederland (in sommige gemeenten ook vanaf voet- en fietspaden) met standaard interval van 5 m (projectmatig ook hogere densiteit beschikbaar).
 - Vele toepassingen voor raadplegen, meten, inprojecteren van 2D en 3D data en maken van uitsnedes beschikbaar, ook via integraties met leidende GIS applicaties.
 - Jaarlijkse update.
 - Gebruiksrecht op abonnementsbasis.
 - Levering via hosting (webservices) of lokale installatie.
-



Cyclorama op de Wilhelminapier. Bron: Cyclomedia.



Cyclorama op de Wilhelminapier inclusief opnamelocaties in beeld. Bron: Cyclomedia.



Cyclorama op de Wilhelminapier inclusief opnamelocaties in beeld. Bron: Cyclomedia.

Cyclomedia. LuchtfotoNL

Data

LuchtfotoNL.

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

Hoge resolutie luchtfoto's:

- Originele stereo luchtfoto's (Tiff) met externe oriëntatie parameters (XYZOPK);
 - Orthofoto's in Geo-Tiff formaat in tegels van 1.000 * 500 meter;
 - Geheel Nederland, landsdekkend;
 - De foto's worden ingewonnen vanuit vliegtuigen;
 - Pixelgrootte van 10 cm; vanuit de stereo beelden is het mogelijk binnen 28 cm standaardafwijking te karteren;
 - Jaarlijkse update;
 - Gebruiksrecht op abonnementsbasis;
 - Levering via hosting (webservices) of op harde schijf.
-

*Hotel New York (50%).
Bron: Cyclomedia.*



*Hotel New York (100%).
Bron: Cyclomedia.*



Gemeente Rotterdam. 3D CAD Modellen

Data

3D CAD Modellen.

Typering

Techniek voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

3D modellen van het maaiveld en gebouwen binnen projectgrens gegenereerd uit 2D data in combinatie met hoogte informatie. Kosten (modellieren): ca. € 4000,-.

Databronnen / bestaande brongegevens

Momentopname van een situatie, eventueel te controleren m.b.v. laserdata.

Voorbewerking

Maken modellen van de gebouwen en omgeving in BIM software.

Combinatie

Vervolgens exporteren naar 3D dwg formaat.
Ifc formaat of koppelen in 3DS Max Design 2009 en exporteren naar 3DS, met als doel uitwisseling met andere software pakketten mogelijk maken.

Modellering

N.v.t.

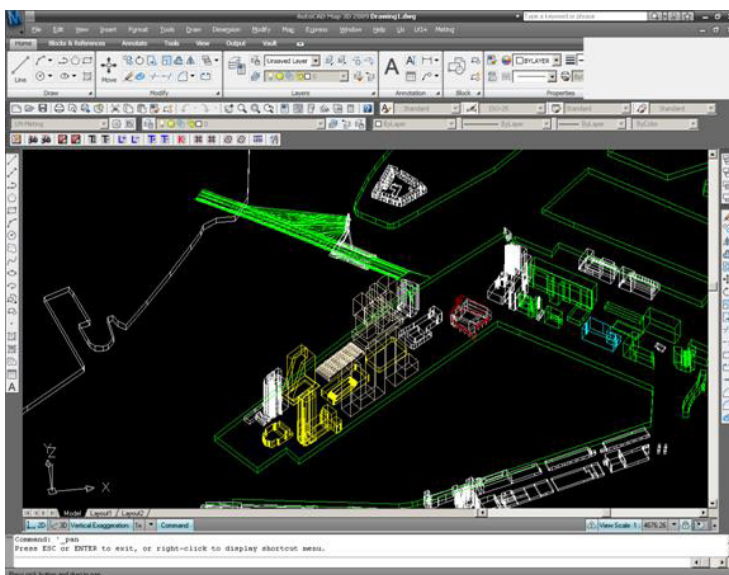
Conversie

Geen metadata meer aanwezig bij converteren naar 3D dwg, behalve een laag naam. Bij koppelen aan 3DS Max Design blijven de objectbenaming wel behouden, bij export naar 3DS gaat er weer data verloren.

Bij de ifc data blijft veel metadata aanwezig.

Toepassing

CAD.



3D CAD modellen.
Bron: gemeente Rotterdam.

Gemeente Rotterdam. GBKN Rotterdam

Data

GBKN Rotterdam (in lijnen en objectgericht).

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

De Grootchalige Basis Kaart Rotterdam en de BAG panden kaart. Bestand is beschikbaar als vlakken/lijnen/punten -bestand, volgens IMGEO 1.0.

Continue inwinning via GPS, Stereofotogr., Robotic, enz.

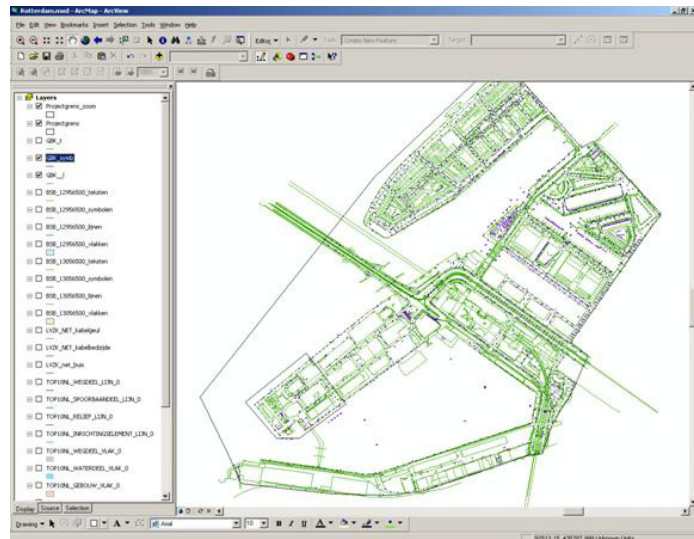
Kwaliteit: hoog.

Actualiteit: 3 maanden (updates n.a.v. mutatiemeldingen uit bijvoorbeeld nieuwbouw of sloop).

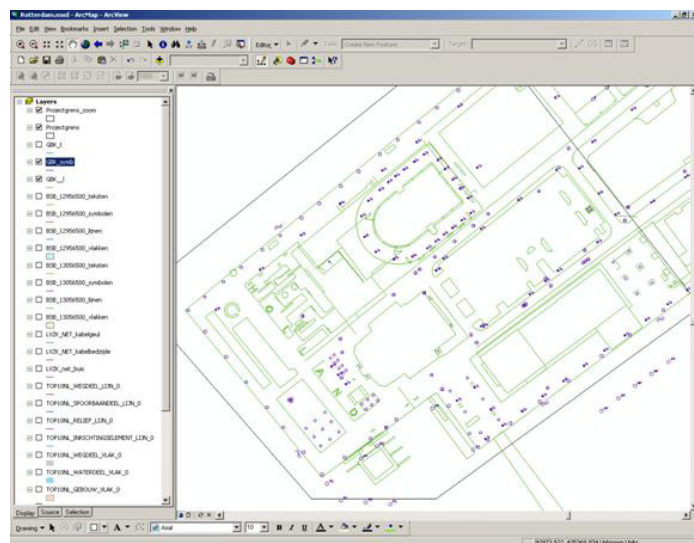
Dekking: 100%.

GBKN Rotterdam (objectgericht) is bruikbaar als basis in de opbouw van 3D informatie.

GBKN Rotterdam in 3D Pilot.
Bron: gemeente Rotterdam.



GBKN Rotterdam in 3D Pilot (inge-zoomd). Bron: gemeente Rotterdam.



Gemeente Rotterdam. Luchtfoto 2009 en 2010

Data

Luchtfoto 2009 en 2010.

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

Luchtfoto 2009

- Datatype: jpg (oorspr TIF, ECW).
- Landsdekkend: nee, Rotterdam.
- Inwinning door Aerodata volgens Rotterdamse specificaties.
- Grondresolutie 7,5 cm.
- Totale dataset dekt Rotterdam en omliggende gemeenten, ingewonnen in april 2009, inpassing o.b.v. hoogtedata en GPS gemeten paspunten. Aannemer Aerodata.
- Kosten totale dataset € 180.000,-.

Luchtfoto 2010

- Datatype: jpg (oorspr TIF, ECW).
 - Landsdekkend: nee, Rotterdam.
 - Inwinning door Slagboom & Peters volgens Rotterdamse specificaties.
 - Grondresolutie 7,5 cm.
 - Totale dataset dekt Rotterdam en enkele omliggende gemeenten, ingewonnen in april 2010, inpassing o.b.v. hoogtedata en GPS gemeten paspunten. Aannemer Slagboom & Peeters.
-

Gemeente Rotterdam. Hoogtebestand Rotterdam 2008

Data

Hoogtebestand Rotterdam 2008 (uit laseraltimetrie).

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

- Datatype: .xyz.
 - Landsdekkend: nee, Rotterdam.
 - Inwinning door Fugro Aerial Mapping volgens Rotterdamse specificaties.
 - Punt dichtheid minimaal 30 p/m² (stad).
 - Totale dataset dekt Rotterdam, ingewonnen in december 2008, bestand bevat geclassificeerde data (maai- veld en overig (uitgefilterd)) en van ieder punt is de intensiteit en de RGB waarde bekend. De gemeten standaardafwijking in de z (hoogte) is ca. 3 cm, standaardafwijking volgens specificaties 5 cm.
-



Erasmusbrug in laseraltimetriscie data (hier zonder rgb waarden). Bron: gemeente Rotterdam.

Gemeente Rotterdam. Leidingverzamelkaart

Data

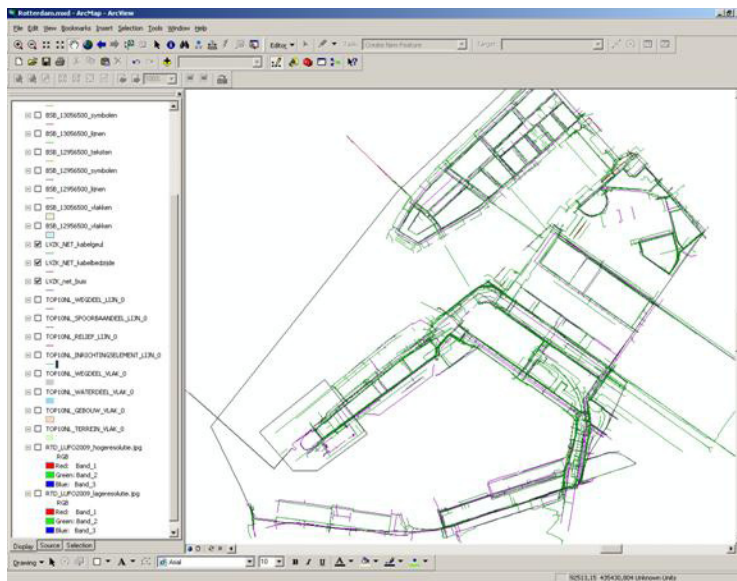
Leidingverzamelkaart.

Typering

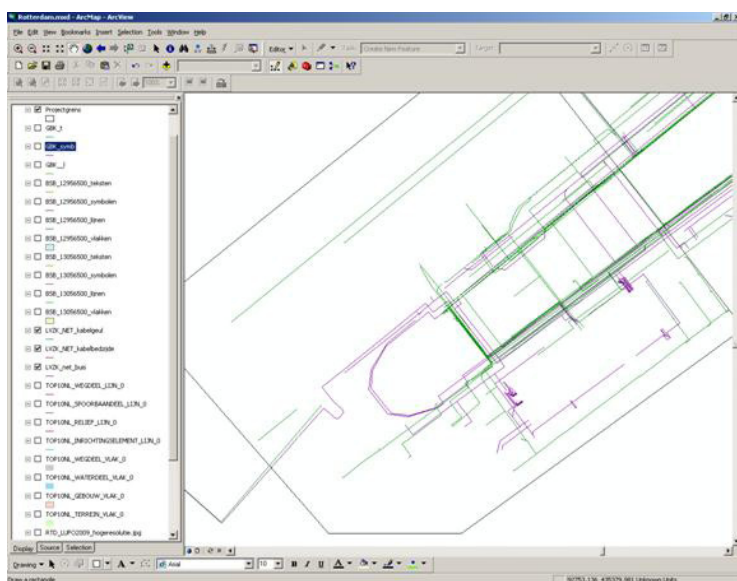
Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwining

Kaart van kabels en leidingen in de openbare ruimte, beperkt tot ligging (geen diepte-informatie).
Kwaliteit: zeer actueel, hoognauwkeurig.



Leidingverzamelkaart in 3D Pilot. Bron: gemeente Rotterdam.



Leidingverzamelkaart in 3D Pilot (ingezoomd). Bron: gemeente Rotterdam.

Gemeente Rotterdam. Rotterdam3D (LOD1)

Data

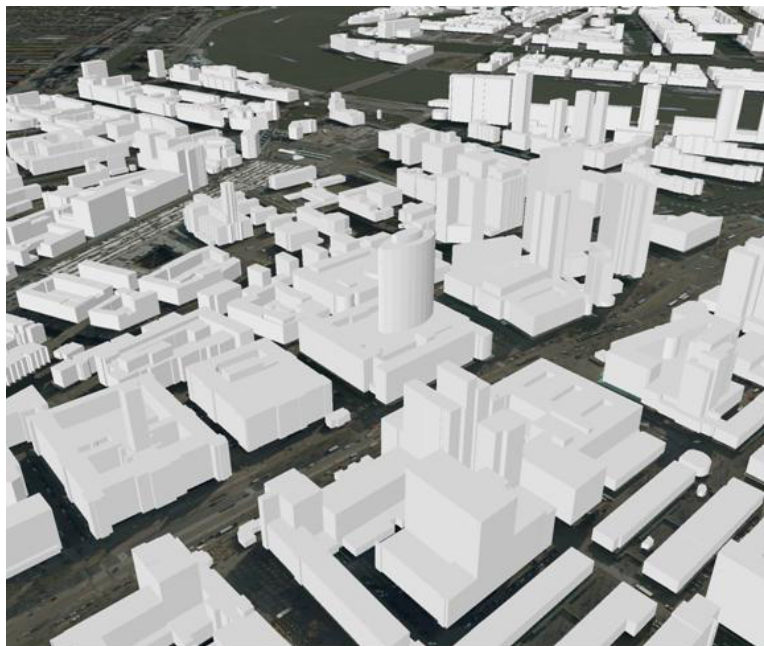
Rotterdam 3D (LOD1) uit 2009.

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

Automatisch opgebouwd LOD1 3D model van panden, op basis van GBKN, Hoogtebestand Rotterdam en Top10Vector.



Rotterdam3D (LOD1, 2009). Bron: gemeente Rotterdam.

Gemeente Rotterdam. Beheersgegevens

Data

Beheersgegevens.

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

2D informatie over beheer van de objecten in de buitenruimte.

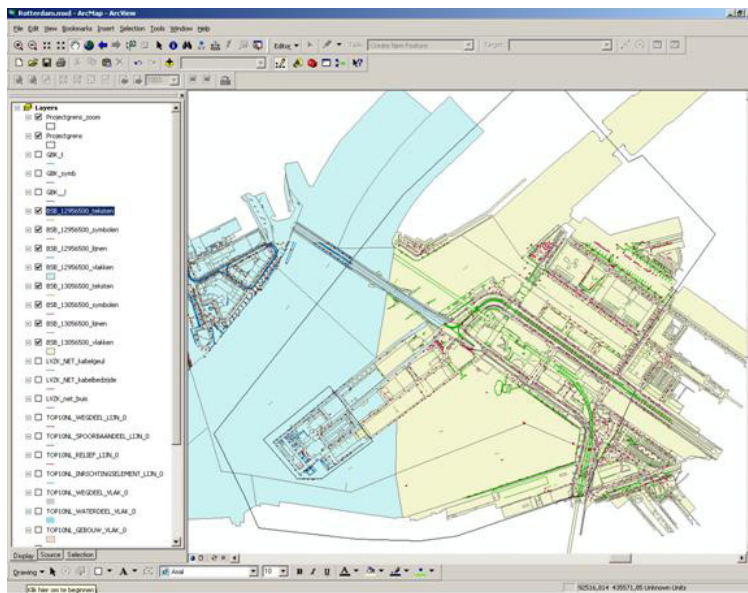
Type oppervlakteverharding, e.d.

Bomen (type boom, stam diameter e.d.).

Bijhouding: via controle en n.a.v. veranderingen in de omgeving.

Format: shp.

Toepassing in 3D Pilot: als bron van informatie over positie (X,Y) en diameter van bomen.



Beheersgegevens uit beheerssysteem (BSB) van Rotterdam. Bron: gemeente Rotterdam.

Horus Surround Vision. 360° panoramische videobeelden en genereren van 3D puntenwolken uit deze panoramische videobeelden

Data

360° panoramische videobeelden en genereren van 3D puntenwolken uit deze panoramische videobeelden.

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

Ten behoeve van de pilot hebben we 360° panoramische video (straatniveau) rond Hotel New York ter beschikking gesteld als bronmateriaal bijv. voor de texturering van 3D modellen.

Daarnaast hebben we dit proefgebied gebruikt voor de ontwikkeling van software om bijna real-time een 3D puntenwolk te genereren. Dit combineren we met beeldherkenningsalgoritmen om objecten in de 3D wereld te plaatsen.

Datatypes

Ten tijde van de pilot hebben we panoramische video ter beschikking gesteld in het formaat van camera leverancier (point grey) aangevuld met onze eigen ontwikkelde software. Inmiddels werken we met een eigen datacontainer waarin we sensorinformatie gecombineerd opslaan.

Landsdekkendheid

Deze data hebben we nog niet landsdekkend beschikbaar. Op regie kunnen we vrij snel data inwinnen.

Proces van inwinning

Op een voertuig (auto/boot) maken we video-opnames en combineren dat met plaatsbepalingssensoren.

Detailering

Ten tijde van de pilot namen we op met een 360° video camera van 12 megapixel, inmiddels werken we met een 360° video camera van 30 megapixel. Dit betekent dat objecten in de openbare ruimte vanaf straatniveau zeer goed in beeld gebracht worden bijvoorbeeld voor beheer doeleinden.

Kwaliteit

Positionering: centimeter niveau.

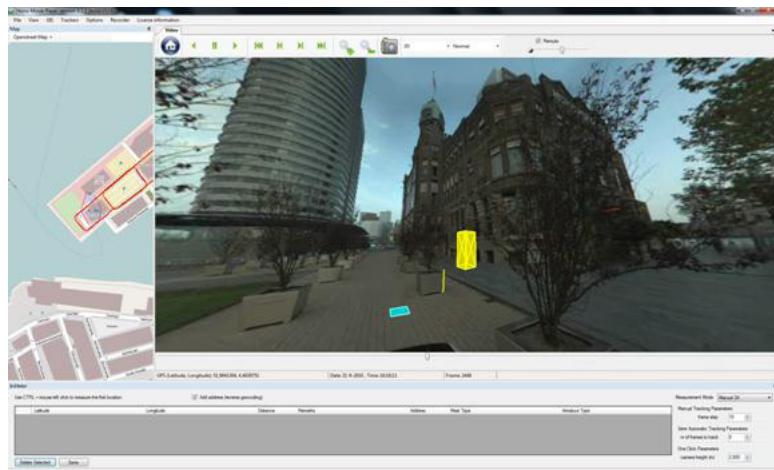
Actualiteit: afhankelijk van opdracht.

Dekking: alles zichtbaar vanaf wegniveau (water, rijbaan).

Kostenindicatie

Veelal op regiebasis.

Zeer afhankelijk van de vraagstelling of het gewenste soort informatie of softwaretoepassing.



*Panoramische video/foto.
Bron: Horus Surround Vision.*



Near realtime generation of point clouds. Bron: Horus Surround Vision.

iDelft BV. Automatische aanmaak van LOD1 CityGML representaties voor willekeurige delen van Nederland

Data

Automatische aanmaak van LOD1 CityGML representaties voor willekeurige delen van Nederland.

Typering

Techniek voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

Voorbeeld

Noordereiland LOD1 CityGML representatie (met luchtfoto) ; automatisch vervaardigd.

Use cases

Basis Model Topografie en Uitwisseling van 3D informatie binnen bouwprocessen (BIM-IFC-CAD)

Datatypes

De ruwe data wordt gevormd door stereoluchtfoto's opgenomen door Eurosense. Via diverse bewerkingen worden Esri Shape Polylines, Polygons en Points (ZM) vervaardigd. De 'Z' hoogte informatie is dus opgenomen in de data. Tevens worden ortholuchtfoto's aangemaakt in het TIF/TFW en GeoTIF formaat.

Landsdekkendheid

De dataset is landsdekkend inclusief een buffer van 15 km.

Proces van inwinning

De luchtfoto's worden elke twee of drie jaar ingewonnen. Uit de stereo luchtfoto's worden objecten gekarteerd of bijgewerkt als vectordata (gebouwen, vegetatiegroepen, kassen, industriële objecten, waterpartijen, etc.). Op basis van 2008 beelden werd een nieuw Digital Terrain Model (DTM) aangemaakt inclusief bruggen. Ook werden ortholuchtfoto's vervaardigd (Eurosense).

Detailtering en kwaliteit

Standaard hebben de onderliggende luchtfoto's een grondresolutie van 25 cm/pixel. De nauwkeurigheid in X-Y richting is 2 – 3 pixels. De nauwkeurigheid in z richting wordt bepaald door de modellering: er is gekozen om alle objecten af te vlakken. Gebouwen hebben daardoor een vlak dak. Er geldt een sprongcriterium (typisch: één verdieping). Dit betekent in de praktijk dat een laag schuurtje in combinatie met een villa resulteert in een uniform gebouwblok; m.a.w. geen afzonderlijke modellen of dakmodelleringen.

Kostenindicatie

Prijs van het DTM: EUR 16,00 per km² excl. BTW en 25% snijkosten. Prijs van de Vector (Object) data: € 30,00 per km² excl. BTW en 25% snijkosten. In deze laatste prijs is de automatische omzetting naar CityGML inbegrepen. Beperkingen gelden t.a.v. de omvang van de order en het type gebied. Verdere informatie op: www.iDelft.nl.

Databronnen / bestaande brongegevens

Type(s) registraties / databronnen

Er is sprake van een dataset welke beheerd wordt door iDelft (niet-publiek domein). De luchtfoto's worden echter wel vaak door overheidsinstanties gebruikt (waterschappen, provincies, ministeries).

Wijze van bijhouden

Binnen ons bedrijf worden de basisdatasets elke twee of drie jaar bijgewerkt (afhankelijk van o.a. de vraag van de klant naar up-to-date 3D data). Ook worden tussentijdse correcties uitgevoerd.

Detailtering

De detailtering wordt in de praktijk begrensd door de modelleringsregels en de luchtfoto grondresolutie (25 cm/pixel).

Kwaliteit

Luchtfoto's geleverd aan grotere klanten (bijv. ministerie van Landbouw) ondergaan meestal een aparte – externe – kwaliteitscontrole aan de hand van de vooropgestelde specificaties. De 3D modellering wordt vervolgens intern gecontroleerd aan de hand van een groot aantal steekproeven en vergelijkingen met historische hoogtedata. Tenslotte worden delen van de dataset ter beschikking gesteld aan ingenieursbureaus voor vergelijkingsstudies.

Voorbewerking

Kwaliteitsverbetering

In voorkomende gevallen worden de hoogtemodellen opnieuw afgeleid uit de originele stereobeelden. Zie ook: Filtering.

Structurering

Diverse objecten worden onderscheiden (gebouwen, vegetatiegroepen, waterpartijen, kassen, industriële objecten met metaal en bruggen). Daarnaast is het Digital Terrain Model uitgesplitst in een serie hoogtepunten en lijnen (wegkanten, waterkanten, dijken, railtaluds, etc.). We kiezen er dus voor om de hoogtedata eerst betekenis te geven voordat bestanden in een later stadium samengevoegd worden.

Ordering

Op ons kantoor in Delft worden alle polygoon objecten voorzien van een uniek ID. Tevens is er een koppeling mogelijk met het Top10 bestand van het Kadaster. Op deze wijze kan een klant een Top10 bestand verrijken met bijvoorbeeld hoogte-attributen.

Filtering

Filtering wordt in de voorbereidingsfase vaak toegepast om kwaliteitsverbeteringen te realiseren. Het kan dan gaan om het detecteren van dubbele objecten en/of het verwijderen van foutieve objecten. Deze stappen worden uitgevoerd op ons kantoor in Delft.

Combinatie

Beschrijving doorlopen processen

Voor het afleiden van bijvoorbeeld 3D gebouwblokken (LOD1) wordt het grondvlak opgetrokken aan de hand van de reeds bepaalde hoogten (in meters relatief ten opzichte van het lokale maaiveld).

De combinatie van brongegevens is ook van belang bij het Digital Terrain Model, omdat daar lijnen en punten samengesteld moeten worden tot een uniform hoogtemodel van het maaiveld.

Mate van automatisering

Het aanmaken van de gebouwblokken en vegetatiegroepen is een volledig automatisch proces. Op de website van iDelft BV (Download sectie) wordt een 3D conversie tool gratis ter beschikking gesteld waarmee dit proces doorlopen kan worden. Indien de objecten via het bestelportaal www.Bestel3D.nl worden aangeschaft dan worden de blokken ook automatisch aangemaakt. Dit geldt bijvoorbeeld ook voor het automatisch uitsnijden van orthogonaal luchtfotomateriaal.

Introductie van detaillering resulterende informatie

Binnen deze use case wordt vooral aandacht besteed aan grootschalige conversies (modellen van grote stukken van Nederland; heel Nederland dient aanwezig te zijn).

De detaillering moet dan ook vooral gezocht worden in luchtfotomateriaal (dit is namelijk ook op landelijke schaal beschikbaar).

Modellering

Resulterende 3D informatiebestanden

Zowel op de website van iDelft (download sectie) als op de 3D Pilot server van de TU Delft zijn voorbeeld datasets opgeslagen van respectievelijk Delft en Rotterdam Noordereiland. Standaard zijn Shape bestanden en TIFF bestanden aanwezig. Door de modellering worden 3D formaten afgeleid, zoals KML en OBJ bestanden. Bij het aanmaken van het OBJ formaat wordt een eigen triangulatie algoritme toegepast. Aparte ISO metadatabestanden worden alleen op verzoek aangemaakt. In praktijk is dit meestal alleen relevant voor de Shape en TIFF bestanden.

Detaillering

Detaillering is mogelijk door het aangeven van standaard kleuren. De detaillering kan uitgebreid worden door de blokken te combineren met bijvoorbeeld orthogonale en oblique luchtfoto's. Met dergelijk beelden kunnen grondvlakken, muren en daken van gebouwen bedekt worden. Via de bestelportaal www.Bestel3D.nl is het mogelijk om ortholuchtfoto's direct te laden.

Kwaliteit

De kwaliteit en detaillering worden voornamelijk bepaald door de toegepaste informatiebronnen. Standaard hebben de onderliggende luchtfoto's een grondresolutie van 25 cm/pixel. De nauwkeurigheid in X-Y richting is 2 – 3 pixels. De nauwkeurigheid in Z richting wordt bepaald door de modellering.

Conversie

Noodzakelijke conversies

We ondersteunen het KML, het OBJ en het Shape Multipatch formaat. Ook ondersteunen we standaard het CityGML formaat. Bij deze laatste conversie is het nodig om automatisch Vegetation and Building classes te onderscheiden, het LOD1 niveau aan te geven en om enkele attributen te bepalen en in te vullen.

Dit is onderscheidend ten opzichte van het OBJ formaat, waar semantiek nauwelijke of geen rol speelt.

Bij conversie ontbrekende gegevens

Er zijn uiteraard veel CityGML attributen die we standaard zouden willen invullen, maar waar de benodigde gegevens voor ontbreken op landelijk niveau. In dit verband moet opgemerkt worden dat het nieuwe BAG bestand in feite ook niet veel (fysieke) gebouwgegevens bevat.

Toepassing

Use case: 3D Basis Model Topografie

Vraag: Op welke wijze kan er snel/efficiënt/goedkoop een landelijke 3D basis data set gegenereerd worden welke voldoet aan een meervoudig gebruik behoefte?

Met de implementatie in www.Bestel3D.nl hebben we laten zien dat het mogelijk is om een infrastructuur op te zetten waarmee het mogelijk is om voor een willekeurig gebied in Nederland een CityGML te maken (ondergrond, gebouwen, vegetatie) waarbij vector data en luchtfoto-beelden gecombineerd worden. Ook is er specifiek aandacht voor andere 3D formaten (ShapeMultipatch, OBJ en KML).

Er is sprake van meervoudig gebruik: LOD1 modellen worden in de praktijk gebruikt door gemeenten, provincies en ingenieursbureaus voor diverse planstudies en milieu- en risicoberekeningen.

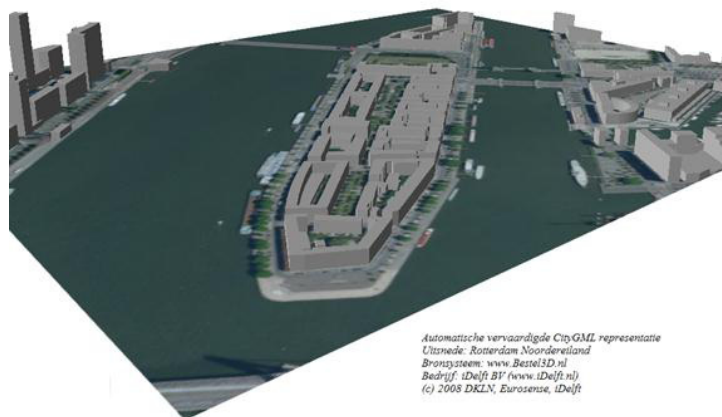
Doordat de representaties relatief eenvoudig zijn, is de topologie 'schoon' en kunnen volumes bijvoorbeeld direct bepaald worden. Dit is voor veel toepassingen belangrijk.

Use case: Uitwisseling van 3D informatie binnen bouwprocessen (BIM-IFC-CAD)

Vraag: Hoe kan 3D geo-informatie worden gebruikt als bron voor BIM's?

Met TNO is een proef gedaan waarbij een stuk Amsterdam is uitgeleverd als CityGML om zodoende 3D geo-informatie te gebruiken als bron voor BIM representaties.

LOD1 CityGML rond Kop van Zuid. Bron: iDelft.



Automatische vervaardigde CityGML representatie
Uitsnede: Rotterdam Noordereiland
Bronstelsel: www.Bestel3D.nl
Bedrijf: iDelft BV (www.iDelft.nl)
(c) 2008 DKLX, Eurosense, iDelft

iDelft BV. Aanmaak van LOD2 CityGML representaties voor een stukje Rotterdam (Noordereiland)

Data

Aanmaak van LOD2 CityGML representaties voor een stukje Rotterdam (Noordereiland).

Typering

Techniek voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

Voorbeeld

Noordereiland LOD2 CityGML representatie.

Use case

Basis Model Topografie.

Datatypes

De ruwe data wordt gevormd door orthogonaal luchtfotomateriaal van Cyclomedia, AHN2 hoogtedata (gefilterd en ongefilterd), Fugro LIDAR data en oblique opnamen (Google).

Landsdekkendheid

AHN2 is (nog) niet landsdekkend. Hetzelfde geldt voor de oblique opnamen en de hoge resolutie LIDAR datasets. Er zijn landsdekkende bestanden van luchtfoto's (CycloMedia, Eurosense, Aerodata, Slagboom en Peeters).

Proces van inwinning

We hebben ons geconcentreerd op datasets waarbij de inwinning plaats vond vanuit de lucht. De overweging was dat bij inwinning vanaf de grond het soms niet mogelijk is om details m.b.t. de achterkant van de gebouwen te verkrijgen.

Ortholuchtfoto's worden door diverse aanbieders vervaardigd met behulp van stereoluchtfoto's, DTM's en paspunten in het terrein. In feite zijn dit dus al afgeleide producten.

Detailtering en kwaliteit

De gebruikte luchtfoto's hebben een grondresolutie van ca. 10 cm per pixel (wat toereikend is). Er is geprobeerd om de dakvormen te reconstrueren en om de bomen globaal te modelleren. Dit betekent in de praktijk dat schuurtjes, dakopbouwen, etc. afzonderlijke gemodelleerd zijn.

Kostenindicatie

Dit is geheel afhankelijk van de kwaliteit van de invoerdata, de gewenste detailtering, de bebouwingsdichtheid, het aantal te onderscheiden objecten, etc. Prijsrichtlijnen zijn daarmee moeilijk af te geven.

Databronnen / bestaande brongegevens

Type(s) registraties / databronnen

Cyclomedia luchtfoto, AHN2 hoogtedata (gefilterd en ongefilterd), Fugro LIDAR data en oblique opnamen (Google). De laatste dataset is vrijelijk beschikbaar maar mag niet voor commerciële doeleinden gebruikt worden. De overige sets zijn niet vrijelijk beschikbaar.

Wijze van bijhouden

Tijdsinterval verschil: van een jaar (luchtfoto) tot ca. 10 jaar voor de AHN data.

Detailtering

De detailtering wordt in de praktijk begrensd door de modelleringsregels en de luchtfoto grondresolutie (10 cm/pixel). Er is gekozen voor winteropnamen (ortholuchtfoto's) omdat de vegetatie dan beperkt is.

Kwaliteit

We zagen redelijk grote schaduwstrepen in het ortholuchtfotomateriaal waardoor het soms moeilijk was om details te zien op de grond. De LIDAR data misten soms consistentie. Dit kan veroorzaakt zijn door bijvoorbeeld water op daken maar ook door afschermeffecten.

Voorbewerking

Kwaliteitsverbetering en filtering

De AHN en Fugro LIDAR data werden gefilterd (maaiveld en data ter plaatse van de objecten werden afgesplitst). Ruisdata werden verwijderd.

Structurering

Door modelleringssoftware toe te passen (o.a. van het ITC in Enschede) werden 3D objecten afgeleid. De kwaliteit was in dit specifieke geval niet toereikend. We hebben vervolgens gebruik van Google oblique beelden om de geometrieën van gebouwen beter af te leiden.

Ordering

Uiteindelijk is er een dataset aangemaakt met een luchtfoto (grondvlak), de geometrieën van de gebouwen (Collada formaat) inclusief de aankleding van de gebouwen (muurfoto's en dakfoto's).

Combinatie

Beschrijving doorlopen processen

Uit de oblique luchtfoto-beelden kunnen objecten (gebouwen) worden afgeleid. Er is gebruik gemaakt van Google's Building Maker (3D Warehouse) en SketchUp 8.

Door een of meerdere modellen vanuit de 3D Warehouse te laden naar een computer is het mogelijk om verdere bewerkingen uit te voeren met behulp van SketchUp. Een geëxporteerd Collada model heeft niet alleen betrekking op de geometrie maar ook op het fotomateriaal waarmee de gevels en de daken bedekt zijn.

Mate van automatisering

Het aanmaken van de gebouwblokken was uiteindelijk een handmatig proces. De conversie van de data in een CityGML product verliep automatisch. Dit gold ook voor het automatisch uitsnijden van orthogonaal luchtfotomateriaal, het positioneren van de objecten en het toevoegen van vegetatie.

Modelling

Resulterende 3D informatiebestanden

De gegevens zijn geplaatst op de 3D Pilot server van de TU Delft.

Detaillering

Zie screenshot.

Kwaliteit

De kwaliteit en detaillering worden voornamelijk bepaald door de toegepaste informatiebronnen. Standaard hebben de onderliggende luchtfoto's een grondresolutie van 10 cm/pixel.

Conversie

Noodzakelijke conversies

Conversie vond plaats van het Collada formaat naar het CityGML formaat met gebruik van iDelft software.

Bij conversie ontbrekende gegevens

Bij enkele modellen zijn attributen (handmatig) gedefinieerd. De software ondersteunt geen attribuut data-conversie omdat de brondata deze informatie ook niet bevatten.

Toepassing

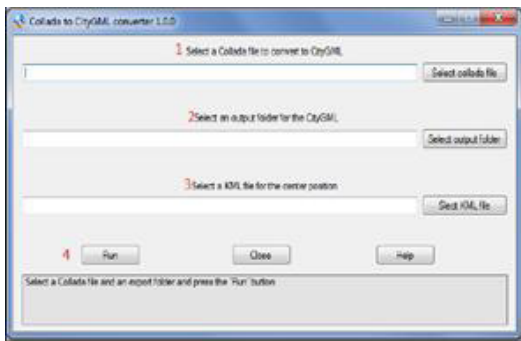
Use Case: 3D Basis Model Topografie

Vraag: Op welke wijze kan er snel/efficiënt/goedkoop een landelijke 3D basisdataset gegenereerd worden welke voldoet aan een meervoudig gebruik behoefte?

Met deze testimplementatie is aangetoond dat voor het nauwkeurig modelleren van de bebouwing (schuine daken, dakkapellen, uitsteeksels) er nog een kwaliteitsslag gemaakt moet worden op het gebied van 3D modelleringssoftware. Ook is duidelijk dat AHN2 weliswaar een redelijk aantal punten per vierkante meter bevat (6,5 – 8 punten per m²), maar dat de consistentie in stedelijke gebieden soms (noodgedwongen) niet optimaal is.



LOD2 CityGML. Bron: iDelft.



iDelft converter software



CityGML 3D model

iDelft converter software om LOD2 CityGML te genereren. Bron: iDelft.

Imagem. Puntenwolk uit image matching

Data

Puntenwolk uit image matching.

Typering

Techniek voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

Datatype

Lasdata.

Landsdekkendheid

In principe landsdekkend (bron Stereo10).

Proces van inwinning

Erdas IMAGINE eATE (reversed pixelwise matching obv stereo paren).

Detallering

Resolutie van inputdata.

Kwaliteit

Afhankelijk van de kwaliteit van de input.

Kostenindicatie

Aanschafprijs software, afhankelijk van gewenste omvang en gekozen hardware.

Databronnen / bestaande brongegevens

Stereo10.

Vorbewerking

- Opzetten rulebase binnen eATE.
 - Gaat uit van bestaande vereffeningsgegevens.
 - Geen filtering.
-

Combinatie

Shapefile gebruikt voor masking (uitsluiting watergebieden).
Volledig geautomatiseerd.

Modellering

Raster DEM, TIN, updated footprints gebouwen, classificatie footprints gebouwen (afwaterend vermogen).

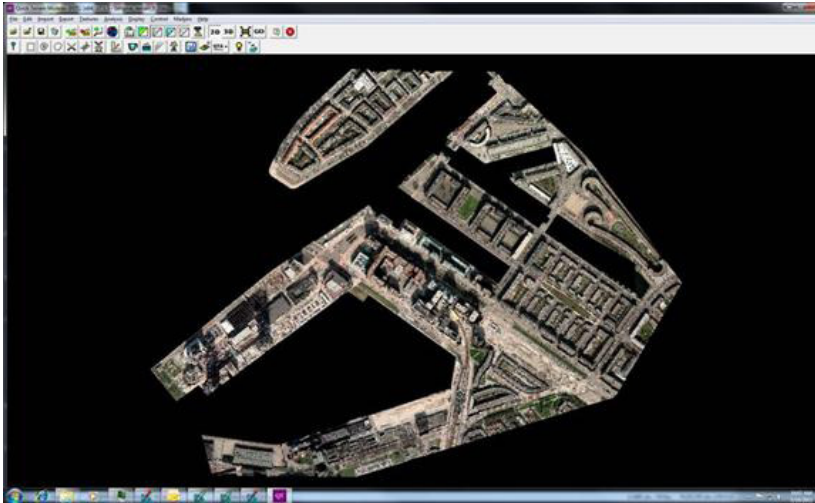
Conversie

N.v.t.

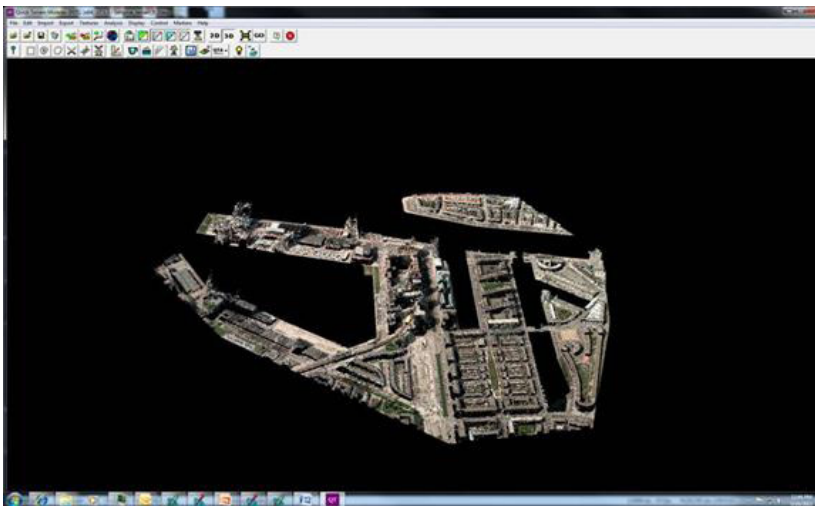
Toepassing

Creatie van clutterdata, dreigingsanalyse, afwaterend vermogen berekenen, DTM creatie, volumeberekeningen (grondverzet), kustmorfologie, historische hoogtemodellen.

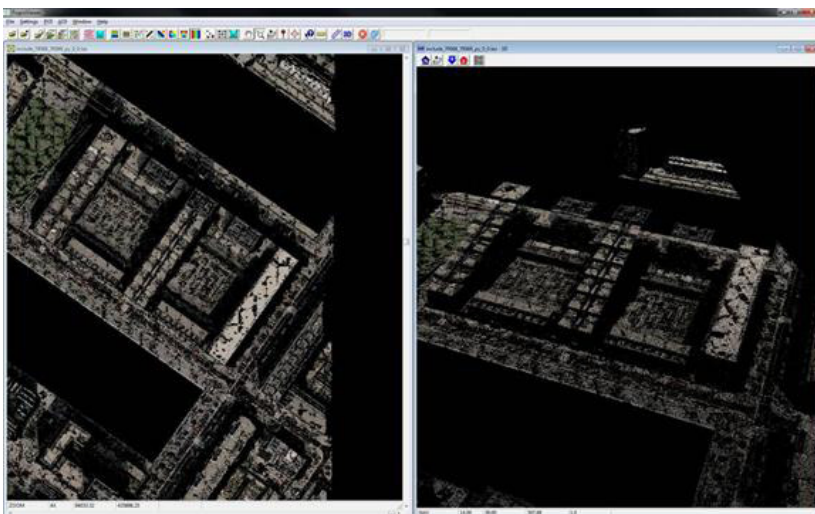
Opmerking t.a.v. kwaliteit van toepassingen: sterk afhankelijk van de kwaliteit van de invoerdata (vereffeningsresultaten en eventueel Resolutie van de data).



Puntdata uit image matching. Bron: Iagem.



Puntdata uit image matching. Bron: Iagem.



Puntdata uit image matching (ingezoomd). Bron: Iagem.

ITC Universiteit Twente. Combinatie van Top10NL met (uitgedunde) AHN2 en combinatie van GBKN met AHN2

Data

Combinatie van Top10NL met (uitgedunde) AHN2 en combinatie van GBKN met AHN2.

Typering

Techniek voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

AHN2, landsdekkend, laseraltimetrie.

Voor de combinatie met de TOP10NL, wordt de AHN2 eerst uitgedund tot ongeveer 2 punten per vierkante meter.

Databronnen / bestaande brongegevens

GBKN en TOP10NL.

Voorbewerking

De AHN2 data wordt gesegmenteerd; d.w.z. dat alle punten die in hetzelfde geometrische vlak liggen, eenzelfde label krijgen.

Nietgesegmenteerde punten worden verwijderd, omdat het niet denkbaar is dat die een waardevolle bijdrage voor de 3D component opleveren.

Combinatie

Combinatie TOP10NL – uitgedunde AHN2

Gebouwen en waterobjecten krijgen 1 hoogte per object.

Wegen en terreinobjecten kunnen variëren in hoogte: eerst wordt de hoogte van de objectrand bepaald (resultaat 3D polygoon), daarna het objectvlak.

Automatische reconstructie houdt rekening met:

Klasse (water, bebouwing, terrein, weg, etc.).

Elke klasse geeft informatie hoe laserdata verwerkt kan worden en hoe de 3D representatie eruit kan zien (weg = lokaal vlak, water = horizontaal, etc.).

Een mogelijke (kleine) verschuiving tussen laserdata en kaart.

Grenzen tussen objecten (is het waarschijnlijk dat objecten die in 2D grenzen ook in 3D aan elkaar grenzen of niet?).

3D Detaillering is 'in lijn' met de detaillering van de 2D kaart. TOP10NL → LOD1.

Combinatie GBKN – AHN2

Per GBKN polygoon worden lasersegmenten geselecteerd.

Snijlijnen tussen segmenten worden berekend. De snijlijnen vormen samen met de segmenten de daktopologie.

Daktopologie wordt vergeleken met een aantal veel voorkomende daktopologieën: de meest waarschijnlijke wordt gekozen.

Dakvorm wordt bepaald door de combinatie van data en het matchingsresultaat.

3D Detaillering is 'in lijn' met de detaillering van de 2D kaart. GBKN → LOD2.

Modellering

De geometrie en topologie worden opgeslagen. Per topologie kunnen (tot 256) attributen opgeslagen worden, zoals objectnummer, kleur, label, klasse, jaar, etc.

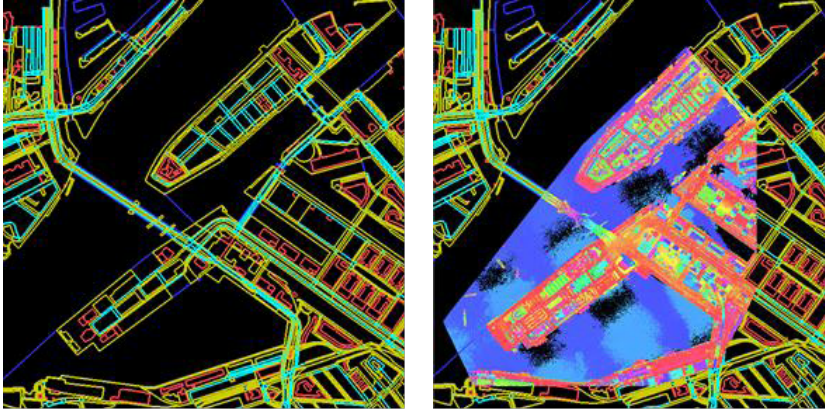
Ons interne bestandsformaat bevat objectgerichte informatie (welk vlak behoort tot welk gebouw, is het een muur, dak, dakkapel etc.).

Als kwaliteitsparameters worden meegegeven: de laser punten die niet gebruikt zijn, en de punten die een grote afstand tot het 3D model vertonen, inclusief een samenvatting in percentages en absolute aantallen.

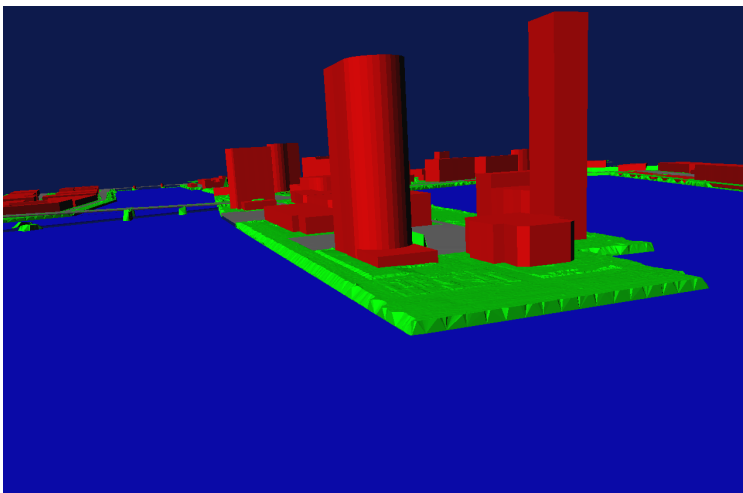
Conversie

Op het moment dat we dit model gaan exporteren wordt niet alle informatie meegegeven. Dit is onderdeel van toekomstig onderzoek.

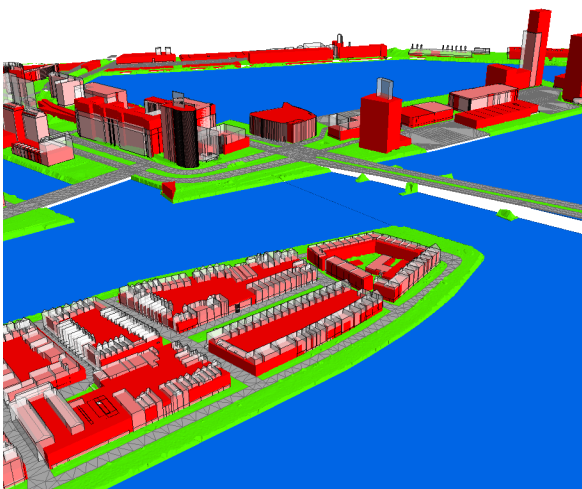
Op dit moment worden DXF bestanden weggeschreven. Deze kunnen bijv. in ArcScene geopend worden.



Top10NL en AHN2 (uitgedund). Bron: ITC U Twente.



LOD1. Bron: ITC U Twente.



LOD2. Bron: ITC U Twente.

Kadaster. Basisregistratie Topografie: TOP10NL

Data

Basisregistratie Topografie: TOP10NL.

Typering

Technieken voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

TOP10NL is een uniform, consistent en landsdekkend kleinschalig topografisch bestand van Nederland in het algemeen bruikbaar binnen een schaalbereik van 1:5.000 tot 1:25.000. TOP10NL is uitermate geschikt als geometrische referentie en als basis voor GIS- en webapplicaties. Voorts is TOP10NL geschikt voor flexibele visualisaties.

TOP10NL vormt tevens de basis voor de standaard analoge topografische kaarten op de schalen 1:10.000 en 1:25.000. Visualisaties voor andere gebruikstoepassingen zijn zonder meer mogelijk.

TOP10NL geeft de topografische werkelijkheid binnen de grenzen van het schaalbereik, of de resolutie, onvertekend weer. Daartoe is een datamodel gedefinieerd dat bepaald welke geo-objecten er in het bestand zijn opgenomen. Voorts zijn regels geformuleerd op welke wijze deze geo-objecten worden ingewonnen en vastgelegd, de zogenaamde verkenningregels. De aldus gedefinieerde geo-objecten worden digitaal opgeslagen in de vastgestelde gegevenstructuur.

TOP10NL is gebaseerd op luchtfotografie gecombineerd met een terreinverkenning. De datum van de lucht-opname, meestal in de periode februari – april, is de actualiteitsdatum van TOP10NL. De bijhoudingscyclus van TOP10NL is twee jaar voor heel Nederland

De bron voor TOP10NL zijn luchtfoto's en enkele externe bronnen.

De volgende stappen worden er in het proces van TOP10NL onderscheiden:

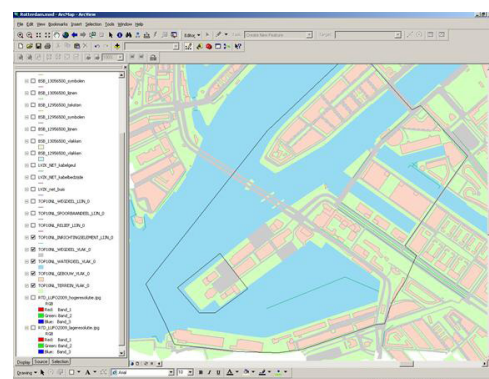
- Het (laten) maken van luchtfoto's.
- Het verwerken van luchtfoto's.
- Toevoegen van externe gegevens.
- Het stereoscopisch interpreteren van luchtfoto's.
- Het verzamelen van gegevens in het terrein.
- Het opbouwen van een digitale topografische database (TOP10NL).
- Conversie naar GML (leverformaat).

In het proces TOP10NL worden ook gegevens van derde partijen gebruikt (externe data). Hierbij kan onder andere gedacht worden aan dieptelijnen, hoogspanningsleidingen en -masten en attribuu tinformatie van gebouwen (gemeentehuis, politiebureau, ...).

TOP10NL wordt voor levering geconverteerd naar het GML formaat.

TOP10NL kan gebruikt worden voor het uitvoeren van ruimtelijke analyses en als achtergrond bij visualisatie. Daarnaast kan de gebruiker eigen gegevens koppelen aan de objecten in TOP10NL.

Productspecificaties: http://www.kadaster.nl/top10nl/Productspecificaties_BRT_2.0.pdf.



Top10NL in het projectgebied. Bron: Kadaster.

Rijkswaterstaat Data en ICT-Dienst. DTB (Digitaal Topografisch Bestand)

Data

DTB (Digitaal Topografisch Bestand).

Typering

Technieken voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

Definitie

Digitaal Topografisch Bestand van de natte hoofdinfrastructuur in beheer bij Rijkswaterstaat (DTB-Nat) en de droge hoofdinfrastructuur (DTB-Droog) in beheer bij Rijkswaterstaat opgebouwd uit punt-, lijn- en vlakinformatie.

Schaal: 1:1000.

Geometrische nauwkeurigheid: XY: 6 – 10 cm Z: 10 cm.

Beschrijving

Digitaal Topografisch Bestand van de natte hoofdinfrastructuur in beheer bij Rijkswaterstaat (DTB-Nat) en de droge hoofdinfrastructuur (DTB-Droog) in beheer bij Rijkswaterstaat opgebouwd uit punt-, lijn- en vlakinformatie. De natte hoofdinfrastructuur omvat de volgende wateren: Noordzee, Eems, Waddenzee, Lauwersmeer, Dollard, IJsselmeer, Vollenhoverkanaal, Markermeer, Zwarte water, Ketelmeer, IJssel, Vosmeer, Vecht (Beneden Vechterweerd), Eemmeer c.a., Lek (Beneden Hagestein), Hollandse IJssel, Nieuwe waterweg, Lek /Nederrijn (Hagest./Amerongen), Neder-Rijn (Boven Driel), Hartelkanaal, Nieuwe Maas, Pannerdensch kanaal, Waal, Noord, Bovenrijn, Oude Maas, Haringvliet, Spui, Boven Merwede, Beneden Merwede, wateren in de Zuidhollandsche Biesbosch, afgedamde Maas waalzijde, Nieuwe Merwede, Dordtsche Kil, afgedamde Maas maaszijde, Bergsche Maas, Amer, Donge (benedenloop), Oosterschelde, Volkerak, Krammer (westen van Philipsdam), Keeten, Eendracht, Westerschelde, Schelde, Maas (Vise/Borgharen). Het DTB is de afgelopen jaren onder diverse productnamen beschikbaar gesteld. In eerste instantie als dtb-rivieren en dtb-wegen. Daarna zijn deze producten in het product dtb2000 opgenomen. Bij actualisatie van de topografie werden data vanuit dtb-rivieren c.q. dtb-wegen naar dtb2000 omgezet en verwijderd uit de producten dtb-wegen c.q. dtb-rivieren. Dit is nog steeds niet voor alle data toegepast, zodat in sommige gevallen nog steeds dtb-wegen gebruikt moet worden. DTB-rivieren is nu totaal geactualiseerd en bestaat alleen nog als historie. De verwachting is dat het product dtb-wegen eind 2009 in z'n geheel zal zijn geactualiseerd. In 2007 is IVRI, een nieuw verwerkingsproces, in gebruik genomen, waarbij alle data van DTB2000 in een database geladen zijn. De nieuwe productnaam is hierbij DTB geworden. Vanaf dit moment zijn ook de thema-shapes vervangen door een punt-, lijn- en vlakshape en wordt er ook 'historie' van de data bijgehouden. Als historische bestanden zijn momenteel de volgende producten beschikbaar: dtb-rivieren_1993_2000 (dtb-rivieren waarvan de vliegdatum ligt tussen 1993 en 2000), dtb-wegen_1993_2000 (dtb-wegen waarvan de vliegdatum ligt tussen 1993 en 2000), dtb2000_2000_2007 (DTB2000 waarvan de vliegdatum ligt tussen 2000 en 2007).

Het Digitaal Topografisch Bestand (schaal 1:1000) bevat honderden soorten objecten in x- en y-coördinaten. Tevens bevat het bestand hoogte-informatie (z-coördinaat) van het maaiveld en bepaalde objecten. Het DTB wordt gebruikt voor diverse werkprocessen binnen Rijkswaterstaat zoals technisch beheer, juridisch beheer, beleidsondersteuning, incident- en verkeersmanagement, waterkwantiteitsbeheer en waterkwaliteitsbeheer. Het geheel omvat ca. 3000 km rijksweg (DTB-droog) en ca. 180.000 ha. natte infrastructuur (DTB-nat).

Inwinning

DTB's kunnen op verschillende wijzen tot stand komen, bijvoorbeeld via fotogrammetrie of via terrestrische inmeting (tachymetrie en/of GPS).

Het DTB-datamodel bestaat uit driedimensionale objecten, die het gehele gebied binnen de opnamegrenzen beschrijven. Driedimensionaal wil zeggen dat elk gemeten punt een x-, y- én z-coördinaat moet hebben.

Het datamodel bevat de volgende entiteiten: symbolen (symbol), lijnen (line) en vlakken (region). Verder bevat het datamodel enkele 'tweepuntsobjecten', dat wil zeggen dat een dergelijk object wordt ingemeten met één registratiepunt en een richting(spunt) bijv. verfpijlen.

Ieder object wordt vastgelegd door een thematische code en eventueel één of meerdere attributen. Voor DTB-Droog en DTB-Nat wordt hetzelfde datamodel gebruikt maar er gelden voor de deelproducten voor sommige objecten wel aparte instructies. Dit betreft met name het verschil in hiërarchie in lijnen (taludlijnen zijn belangrijk voor DTB-Nat) en het verschil in generalisatie van objecten.

DTB datastructuur

De objecten van het DTB worden beschreven door een thematische code en één of meerdere attributen. Het datamodel bevat de volgende attributen:

- DATUM vaste waarde per inwinning, bijv. vliegdatum of revisiedatum;
- THEMA vaste waarde;
- THEMB vaste waarde;
- HECTO variabele waarde;
- EIGNAM variabele waarde.

Indien een lijn een attribuut heeft, dan mag het label (displayed attribuut) niet in het begin- of eindpunt van de lijn staan, maar moet het ongeveer in het midden van de lijn of van het eerste lijndeel worden 'geclippt'.

Van sommige objecten is er een 'symbol' en een 'region' in het datamodel aanwezig. Hierbij geldt als regel dat indien de oppervlakte $\geq 1 \text{ m}^2$ het als vlak moet worden ingewonnen en anders als een symbool. Bij de betreffende objecten is dit steeds aangegeven.

Lagen of layers

Binnen DTB wordt er met meerdere niveaus gewerkt. Deze niveaus worden lagen of layers genoemd. Zo voorkomt men dat situatie die over elkaar heengaat (bijv. bij een viaduct), dwars door elkaar loopt en dus onbruikbaar wordt afgebeeld én in GIS systemen geen vlakken kunnen worden gevormd. Het gaat er hierbij dus om dat er geen overlappende vlakken in dezelfde laag worden gecreëerd.

Elke niveausituatie heeft een eigen layer. Bij elke objectbeschrijving kan men zien, in welke layer ze voor kunnen komen. Hierbij wordt het volgende principe gehanteerd:

- Laag 0 is alle situatie op maaiveld.
- Laag 1 is alle situatie direct boven of onder het maaiveld, bijv. een tunnel of viaduct. Een bijzondere situatie op laag 1 is een gebouw, dat op pijlers staat en waaronder dus maaiveld ligt, bijv. een parkeerplaats of water. Een brug, tunnel en viaduct behoort men als een gesloten lijn in te meten (isovlak). Op een viaduct geeft men niet de verharding 'bet' aan, omdat we stellen, dat een viaduct geheel van 'bet' is.
- Laag 2 is alle situatie boven maaiveld én boven laag 1, bijv. een fly-over maar ook een viaduct op een plek, waar ook een tunnel is.
- Laag 3 is alle situatie boven maaiveld én boven laag 1 en 2.

Vlakkvorming

Binnen het DTB wordt met vlakkvorming gewerkt. Dit is nodig omdat het DTB als topografische ondergrond dient voor GIS systemen, o.a. KernGIS, het beheerssysteem van de droge districten van Rijkswaterstaat.

Layer 0 moet voor 100% vlakkvormig zijn, d.w.z. dat alle vlakken door vlakkvormende lijnen omsloten moeten zijn. Voor layer 1, 2 en 3 geldt dit niet voor de betonnen randen van kunstwerken, zoals viaducten. M.b.v. deze gegevens kunnen dan vlakken t.b.v. GIS systemen worden gevormd.

Voorbeelden van selectiecriteria zijn minimum oppervlakte of lengte of functionele karakteristieken zoals type weg (onverhard/verhard). Optioneel kan hier ook worden beschreven hoe de dataset tot stand is gekomen (o.a. digitaliseerregels e.d.).

TNO. GeoTOP model 100*100

Data

GeoTOP model 100*100.

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

Inwinning

Landsdekkend voxelmodel met cellen van 100*100 meter horizontaal en 0,5 meter verticaal. Er is ook een mogelijkheid dit model met aanvullende informatie te verfijnen.

Het betreft geologische boorbeschrijvingen uit de DINO database. Voorbewerking is een geautomatiseerde Lithostratigrafische interpretatie (ruimtelijk stochastische interpolatie met inbreng van apriori kennis).

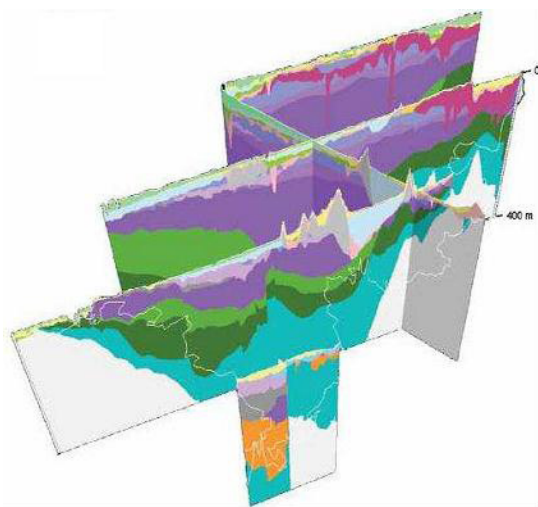
Er zijn conversie uitgevoerd naar Esri multipatches en naar specifieke Bentley en MapInfo formaten, nog niet naar CityGML. Er wordt een change request geschreven voor het OGC om voxels op te nemen in het informatiemodel van CityGML.

In de use case is het model gebruikt om de Randstadrailtunnel, of een vereenvoudigde weergave daarvan af te beelden in het voxelmodel door zowel Esri als Bentley. Dit is tevens gebruikt om de hoeveelheden van de verschillende te ontgraven grondsoorten te berekenen.

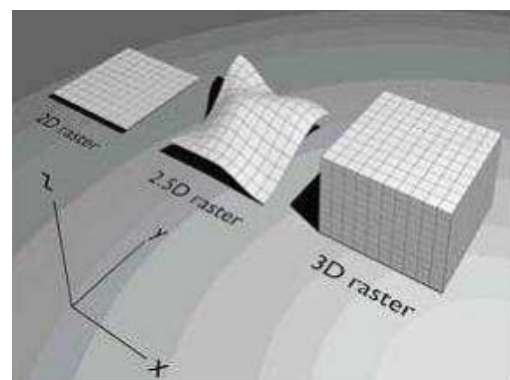
Soorten gebruik zijn legio. Een paar voorbeelden:

- bepaling haalbaarheid warmte-koude-opslag;
- ruimtelijke ordening van de ondergrond;
- bepaling optimale ligging en risico's voor ondergrondse infrastructuur;
- bepaling kwetsbaarheid ondergrond voor bodemverontreiniging;
- bepaling risico's horizontaal gestuurd boren voor leidingen;
- bepaling extra behoefte aan afdichtingen rond waterkerende infrastructuur;
- berekening bodemdaling bij zeker waterbeheerscenario's;
- bepaling economische winbaarheid van grondstoffen zand, grind en klei.

De use case heeft weliswaar niet geleid tot ondergrond in CityGML, maar wel tot waardevolle inzichten en nieuwe initiatieven. Zo gaat Bentley een voorziening maken om door middel van webservices modeldata van de ondergrond rechtstreeks in Microstation op te vragen.



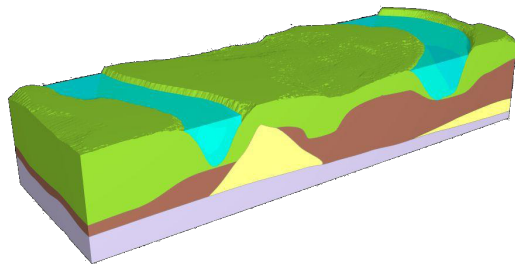
Doorsnede door model REGIS II. Bron: TNO.



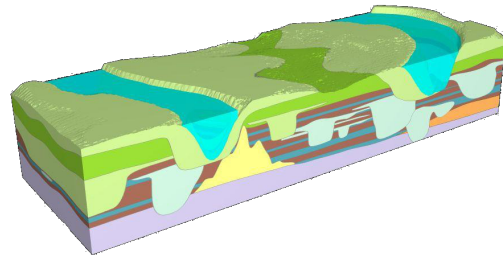
Meerdimensionale modeltypes van de ondergrond. Bron: TNO.



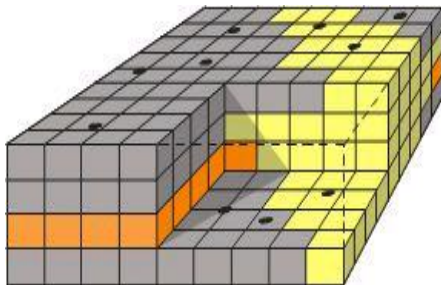
De ondergrond steeds meer in gebruik. Bron: TNO.



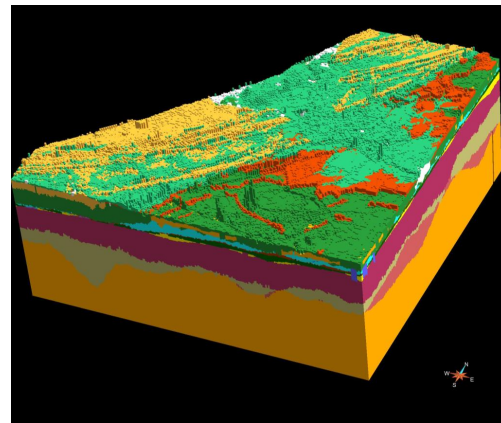
Voorbeeld voor de 2.5D modellen REGIS en DGM. Bron: TNO.



Voorbeeld van de 3D modellen GeoTOP en NL3D. Bron: TNO.

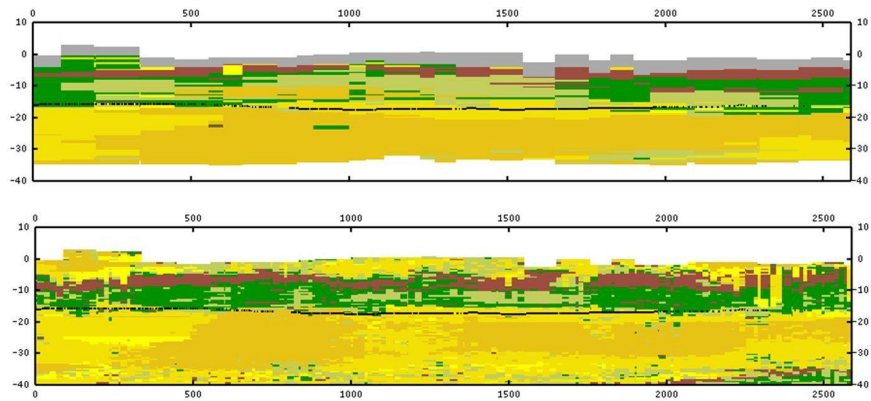


Principe van het GeoTOP model. Bron: TNO.



Een realisatie van het GeoTOP model. Bron: TNO.

Het GeoTOP model 100*100*0,5 m langs het tracé van de tunnel van de Randstadrail in Rotterdam (boven) en het verfijnde model 20*20*0,5 m (beneden). Bron: TNO.



Topcon Sokkia. Dynamische puntenwolk en panoramische beelden

Data

Dynamische puntenwolk en panoramische beelden.

Typering

Techniek voor opbouw van 3D informatie.

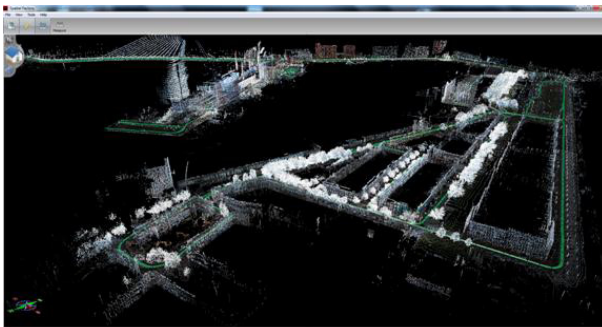
Inwinning

Topcon heeft met een IP-S2 Compact mobile mapping systeem, gemonteerd op een auto, het proefgebied in Rotterdam ingewonnen. De ingewonnen data bestaand uit een laserscan point cloud voor het hele gebied en 3600 panorama foto's voor het hele gebied (interval 5 m).

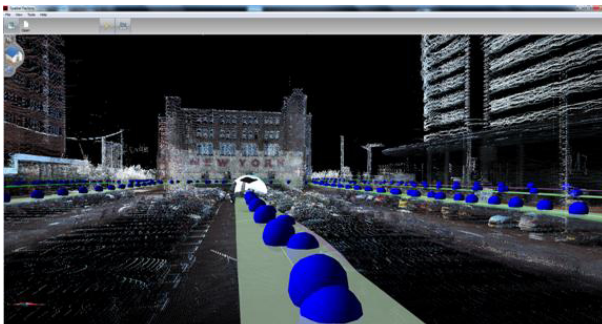
Het systeem maakt voor positionering gebruik van GNSS, IMU, wielsensoren. Voor de post processing is correctiedata van 06-GPS gebruikt. Met deze combinatie wordt de positienauwkeurigheid op het niveau van enkele cm tot dm bepaald. Doormiddel van paspunten kan dit verder verhoogd worden. Relatief kan in deze data gemeten worden met een nauwkeurigheid van 3 cm.

Topcon is geen service provider, maar een systeemleverancier. IP-S2 Compact en systemen met een hogere nauwkeurigheid, hogere cloud-dichtheid en beeldresolutie maken deel uit van de IP-S2 portfolio.

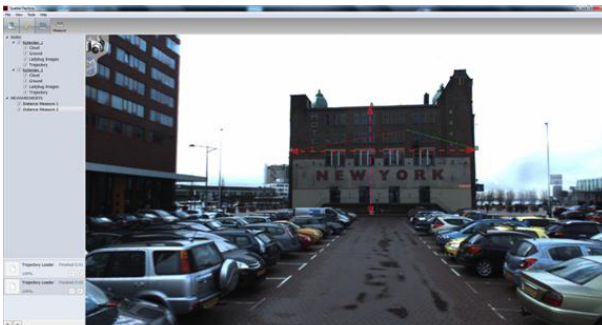
De data is rechtstreeks in 3D ingewonnen. Aan externe data is GPS/Glonass en 06-GPS correctiedata gebruikt.



*Cloud overzicht projectgebied.
Bron: Topcon Sokkia.*



*Hotel New York, cloud met panorama actief.
Bron: Topcon Sokkia.*



*Hotel New York, bekeken vanuit een panorama, met 3D afstandsmetingen.
Bron: Topcon Sokkia.*

Toposcopie. CityGML bestand Rotterdam

Data

CityGML bestand Rotterdam.

Typering

Techniek voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

Geen eigen inwinning. Gebruik van bestaande 2D en 3D data:

1. Top10NL (2D);
2. ACAD-omgeving.dwg (3D).

De Top10NL is landsdekkend en objectgericht. De wegen, het terrein en het water worden allemaal begrensd met gesloten polygonen.

De ACAD-omgeving.dwg is een stadsbestand en geeft zowel bestaande als toekomstige gebouwen weer. Het bestand is geconverteerd vanuit een architectuur programma, waarbij de structuur verloren is gegaan.

Als geen 3D autoCAD tekening voorradig is, kan Google Earth wellicht uitkomst bieden. Van veel gebieden zijn de gebouwen al ruimtelijk beschreven als bouwblokken.

Voorbewerking

Beide bestanden staan in RD coördinaten en zijn bijgeknipt.

De lagen terrein, wegen en water van het 2D topografische bestand zijn in het Toposcopie programma uitgefilterd en automatisch omgezet in CityGML. De z-waarden zijn zo gekozen dat de vlakken aansluiten op die van de 3D ACAD-omgeving.dwg.

De 3D ACAD-omgeving.dwg is geconverteerd naar DXF en ingelezen in het Toposcopie programma. Daar is het bestand automatisch geconverteerd naar CityGML.

Combinatie

Beide CityGML bestanden zijn met Toposcopie software samengevoegd.

Modellering

Weinig eigen modellering.

Conversie

De delen worden samengevoegd tot één 3D bestand in CityGML. Alle conversies worden in gang gezet in het Toposcopie programma en verlopen verder automatisch.

Behalve een export (conversie) in CityGML heeft het Toposcopie programma ook een export in DXF en VRML.

Toepassing

De maquette, die met deze methode is gemaakt heeft een Level Of Detail van 1.

Voordeel van de methode is dat zo'n maquette snel te maken is en dat je zo een heel gebied in 3D vorm kan geven zonder dat computers overbelast raken en daardoor erg traag worden.

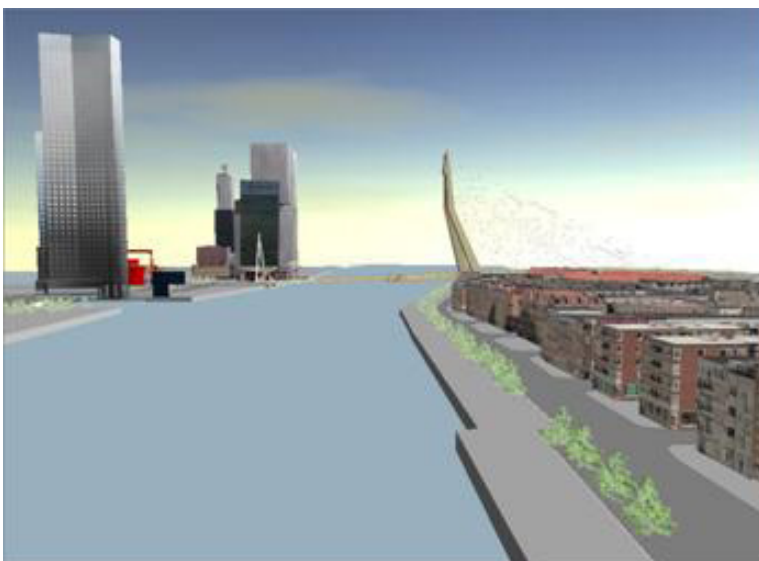
Een LOD1 maquette met correcte hoogtes kan bijvoorbeeld uitstekend gebruikt worden voor het uitrekenen van geluidsoverlast. Daar zijn Duitse voorbeelden van.

Nadeel van deze methode is dat de maquette niet fotorealistisch is en daardoor minder herkenbaar en minder geschikt voor visualisaties. De gebouwen bestaan uit een ongestructureerde verzameling blokken.

Dat de maquette weinig gestructureerd is, kan worden verholpen door in het AutoCAD bestand elk gebouw in een aparte laag ruimtelijk te beschrijven.



CityGML bestand op van Zuid. Bron: Toposcopie.



Erasmusbrug, Noordereiland en Kop van Zuid. Bron: Toposcopie.

Toposcopie. Maquette

Data

Maquette.

Typering

Techniek voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

Op basis van Top10NL en DTB.

Een 3D boom (andere objecten kunnen op een vergelijkbare manier in de maquette worden opgenomen).

Sketchup bestanden van gebouwen zelf gemodelleerd met Building Maker of gedownload van het 3D warehouse.

Databronnen

De Top10NL is landsdekkend en objectgericht. De wegen, het terrein en het water worden allemaal begrensd met gesloten polygonen. Top10NL is 2D.

Het d37hn.dwg bestand maakt deel uit van de landelijke dtb nat van Rijkswaterstaat. Dit bestand is 3D.

Of Google Building Maker gebruikt kan worden is afhankelijk van het beschikbare beeldmateriaal. Dat bestaat uit een serie opnames, waarmee een gebouw aan alle kanten van boven af in beeld wordt gebracht. Voor Nederland is dat in elk geval Amsterdam, Rotterdam en den Haag. Om 3D modellen te maken worden standaard bouwblokken in overeenstemming gebracht met het beeldmateriaal. Men hoeft er dus zelf geen foto's voor te nemen. Building Maker wordt gestart vanuit SketchUp en werkt in een webbrowser. Als het bovengenoemde beeldmateriaal van Google nog niet beschikbaar is, kan men in SketchUp Geo-Modellen maken.

De methode blijkt zeer aan te slaan. In de 3D warehouse van SketchUp staan al zeer veel gemodelleerde gebouwen, die te downloaden zijn.

Voorbewerking

De Top10NL en de dtb staan in RD coördinaten en zijn bijgeknipt.

De lagen terrein, wegen en water van het 2D topografische bestand zijn in het Toposcopie programma uitgefilterd en automatisch omgezet in CityGML. De z-waarden zijn zo gekozen dat de vlakken aansluiten op die van de gebouwen en bomen.

De SketchUp bestanden van gebouwen worden eerst met de Google CityGML Plugin geconverteerd naar XML. Daarna worden de gebouwen met Toposcopie software in RD coördinaten gezet.

Combinatie

Helaas zijn nog niet alle vlakken van de dtb omringd door gesloten polygonen. Daardoor moeten we data van verschillende nauwkeurigheid samen gebruiken.

Het bestand bevat echter toch wel zeer veel bruikbare informatie. Zo kunnen we bijv. alle 868 bomen uittfilteren en alle lichtmasten en stoplichten. Kortom alle objecten, die aan een referentiepunt te koppelen zijn.

Toposcopie heeft software geschreven om zulke objecten uit de dtb te filteren en als implicit geometry te coderen in CityGML. Daarbij wordt het object slechts 1 maal ruimtelijk beschreven. Daarna hoeft van ieder object slechts de locatie van het referentiepunt en een transformatie matrix te worden beschreven. Om een groep bomen er zo natuurlijk mogelijk uit te laten zien, wordt de hoogte en de rotatie automatisch gevarieerd binnen bepaalde grenzen.

Modellering

De bovenbeschreven handelingen hebben geresulteerd in de Maquette van Toposcopie. Dit bestand staat op de server gis.geotudelft.nl en is ook ingelezen in de 3D City DB importer/exporter.

Conversie

Met Toposcopie software worden de modellen van gebouwen uitgedrukt in RD coördinaten. Dat is noodzakelijk als men deze wil combineren met 3D objecten en oppervlaktes, die gemaakt zijn van topografische datasets.

868 bomen zijn vanuit de laag bp-b5-boom van het DTB bestand in CityGML gezet.

Alle CityGML bestanden zijn met Toposcopie software samengevoegd.

Toepassing

De maquette van Toposcopie is uitgevoerd in LOD 2. Dankzij de textures en de fotorealistische bomen is de maquette geschikt voor visualisaties. De kwaliteit kan verbeterd worden door op strategische plekken betere fotobeelden te gebruiken. De maquette kan ook uitgedrukt worden in VRML. Daardoor kan de maquette in principe ook gebruikt worden in Virtuocities. De bomen worden in de Toposcopie software in VRML gevisualiseerd met Billboards. Dat vereist daarom nog een aanpassing.

Het bestand met al die textures en bomen is vrij zwaar en kan nog net met een gangbare moderne computer bekeken worden in een CityGML viewer.



Brugdijk. Bron: Toposcopie.

Toposcopie. Gecombineerde inwinning, modellering en visualisatie

Data

Gecombineerde inwinning, modellering en visualisatie.

Typering

Techniek voor migratie van 1D/2D/3D naar 3D informatie.

Inwinning

Toposcopie is in de eerste plaats een 3D reconstructie software, die gebruik maakt van foto's, een 2D kaart en enig veldwerk. Daarbij volgt Toposcopie een close range fotogrammetrische aanpak waarbij een plattegrond gekoppeld wordt aan foto's, die in horizontale of opwaartse richting genomen zijn. Door middel van een perspectief berekening worden punten in de foto gerelateerd aan overeenkomstige punten in de plattegrond.

In principe is de nauwkeurigheid van de modellen gelijk aan de nauwkeurigheid van de plattegrond.

Daarom moet deze zo gedetailleerd mogelijk zijn, dus bijvoorbeeld de GBKN of een DTB.

Als een Top10NL bestand wordt gebruikt kan men net als bij de methodes beschreven in Tabel 1 en 2 wegen, erven, weilanden, akkers e.d. in CityGML coderen.

Databronnen / bestaande brongegevens

De GBKN en de Top10NL zijn landsdekkend.

De DTB wordt door Rijkswaterstaat onderhouden.

Voorbewerking

De plaats van de camera moet bekend of uit te rekenen zijn.

Verder hebben we een paar punten nodig, die zowel in de foto als in de plattegrond aan te wijzen zijn.

Combinatie

Automatisch ingelezen objecten en objecten, die gemodelleerd zijn met Toposcopie en gecodeerd in CityGML kunnen met Toposcopie software samengevoegd worden.

Modellering

Nadat de plattegrond aan de foto's is gekoppeld vormen de digitale 2D kaart en de beelden een interactief 3D systeem, waarin gemeten kan worden. Het proces van modellering gaat vrij snel, omdat gebruik gemaakt wordt van parametrische modellen gebaseerd op dakvormen, die ook in CityGML worden onderscheiden. De meeste data worden ingewonnen door afwisselend op punten te klikken in de foto en de plattegrond. Als vlakken niet automatisch in te lezen zijn, kan men ze definiëren met een continuus line.

Conversie

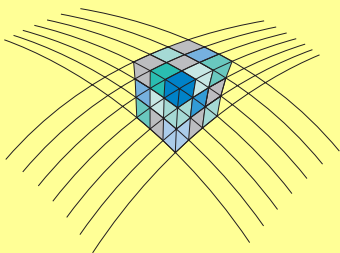
Met Toposcopie software worden de modellen van gebouwen direct in CityGML gecodeerd.

Alle CityGML bestanden kunnen met Toposcopie software worden samengevoegd.

Toepassing

Maquettes, die met Toposcopie zijn gemodelleerd, hebben een uitstekende kwaliteit. Nadeel is dat de methode nogal bewerkelijk is en dat de foto's in principe zelf genomen moeten worden. De VRML versie is geschikt om gebruikt te worden in virtuoalities.

Brugdijk.gml: Een ingewikkeld bouwwerk opgebouwd uit meerdere parametrische modellen en siergevels.



KONINKLIJKE NEDERLANDSE
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN