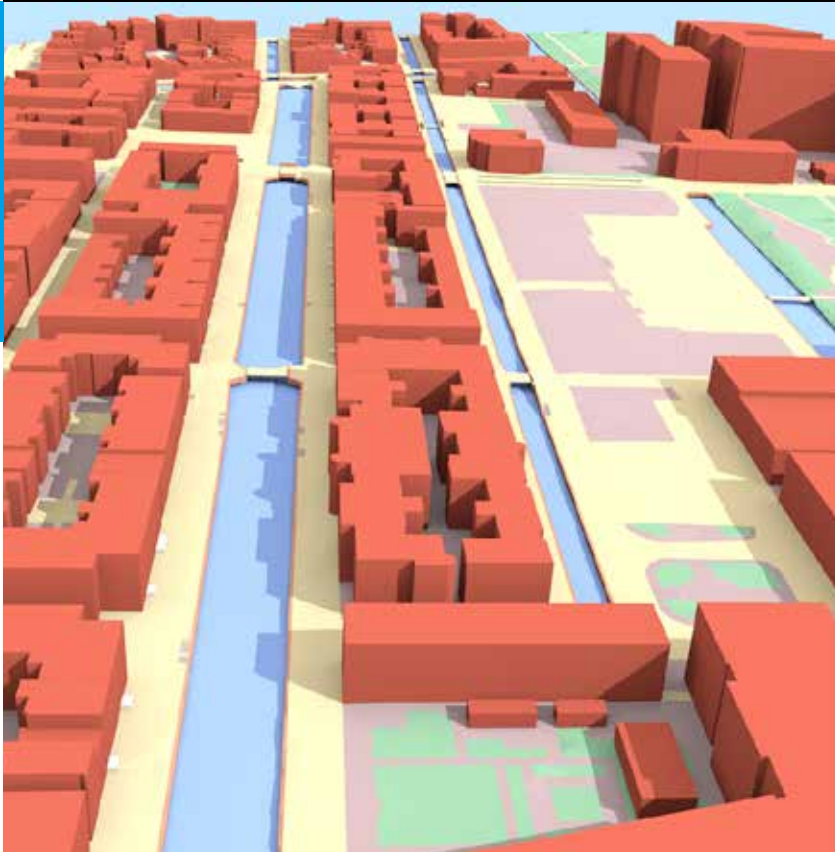


Prof.dr. J.E. Stoter

# Geo-informatie: van iedereen, voor iedereen

Intreerede 29 oktober 2014

Faculteit Bouwkunde



## **Geo-informatie: van iedereen, voor iedereen**

Intreerede

Uitgesproken op 29 oktober 2014  
ter gelegenheid van de aanvaarding van  
het ambt van hoogleraar "Spatial Data Infrastructure"  
aan de Faculteit Bouwkunde  
van de Technische Universiteit Delft

door

Prof.dr. J.E. Stoter

*Mijnheer de Rector Magnificus, leden van het College van Bestuur, Collegae hoogleraren, studenten en andere leden van de universitaire gemeenschap, Collega's van het Kadaster en Geonovum, Zeer gewaardeerde toehoorders, Dames en heren<sup>1</sup>.*

Eind 2013 ben ik aangesteld als hoogleraar Spatial Data Infrastructuur (SDI) aan de Faculteit Bouwkunde. Die functie vervul ik in combinatie met functies bij het Kadaster en Geonovum. In deze oratie zal ik de onderzoeksagenda van mijn leerstoel - met een onderzoeksgroep "3D GeoInformation" bij de afdeling Urbanism<sup>2</sup> - vanuit mijn combinatie van banen toelichten. Eerst zal ik een uitleg geven over SDIs. Daarna zal ik de trends benoemen die ons vakgebied de komende jaren sterk zullen beïnvloeden. Om SDIs in deze veranderende organisatorische en technische context verder te brengen, wil ik vijf bouwstenen oppakken. Deze zal ik toelichten. Ik sluit af met conclusies.

### Introductie

Informatie is een belangrijke basisvoorziening in onze maatschappij. Een belangrijk deel van de dag zijn we bezig met informatie verzamelen en delen. Bijna altijd doen we dat digitaal en via netwerken (zie Figuur 1). Heel vaak heeft die informatie een locatiecomponent: het gaat over dingen die in de wereld om ons heen waarneembaar zijn of gebeuren. In die locatiecomponent ligt een schat aan technische mogelijkheden doordat informatie over dezelfde locatie met elkaar kan worden gecombineerd. Hierdoor kunnen nieuwe, en soms zelfs onverwachte inzichten worden verkregen en worden innovaties gestimuleerd. ICT netwerken die voorzien in geo-informatie noemen we Spatial Data Infrastructures, oftewel SDIs<sup>3</sup>.



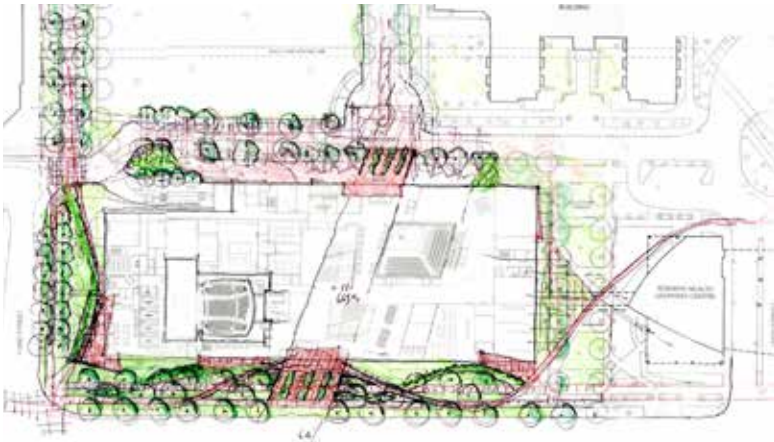
Figuur 1: Informatie verzamelen en delen in ons dagelijkse leven. Bron: clout-project.eu

<sup>1</sup> De tekst is een bijna letterlijke weergave van de tekst zoals ik die heb uitgesproken en daarom zonder literatuurverwijzingen. Referenties die ter inspiratie hebben gediend zijn aan het einde opgenomen.

<sup>2</sup> Zie [3dgeoinfo.bk.tudelft.nl](http://3dgeoinfo.bk.tudelft.nl)

<sup>3</sup> Ook wel "Geo-Information Infrastructures" genoemd

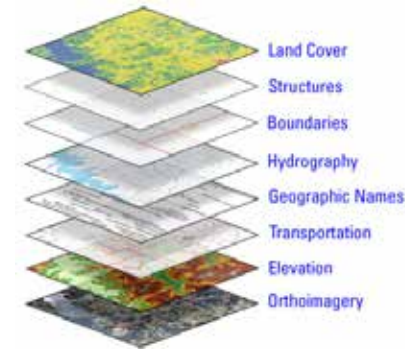
Het doel van SDIs is om toegang tot, en breed gebruik en uitwisseling van geo-informatie mogelijk te maken om precies de informatie die nodig is beschikbaar te hebben bij ruimtelijke vragen. Die vragen kunnen variëren van persoonlijke vragen, zoals de mantelzorger die wil weten hoe lang het nog duurt voordat de medicijnen van zijn moeder worden bezorgd of de gepensioneerde die zich in 3D wil oriënteren op een kavel in de Blauwe stad in Valencia, tot professionele vragen zoals de stedelijk ontwerper die allerlei ruimtelijke aspecten tegen elkaar moet afwegen bij de uitbreiding van een stad (zie Figuur 2).



*Figuur 2 De stedelijk ontwerper moet allerlei ruimtelijke aspecten tegen elkaar afwegen*

Het vakgebied van SDIs, ooit begonnen als GIS (Geografische Informatie Systemen), stamt uit de jaren '80 toen kaarten werden gedigitaliseerd om beheer en update van kaarten te vereenvoudigen. Al snel werd duidelijk dat met gedigitaliseerde gegevens ruimtelijke analyses konden worden uitgevoerd. Binnen afzonderlijke disciplines werden daarom digitale gegevens verzameld over bijvoorbeeld geologie, bodem en water om specifieke ruimtelijke vraagstukken van domeinexperts op te lossen (zie Figuur 3). De ruimtelijke gegevens werden hiertoe verzameld en beheerd in individuele systemen en van hergebruik buiten de eigen discipline was geen sprake.

Om deze verzuijing van ruimtelijke gegevens op te lossen en om geo-informatie uit te wisselen met anderen toepassingen en professionals gingen overheden sinds de jaren '90 hun datasets structureren door middel van data modellen en werd deze gestructureerde geo-gegevens te samen met meta data aangeboden als basisvoorziening via SDIs. SDIs waren daarmee in eerste instantie vooral het domein van de overheid.



*Figuur 3 GIS begon in de jaren '80 met het digitaliseren en gebruik van geo-gegevens in afzonderlijke disciplines*

### Trends die het vakgebied van SDIs beïnvloeden

Maar er is het laatste decennium veel veranderd. Drie trends definiëren voor mij de wetenschappelijke uitdagingen die ik met mijn leerstoel wil oppakken.

De titel van mijn oratie refereert naar de eerste verandering. Het gebruik van geo-informatie is niet meer beperkt tot professionals en overheden. Iedereen komt iedere dag wel in een situatie waarin hij of zij ruimtelijke gegevens raadpleegt. En de overheid heeft veel geo-informatie publiekelijk beschikbaar gesteld als Open Data. Maar ook de productie van geo-informatie is niet meer uitsluitend het domein van overheden. Marktpartijen zoals NavTeq en TomTom produceren ook geo-informatie. En ook consumenten doen dat. Dat doen zij bewust via crowdsourcing, maar ook onbewust via de mobiele apparaten die ze bij zich dragen en verbonden zijn met netwerken. Daarmee is geo-informatie een bron geworden van en voor iedereen. Een mooi voorbeeld van onbewust locatie-informatie produceren wordt genoemd in de De Volkskrant van 28 oktober 2014 (zie Figuur 4): via bluetooth-technologie in smartphones worden klanten bij het binnengaan van een winkel geïdentificeerd. Op basis van hun bewegingspatroon in de winkel worden hun interessegebieden geanalyseerd. Deze informatie wordt vervolgens gebruikt om de klant gericht met bepaalde producten te benaderen bij de kassa.

Een tweede belangrijke trend die het vakgebied van SDIs significant veranderd heeft, is dat ons vakgebied een verschuiving kent van het vastleggen van de status van onze leefomgeving op een bepaald moment in 2D naar het real time analyseren van hoe de leefomgeving er precies op dit moment uitziet in

3D, of eruit zou zien na een bijvoorbeeld hevige bosbrand of ernstig ongeluk. Sensoren in onze leefomgeving zoals voor fijnstof en geluid bieden een continue stroom aan geo-gegevens. Het integreren van deze gegevensstromen met andere geo-informatie bronnen via SDIs bieden de snel opkomende Smart Cities de informatie en kennis om steden duurzamer, beter bereikbaar en veiliger te maken (Figuur 5). Het mede door de TU Delft opgerichte Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (AMS)<sup>4</sup> heeft als doel om met wetenschappelijk onderzoek deze ontwikkeling verder te stimuleren.

De winkel weet wat u wilt kopen  
Beacon als verklikker loop- en koopgedrag klant



Figuur 4 Via onze mobiele apparaten die verbonden zijn met netwerken produceren wij onbewust geo-informatie (uit De Volkskrant, 28 oktober 2014)



Figuur 5 Het continu monitoren van onze leefomgeving via sensoren levert belangrijke informatie voor smart cities <http://www.streetline.com/smart-cities>

<sup>4</sup> <http://www.ams-amsterdam.com>

De derde trend die ons vakgebied op scherp heeft gezet, is de gigantische groei aan digitale informatie. Initiatieven van overheden om gegevens te structureren en aan te bieden lopen hierdoor al snel achter op de werkelijkheid. De hoeveelheid digitale gegevens verdubbelt elke twee jaar en zal in 2020 het tienvoudige zijn van 2013<sup>5</sup>. Een aantal jaren geleden gebruikten we nog megabytes om data volumes te duiden, nu doen we dat met gigabytes en terabytes en in 2020 zullen we dat met petabytes doen. Hoe zorgen we ervoor dat uit deze enorme hoeveelheden, heterogene data de juiste en benodigde geo-informatie vindbaar en bruikbaar is? En hoe zorgen we ervoor dat de huidige reactieve attitude van overheden jegens big data wordt omgezet in een proactieve waarbij veel meer wordt geprofiteerd van alle beschikbare data?

Door deze trends, verandert het doel van SDIs aanzienlijk: van een voorziening van overheden tot een voorziening van de samenleving in bredere zin waarbij de scheidslijn tussen gegevens-aanbieder en gebruiker diffuus is geworden en de ICT context in rap tempo verandert. Een herziening van het onderzoek naar SDIs is daarom nodig waarbij SDIs niet een voorziening is om geo-gegevens tussen overheden of tussen overheden en burgers uit te wisselen maar waarbij de hele samenleving bediend wordt door SDIs.

Eenzijds is er onderzoek nodig naar technische oplossingen om big data klein te maken, data te structureren en te linken naar data ver buiten onze geo-domein. Anderzijds is er onderzoek nodig naar governance vraagstukken in deze veranderende context: Wat betekent het voor SDIs als de rollen en verantwoordelijkheden van de overheid voor het inwinnen en verspreiden van informatie deels door het bedrijfsleven en de burger wordt ingevuld? Welke gegevens vinden wij als overheid en samenleving de waarheid en welke niet? Van wie zijn de gegevens en wie kun je erop aanspreken, of aansprakelijk stellen als er iets mis gaat? Hoe kan het bijhouden en ontsluiten van de 1:10.000 dataset (TOP10NL) worden vormgegeven als een samenwerking tussen Kadaster, Open Street Map (OSM), burgers en wellicht nog andere partijen?

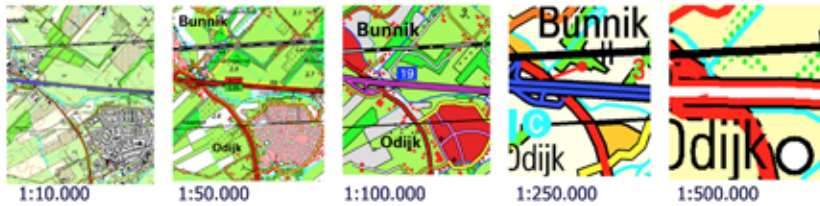
### De bouwstenen van toekomstige SDIs

Een aantal bouwstenen die ik (verder) wil onderzoeken om SDIs de basis geo-informatie voorziening te laten zijn binnen deze nieuwe context zal ik nu verder uitwerken.

<sup>5</sup> EMC Digital Universe with Research & Analysis by IDC. The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things. 2014

## Generalisatie

De eerste bouwsteen voor een verbeterde SDI is het slim omgaan met verschillende detailniveaus van geo-informatie via generalisatie. Soms is informatie op straatniveau nodig; soms is informatie nodig welke overzicht geeft van een bepaald gebied zoals provincie, land of wereld (Figuur 6).



Figuur 6 Topografische informatie op verschillende schalen (bron: Kadaster)

Generalisatie is het proces waarbij minder gedetailleerde informatie (kleinere schaal) wordt afgeleid van informatie met een hoog detailniveau (grote schaal), liefst dynamisch en automatisch zodat de actualiteit van informatie op de verschillende schalen hetzelfde is en daardoor consistent. Maar automatische generalisatie is complex omdat interpretatie van cartografen moet worden geautomatiseerd. Er wordt dan ook al decennia lang onderzoek naar gedaan, zie bijvoorbeeld de activiteiten van de "Commission on Generalisation and Multiple Representation" van de International Cartographic Association.

De laatste jaren zijn de onderzoeksresultaten die de afgelopen decennia zijn behaald, geïmplementeerd in de praktijk o.a. door onze samenwerkingsprojecten tussen wetenschap, software bedrijven en topografische diensten. Bovendien zijn topografische diensten bereid geweest te investeren in het automatiseren van hun productieprocessen omdat actualiteit belangrijker is dan ooit. Een update cyclus van twee jaar, tot voor kort heel normaal, is niet meer reëel voor gebruikers die gewend zijn om de hele dag door actuele informatie over de wereld om zich heen tot zich te nemen. Bovendien voelen topografische diensten de druk van andere partijen die topografische informatie inwinnen zoals NavTeq, Google, Open Street Map etc. Om te overleven moeten topografische diensten dus sneller actualiseren. Vele topografische diensten hebben daarom recent automatische generalisatie geïmplementeerd in hun nieuwe productielijnen.

Ook het Kadaster heeft in 2013 een unieke mijlpaal bereikt door de interactieve productielijn voor de kaartenserie 1:50.000 te vervangen met een 100% automatische productielijn (op basis van een onderzoek dat we in 2008 zijn gestart in een Ruimte voor GeoInformatie (RGI) project). Voor het Kadaster

betekent dit dat binnen drie weken een volledige 1:50.000 kaartenserie (voor heel Nederland) kan worden geproduceerd waar dit voorheen enkele jaren duurde. Bij het Kadaster kijken we momenteel in hoeverre de Basis Registratie Grootchalige Topografie (BGT) een bron kan zijn voor de kleinschaligere Basis registratie topografie (BRT). Als de BGT in 2016 beschikbaar komt, is het een logische vervolgstap om beide registratie te integreren in één.

Wetenschappelijke uitdagingen voor generalisatie zijn er nog genoeg, zoals hoe generalisatie geïmplementeerd kan worden binnen een dynamische visualisatieomgeving waarbij geo-informatie wordt afgebeeld op het scherm en niet op de traditionele papieren kaart. Andere open onderzoeksvragen zijn hoe generalisatie kan helpen bij het streamen van gegevens (gedetailleerde gegevens pas over het net sturen als de gebruiker gaat inzoomen) en hoe generalisatie on-demand mapping kan ondersteunen oftewel het dynamisch genereren van toepassing-specifieke geo-informatie zoals voor fietsers, watersport en natuur. Tenslotte is er nog veel onderzoek nodig om generaliseren in 3D mogelijk te maken zodat toepassing-specifieke 3D gegevens kan worden gegenereerd op verschillende detailniveaus. Zie bijvoorbeeld het lopende NWO/STW PhD onderzoek van Ravi Peters in mijn groep "Simplification of digital terrain models using feature-based three-dimensional methods"<sup>6</sup>.

## 3D

Een andere bouwsteen voor een toekomstgerichte SDI is 3D. Het beheer van onze leefomgeving wordt steeds complexer. Denk aan vraagstukken rond verstedelijking, landbouw, industrie en recreatie. Gelijktijdig stellen we hoge kwaliteitseisen aan onze omgeving zoals rond duurzaamheid en veiligheid. Actuele 3D informatie van de leefomgeving is noodzakelijk om deze complexe situatie te analyseren en om te voorspellen wat de impact zal zijn bij ingrijpen van die leefomgeving op het complex van ruimtelijke aspecten (zie Figuur 7).



Figuur 7 3D weergave van de leefomgeving geeft essentiële informatie boven een 2D weergave

<sup>6</sup> <http://3dgeoinfo.bk.tudelft.nl/projects/3dsm/>

Ook al worden 3D technieken snel volwassen, toch wordt in de praktijk onze complexe werkelijkheid nog bijna altijd platgelsagen om in de bestaande 2D modellen, standaarden en ruimtelijke planningsprocessen te passen.

Als rechtvaardiging voor een overstap naar 3D wordt vaak gevraagd naar de "killer app" voor 3D. Maar deze vraag is (net als ooit voor 2D) niet te beantwoorden. Het gaat om innovaties bij een breed scala aan toepassingen. Natuurlijk zijn veel processen ook in 2D te modelleren en analyses in 2D zijn simpeler. Maar bij groeiende technische mogelijkheden wordt de vraag relevant of een 3D benadering niet veel meer zou opleveren. In de VS zijn de economische baten van 3D geo-informatie zelfs berekend op 690 miljoen dollar per jaar vanwege de mogelijke innovaties in tal van toepassingen zoals overstromingen, rampenbestrijding en klimaatcontrole<sup>7</sup>. Nederland is weliswaar kleiner maar het economische belang van 3D geo-informatie is vergelijkbaar.

De stap naar 3D wordt vaak gezien als een kip-ei overweging: overstappen naar 3D vraagt om een investering, en zolang vele partijen 3D problemen blijven vertalen naar 2D en er dus geen 3D aanpak voorhanden is, lijkt de urgentie te ontbreken om over te stappen. Dus wat is er eerder nodig voor de overstap naar 3D: de vraag of de oplossing?



Figuur 8 Toepassingen die 3D informatie nodig hebben

<sup>7</sup> USGS, <http://www.dewberry.com/Consultants/GeospatialMapping/FinalReport-NationalEnhancedElevationAssessment>

Kijkend naar de vraag, dan zien we dat er veel vraagstukken zijn die alleen maar goed in 3D kunnen worden opgelost (zie Figuur 8). Voorbeelden zijn hoog gedetailleerde afvoermodellen, het plannen van landschapsvervuilende constructies zoals windmolens, het bepalen van potenties voor groene daken of zonnepanelen, het berekenen van geluidsbelasting op verschillende hoogtes, het bepalen van in hoogte variërende maatregelen tegen een te hoge geluidsbelasting, de Kadastrale inschrijving van 3D eigendomssituaties, ruimtelijke plannen in 3D en indoor navigatie.

Ook in het buitenland wordt 3D steeds meer gemeengoed zoals Noord Rijn Westfalen die alle zes miljoen gebouwen als web service aanbiedt en Beieren die binnenkort voor acht miljoen gebouwen hetzelfde zal doen. De basisgegevens van de topografische dienst van Zwitserland, Swisstopo, zijn zelfs 3D en de 2D producten en kaarten zijn afgeleiden hiervan.

De tijd lijkt rijp om na te gaan denken over een revolutionaire stap richting 3D waarbij de 3D werkelijkheid niet automatisch meer wordt platgeslagen om in onze overwegend 2D oplossingen en modellen te passen en 3D informatie net als 2D informatie wordt gefaciliteerd via SDIs. In Nederland zijn hiervoor nog wel enkele hobbels te nemen. En Nederland is hierin niet uniek. 3D wordt weliswaar door steeds meer partijen opgepakt, maar dat gebeurt bijna altijd op projectbasis en voor/door individuele organisaties. Overheden laten ieder hun eigen 3D model vervaardigen en kopen afzonderlijk in, technieken en standaarden zijn niet op elkaar afgestemd, best practices zijn niet breed bekend en iedere toepassing kent zijn eigen informatieketen. Hierdoor worden gebieden meerdere malen in 3D gemodelleerd, is 3D geo-informatie voor veel overheden te duur, is er voor bedrijven geen sluitende business case en is er onvoldoende continuïteit in 3D kennisopbouw. We kunnen daarom concluderen dat 3D geo-ICT de status heeft van 2D GIS 20 jaar geleden toen geo-informatie door sterke fragmentering niet werd hergebruikt en geo-ICT alleen binnen specifieke toepassingen werd gebruikt. En dus is er een SDI-gebaseerde aanpak nodig om gebruik van 3D geo-informatie te vergroten.

In het ochtend symposium voorafgaande aan mijn oratie hebben we hiervoor het GeoSamen initiatief "nationale doorbraak 3D" gelanceerd. In een samenwerking van overheid, wetenschap en bedrijfsleven coördineert dit initiatief de 3D activiteiten voor de publieke ruimte. Daarbij leidt gezamenlijke inzet tot de opbouw van de 3D SDI voor Nederland. Inmiddels hebben bijna 70 partijen het bijbehorende manifest ondertekend en wordt er middels tien werkgroepen gewerkt aan de realisatie van de ambities van dit manifest<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Zie [www.geonovum.nl/onderwerpen/3d-geo-informatie/manifest-3d-de-doorbraak-naar-nederland-3d](http://www.geonovum.nl/onderwerpen/3d-geo-informatie/manifest-3d-de-doorbraak-naar-nederland-3d)

Mooie voorbeelden van zo'n succesvolle samenwerking tussen overheid-bedrijfsleven-wetenschap voor 3D is dat we in 2012 in Nederland een nationale standaard 3D hebben gerealiseerd als onderdeel van de basisregistratie grootschalige topografie (BGT) en dat we hiervoor een aantal open source tools hebben ontwikkeld die het voor een gemiddelde BGT bronhouder mogelijk maken aan de slag te gaan met 3D BGT<sup>9</sup>.

Een andere mijlpaal van een overheid-bedrijfsleven-wetenschap samenwerking is dat het Kadaster samen met de TU Delft, U Twente, VU Amsterdam, Conterra en Geodan het eerste 3D virtueel model van Nederland heeft geproduceerd op basis van de 1:10.000 dataset (TOP10NL) en het Actuele Hoogtebestand Nederland dat in 2014 als open data beschikbaar is gekomen.



Figuur 9 Voorbeelden van 3D BGT (links) en 3D TOP10NL (rechts)

Als verlengde hiervan zullen we in het onlangs door NWO/STW gehonoreerde project "3D for integrated environmental modelling"<sup>10</sup> (binnen het Maps4Society programma) onderzoeken hoe we het landsdekkende 3D model kunnen verbeteren (U Twente), kunnen beheren (TU Delft) en kunnen gebruiken in 3D toepassingen voor omgevingsmodellering zoals water, geluid en luchtkwaliteit (VU Amsterdam). Dat doen we samen met elf partners uit de praktijk (RWS, Kadaster, Geonovum, Hoogheemraadschap Noord-Hollands Noorderkwartier, gemeenten Rotterdam en Den Haag, e-Science center, Esri, Geodan, DGMR en Nelen&Schuurmans).

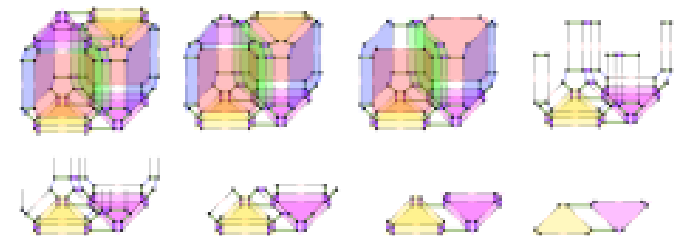
Er liggen nog genoeg wetenschappelijke uitdagingen om 3D verder te brengen. Naast de governance uitdagingen zoals geïntegreerde inwinning, beheer en ontsluiting van 3D geo-informatie en delen van best practices zijn er nog technische uitdagingen.

<sup>9</sup> <http://www.geonovum.nl/onderwerpen/3d-geo-informatie>  
<sup>10</sup> Zie [www.3d4em.nl](http://www.3d4em.nl)

Bijvoorbeeld hoe verschillende 3D geometrietypen kunnen worden gestandaardiseerd, gevalideerd en beheerd in databases; hoe kan 3D informatie worden ontsloten voor een breed scala aan toepassingen; hoe kunnen foutjes in 3D modellen automatisch worden gerepareerd (zoals het sluitend maken van gebouw-modellen zodat de inhoud ervan kan worden berekend)<sup>11</sup>. Ook het modelleren van verschillende detailniveaus, common practice in 2D, vraagt om nader onderzoek (onderwerp van mijn PhD kandidaat Filip Biljecki). Tenslotte is het delen en de integratie van 3D gegevens binnen en tussen verschillende domeinmodellen een uitdaging. Dit kan wel eens de belangrijkste uitdaging worden voor de komende jaren. In allerlei domeinen worden 3D gegevens opgebouwd en gemodelleerd variërend van de ondergrond (geologisch modellen van TNO) tot die van waterbodems van havens en vaarwegen; van 3D modellen van ontwerp- en bouwconstructies (Building Information Models; BIM) en 3D modellen van fysieke objecten in de wereld om ons heen tot 3D modellen van ruimtelijke processen (wind, geluid, fijnstof, klimaat, waterstromen); van vector tot voxel (3D gridcellen voor het representeren van continue verschijnselen). Hoe kunnen al deze totaal verschillende 3D gegevens worden geïntegreerd zodat we een goed beeld krijgen van de complexe werkelijkheid?

## nD

Een andere uitdaging voor SDIs is het op fundamenteel niveau integreren van verschillende ruimtelijke aspecten van geo-data in meerdimensionale datamodellering. Een nD modellering is de ultieme oplossing om geo-data eenmaal op te slaan en vele malen te gebruiken. 3D, tijd en schaal aspecten van geo-data op eenzelfde locatie kunnen dan in één data structuur worden geïntegreerd zodat inzoomen en uitzoomen op verschillende detailniveaus en over verschillende tijdstappen heen mogelijk wordt, uitgaande van dezelfde basis data.



Figuur 10 Een data structuur voor nD data (door PhD kandidaat: Ken Arroyo Ohoi)

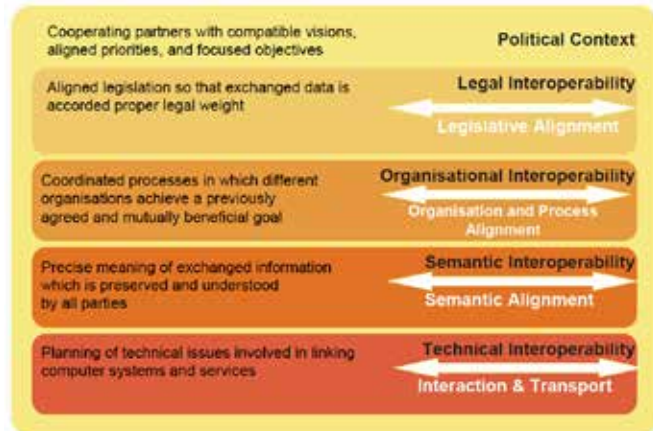
<sup>11</sup> Zie de 3D validatie service, <http://geovalidation.bk.tudelft.nl/val3dity/>, onderzoek van mijn collega Hugo Ledoux



Met de NWO Vidi beurs die ik in 2010 mocht ontvangen hebben we de eerste stappen kunnen zetten voor data modellering in meer dan drie dimensies. De komende jaren zullen we kijken hoe deze 5D aanpak (zie Figuur 10) kan worden gebruikt om geo-data als zodanig te modelleren en wat hiervoor verder nog nodig is.

## Interoperability

Interoperability is een andere belangrijke bouwsteen voor SDIs. Er is geen goede Nederlandstalige vertaling voor maar het gaat over het probleemloos communiceren van systemen en mensen. Voor SDIs gaat het om interoperabiliteit op allerlei niveaus: organisatorisch, juridisch, semantisch en technisch (zie Figuur 11).



Figuur 11 Interoperability op verschillende niveaus. Bron: European Interoperability Framework

Hier wil ik inzoomen op het bereiken van optimale interoperabiliteit tussen totaal verschillende informatiebronnen door het expliciet maken van semantiek, oftewel het formeel beschrijven van de inhoud van datasets zodat hergebruik van gegevens mogelijk wordt gemaakt. Hergebruik van gegevens gebeurt steeds vaker door machines in plaats van mensen. Eenduidige uitleg van de gegevens is daarbij belangrijk.

Een fundamentele stap voor het expliciet maken van semantiek in datasets zijn de Nederlandse domein Informatie Modellen (IM) op het gebied van bijvoorbeeld water (IMWA), ruimtelijke plannen (IMRO), grootschalige geografie (IMGeo), kabels en leidingen (IMKL) en de ondergrond (IMBro), zie Figuur 12.



Figuur 12 Het Nederlandse stelsel van domein informatie modellen (bron: Geonovum)

Maar het gebruik van deze informatie modellen vraagt nog steeds om veel menselijke interpretatie en is nog veel te vaak beperkt tot gebruik binnen eigen domeinen. Een volgende stap is daarom een hoger niveau van formaliteit bereiken om het gebruik van gegevens buiten eigen domeinen mogelijk te maken. Hetzelfde geldt voor harmonisering en uniformisering van definities zodat verschillende domeinen gebruik kunnen maken van dezelfde begrippen. Verschillen in definitie komen soms voort uit de specifieke context van domeinen. Onderzoek kan helpen om te laten zien wat terechte verschillen zijn en hoe we die kunnen modelleren zodat het juiste hergebruik van gegevens in andere domeinen mogelijk wordt.

Bij Geonovum hebben we een inventarisatie gedaan naar alle gemodelleerde klassen binnen de verschillende domein modellen en deze gepubliceerd in een definitie register<sup>12</sup>. Dat leverde een verzameling van 800 klassen op waarbij overeenkomstige klassen soms op een andere manier werden gedefinieerd. Neem de definitie van "Water" in het Informatie Model Water (IMWA): *Grondoppervlakte in principe bedekt met water* versus de definitie van "Water" in het Informatie model Geografie (IMGeo): *Grondoppervlak permanent met water bedekt*. Door menselijke interpretatie is vast te stellen dat dit waarschijnlijk om hetzelfde concept gaat, maar voor gebruik in SDIs hebben we op elkaar afgestemde definities nodig.

Meer onderzoek is ook nodig naar wat het Semantic Web en de bijbehorende linked data technologieën kunnen betekenen om data interoperabiliteit binnen SDIs te bevorderen (PhD onderzoek van mijn Geonovum-collega Linda van

<sup>12</sup> <http://definities.geostandaarden.nl>

den Brink). Data uit verschillende domeinen kunnen hiermee worden gelinkt door links te leggen tussen specifieke objecten zonder dat de onderliggende data modellen op elkaar zijn afgestemd. Dit leidt tot een nieuwe manier van gegevensuitwisseling binnen SDIs: niet meer van gehele datasets maar van informatie over een bepaald object of over een bepaalde locatie welke informatie toevallig in verschillende gegevensbronnen aanwezig is. Tenslotte is onderzoek nodig om te kijken hoe op locatie linken van gegevens het linked data principe van het Semantic Web kan bevorderen.

### SDI voor de samenleving

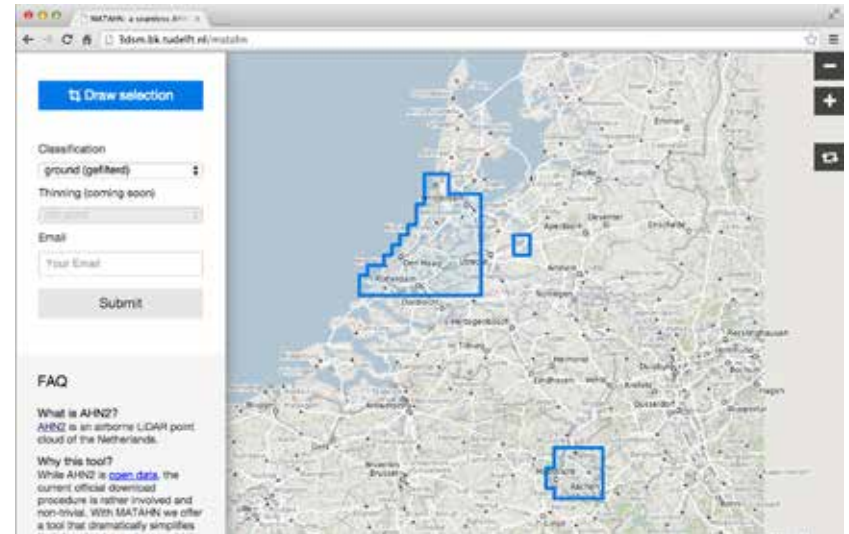
Een belangrijke laatste uitdaging die ik wil noemen is om de focus van SDIs te verschuiven van overheden richting samenleving. De eerder genoemde methodes en technische oplossingen moeten worden bestudeerd binnen veranderende juridische en organisatorische contexten, zoals die van een terugtrekkende overheid. Bovendien moeten we als geo-informatie sector veel meer dan nu vakgebieden buiten het traditionele geo-domein weten te vinden, zoals de zorg, openbare orde en veiligheid (OOV) en energie.

Er zijn veel maatschappelijke vraagstukken waar geo-informatie tot nieuwe inzichten en oplossingen kan leiden, juist op het raakvlak van verschillende disciplines. Enkijkend naar grotenationale en internationale beleidsontwikkelingen rond het organiseren van informatie-uitwisseling tussen overheden wordt geo-informatie als basis breed onderkend, denk aan de Digitale Agenda van Europa, UNSDI (United Nations Spatial Data Infrastructure), INSPIRE, UN-GGIM (United Nations initiative on Global Geospatial Information Management), de Laan van de Leefomgeving, GOAL (Gegevensvoorziening Omgevingswet voor Activiteiten in de Leefomgeving), en het stelsel van basisregistraties. Ook heeft geo-informatie een centrale rol in het open data dossier van de overheid. Zo heeft de Europese commissie veel geo-gerelateerde datasets op haar prioriteitenlijstje staan voor vrijgave van publieke datasets (EC, 2014).

Dus vanuit de overheid is er voldoende aandacht om geo-informatie beschikbaar te maken. Maar op social media wordt vaak geklaagd dat open geo-data niet eenvoudig vindbaar als je niet weet waar je moet zoeken en niet bruikbaar als je geen specialistische kennis hebt.



De wetenschap kan helpen om hiervoor technische oplossingen te ontwikkelen. Een mooi voorbeeld is de gebruikersvriendelijke kaartbladrandloze AHN2 downloadservice ontwikkeld door onderzoekers uit mijn groep (Ravi Peters en Hugo Ledoux), zie Figuur 13.



Figuur 13 De AHN2-downloadservice van Ravi Peters en Hugo Ledoux (<http://3dsm.bk.tudelft.nl/matahn>)

Een ander voorbeeld waar enorme kansen liggen om met geo-data technologieën innovaties te bereiken voor de samenleving is de Omgevingswet en het bijbehorende digitaal stelsel ter ondersteuning van de uitvoering van deze wet beschreven in het programma GOAL (Gegevensvoorziening Omgevingswet voor Activiteiten in de Leefomgeving). De Omgevingswet heeft als doelstelling om tal van wetten over de leefomgeving zoals over geluid, wind, veiligheid en klimaat te integreren.

Het behoeft hier niet veel uitleg welke cruciale rol geo-informatie en het gerelateerde wetenschappelijke onderzoek naar nieuwe technieken en governance zullen hebben bij zowel de realisatie van digitale voorzieningen voor, als de uitvoering van, de Omgevingswet.

Uitdagingen liggen bijvoorbeeld in hoe overheden, burgers en bedrijfsleven kunnen samenwerken bij het inwinnen en delen van actuele informatie van de leefomgeving en hoe informatie over disciplinegrenzen heen kunnen worden

geïntegreerd in een dynamische 3D omgeving met actuele informatie. Het ideale eindplaatje is een interactieve 3D visualisatie van de leefomgeving waarbij ingrijpen in de omgeving direct laat zien wat de gevolgen zijn voor geluid, water, lucht en veiligheid.



Figuur 14 De ruimtelijke aspecten van de Omgevingswet

### De rol van de wetenschap

Omdat ik deze leerstoel invul in combinatie met een functie bij het Kadaster staat het onderzoek van deze leerstoel middenin deze gebruikscontexten en is het wetenschappelijk onderzoek continu verweven met maatschappelijke vraagstukken. De dag in de week die ik bij Geonovum mag vervullen versterkt deze verankering in relevante netwerken, standaardisatie en beleid. En dat gaat het niet zo zeer om mijn eigen werk, maar vooral om het verbinden van experts uit de verschillende organisaties die werken aan innovaties in de geo-sector met ieder hun eigen accent.

In deze interactie tussen wetenschap en praktijk, zie ik een specifieke rol voor de wetenschap. Niet alleen in het ontwikkelen van een specifieke technische oplossing om de praktijk verder te brengen of om hen van advies te voorzien. Het is ook de taak van wetenschappers om ervoor te zorgen dat innovaties voldoende aandacht krijgen in beleid- en regelgeving die van nature behoudend van karakter zijn. De ICT omgeving verandert snel terwijl de van oudsher door overheden gedomineerde geo-sector een andere dynamiek kent. ICT ontwikkelingen binnen de overheid lopen daardoor het risico om alleen de in het oog springende belangen te dienen en de problemen van vandaag op te lossen en daarmee inspanningen uit het verleden te consolideren. Burgerparticipatie

bij nieuwe beleidsvorming wordt breed onderkend; maar de rol van innovaties is vaak nog te marginaal. De wetenschap kan helpen om bij nieuwe beleidsvorming naar de verre toekomst te kijken. Voorbeelden zijn 3D en dynamische gegevens een prominente plek geven binnen de Omgevingswet (wat betekent het voor de regelgeving en implementatie ervan als een ruimtelijk plan in 3D wordt opgebouwd en als sensors continu informatie over de leefomgeving kunnen leveren) en een vergaande integratie tussen BGT en BRT.

### Tot slot

Geo-informatie van iedereen, voor iedereen betekent dat de gebruiker zich niet druk hoeft te maken over technische aspecten zoals formaten, coördinaten, schaal, actualiteit, kwaliteit, redundantie, semantiek etc, maar ook niet over governance zaken zoals waar je de gegevens kan vinden, of je de gegevens wel kunt veroorloven, of de link wel werkt, of je de gegevens mag gebruiken (privacy en gebruiksvoorwaarden), wie je kan aanspreken als de gegevens niet blijken te kloppen etc.

Wil geo-informatie binnen de alsmaar groeiende informatiesamenleving de sleutelrol krijgen die het in potentie in zich heeft, dan moeten we een stap durven maken naar buiten ons vakgebied. Het expliciet benoemen van ons vakgebied begin jaren '90 heeft ruim 25 jaar voor bestaansrecht gezorgd waardoor we fantastische zaken geregeld hebben rond het structureren, modelleren en aanbieden van geo-informatie.

Maar het benoemen van Geo-ICT als een apart vakgebied gaat ons nu in de weg zitten. We sluiten ons op terwijl als we verder willen komen, we naar buiten moeten naar gebruik in de samenleving: de zorg, mobiliteit, de Omgevingswet. Maar ook naar technologieën die onze informatiesamenleving fundamenteel aan het veranderen zijn zoals het Semantic Web.

Gegevens met een locatie-component maken al lang deel uit van "gewone" gegevensstromen. Maar toch is geo-informatie bijzonder door de kracht van locatie als bindende factor maar ook doordat de geo-sector heel ver is in het organiseren van informatie-uitwisselen binnen een informatie infrastructuur met benodigde standaarden, beleid, expertise en technieken. Daar kunnen andere domeinen van leren en op voortbouwen.

Bovendien levert ons vakgebied unieke kennis over de integrerende rol die geo-informatie kan spelen in ruimtelijke vraagstukken en de technische oplossingen die hiervoor nodig zijn. Zoals de kennis die nodig is om te gaan met gegevens

over een "aardappelvormige" aarde, met data representaties in 2D en 3D en kennis nodig om geo-gegevens in te winnen, te beheren en te ontsluiten binnen de "mainstream" informatie technologieën die ook volop in ontwikkeling zijn en zullen blijven. Professionals met deze kennis zijn cruciaal en ik zie het dan ook als belangrijke taak om studenten op te blijven leiden met deze specifieke kennis.

In 2020 zal dynamische 3D data real time ingewonnen zijn door en beschikbaar zijn voor zowel overheden, bedrijven als consumenten. Op basis hiervan zullen overheden voortdurend kunnen anticiperen op wat er nu in de leefomgeving gebeurt, zullen beleidsbeslissingen veel dynamischer worden genomen op basis van het gehele, actuele plaatje en zullen architecten en stedenbouwkundigen denken en werken in 3D waarbij de impact van hun ontwerpen en plannen direct zichtbaar zijn.

Op naar een SDI gericht op de samenleving, waar geo-informatie door iedereen wordt geproduceerd en wordt gebruikt en dat als basis dient voor innovaties ver buiten de grenzen van ons traditionele geo-domein. En dat natuurlijk in 4D, want de wereld is 3D en is constant in verandering.

Ik heb gezegd.

## Dankwoord

Aan het einde van deze intrede wil ik graag mijn dank uitspreken. Ten eerste aan het College van Bestuur en de Faculteit Bouwkunde voor het mogelijk maken van deze nieuwe leerstoel. Er zijn vele personen die mij in mijn loopbaan hebben geïnspireerd en geholpen. Helaas kan ik maar een enkeling bij naam noemen. Van het verleden naar het heden wil ik eerst wijlen professor Peter Burrough noemen die ons in 1995 stimuleerde als eerste studenten af te studeren in GIS aan de Universiteit in Utrecht.

Ik wil professor Peter van Oosterom bedanken voor zijn gedrevenheid waarmee hij mijn interesse voor onderzoek heeft gewekt. Dat leidde in 2004 tot mijn promotie aan deze universiteit. Van 2004 tot 2009 heb ik mijzelf kunnen ontplooiën op het gebied van automatische generalisatie aan het ITC (inmiddels onderdeel van Universiteit Twente) onder leiding van professor Menno-Jan Kraak. Professor Martien Molenaar wil ik bedanken voor zijn reflecties en de ingang die hij mij heeft gegeven tot het Europese netwerk EuroSDR.

Ik ben heel erg blij dat de TU Delft, het Kadaster en Geonovum mij in 2010 het vertrouwen hebben gegeven om mijn loopbaan voort te zetten vanuit een combinatie van functies. Het vervullen van deze functies vraagt flexibiliteit van mij, maar nog meer van mijn leidinggevenden en collega's. Peter Hoogwerf, Martijn, Ben, Ron, Vincent, Marc en Peter Lentjes en vele anderen bij het Kadaster en Rob, Marcel, Linda, Yvonne, Friso en vele anderen bij Geonovum: het is een voorrecht om op deze manier met jullie te mogen samenwerken en ik leer elke dag bij. Bij de TU Delft wil ik al mijn collega's bedanken met wie ik de afgelopen jaren heb mogen samenwerken. Ik kijk er naar uit om samen met Hugo en Sisi en onze andere onderzoekers de 3D GeoInformation groep, die ik eind 2014 heb mogen starten, verder vorm te geven. Het is zeer inspirerend om met deze zeer talentvolle en creatieve mensen te mogen werken.

Graag wil ik ook de vele mensen bedanken van andere universiteiten, bedrijven en overheden met wie ik de afgelopen jaren heb samengewerkt en hoop te blijven samenwerken, met name in de 3D Pilot en de 3D Special Interest Group. Het is een rijke ervaring om steeds weer te mogen leren van de wijsheid en kennis van mensen uit het werkveld en de open issues mee te nemen in mijn onderzoek. Ik wil EuroSDR bedanken voor de kans die zij mij heeft geboden om sinds 2004 mijn onderzoek in een nauwe samenwerking met Europese collega's uit te voeren. Tenslotte wil ik Joep Crompvoets (KU Leuven), Bastiaan van Loenen (TU Delft) en Marcel Reuvers (Geonovum) bedanken voor hun kritische blik op eerdere versies van mijn intrede.

## Referenties

Arroyo Ohori, K., H. Ledoux en J. Stoter, 2015, An evaluation and classification of nD topological data structures for the representation of objects in a higher-dimensional GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 2015. In press.

Arroyo Ohori, K., H. Ledoux en J. Stoter, 2015, A dimension-independent extrusion algorithm using generalised maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 2015. In press.

Brink, van den, L., J. Stoter, S. Zlatanova, 2012. Establishing a national standard for 3D topographic data compliant to CityGML. *International Journal of Geographic Information Science* 27(1), pp. 92–113

Brink, van den, L., P. Janssen, W. Quak and J. Stoter. Linking spatial data: automated conversion of geo-information models and gml data to rdf. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research* 9, 2014, pp. 59-85

Biljecki, F., H. Ledoux, J. Stoter, J. Zhao, 2014. Formalisation of the level of detail in 3D city modelling. *Computers, Environment and Urban Systems* 48, 2014, pp. 1–15.

Budhathoki, N.R., C. Bertram Bruce, Z. Nedovic-Budic, 2008, Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure. *GeoJournal* Volume 72, Issue 3-4 , pp 149-160

EC, 2014, MEDEDELING VAN DE COMMISSIE. Richtsnoeren inzake aanbevolen standaardlicenties, datasets en kostentoe rekening voor het hergebruik van documenten (2014/C 240/01)  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2014:240:FULL&from=EN>

EMC, 2014, EMC Digital Universe with Research & Analysis by IDC. The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things

European Interoperability Framework, 2015, European Interoperability Framework (EIF) for European public services, European Commission, <http://ec.europa.eu/idabc/en/document/2319/5644.html>

Kitchin, R., 2014, The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal* 79, pp. 1-14.

Loenen, B. van & F. Welle Donker, 2014, Open data beoordelingsraamwerk. Review kosten-batenanalyses, TU Delft

Loenen, B. van & F. Welle Donker, 2014, De stand in opendataland, Delft, Kenniscentrum Open Data, TU Delft

Masser, I., 1999, All shapes and sizes: the first generation of national spatial data infrastructures, *International Journal of Geographical Information Science*, Volume 13, Issue 1, 1999 pages 67-84

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014, Naar de laan van de Leefomgeving, Programmamedefinitie GOAL: Digitaal stelsel Omgevingswet, <https://omgevingswet.pleio.nl/file/download/27383532>

Simon, P., 2011, The age of the platform, Published by Motion Publishing, Nevada

Stoter, J. M. Post, V. van Altena, R. Nijhuis, B. Bruns. 2014b. Fully automated generalisation of a 1:50k map from 1:10k data. *Cartography and Geographic Information Science* 41(1), pp. 1-13

Stoter, J.E., H. Ledoux, M. Reuvers, L. van den Brink, R. Klooster, P. Janssen, J. Beetz, F. Penninga, G. Vosselman, 2013, Establishing and implementing a national 3d standard in the Netherlands.. *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation* 4, pp. 381–392.

Stoter, J., H. Ploeger, P. van Oosterom, 2013, 3D Cadastre in the Netherlands: Developments and international applicability, *Computers, Environment and Urban Systems*, Volume 36, 12 p.

Stoter, J.E., D. Burghardt, C. Duchêne, B. Baella, N. Bakker, C. Blok, M. Pla, N. Regnaud, G. Touya, S. Schmid, 2009. Methodology for evaluating automated map generalization in commercial software, *Computers, Environment and Urban Systems* 33(5) pp 311-324.

USGS, 2012, Final Report of the National Enhanced Elevation Assessment, <http://www.dewberry.com/Consultants/GeospatialMapping/FinalReport-NationalEnhancedElevationAssessment>

Zhang, X., J. Stoter, T. Ai, M. Kraak, M. Molenaar, 2013, Automated evaluation of building alignments in generalized maps, *International Journal of Geographic Information Science*, 27(8)

Zhang, X., T. Ai, J. Stoter and X. Zhao, 2014. Data matching of building polygons at multiple map scales improved by contextual information and relaxation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 92, 2014, pp. 147-163

Zhao, J., J. Stoter, H. Ledoux, 2014, A framework for the automatic geometric repair of citygml models In Manfred Buchroithner, Nikolas Prechtel and Dirk Burghardt (eds.), *Cartography from Pole to Pole*, *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Springer Berlin Heidelberg, 2014, pp. 187–202.

**Faculteit Bouwkunde**

Julianalaan 134  
2628 BL Delft

Tel: +31 (0)15 27 89805

[www.tudelft.nl](http://www.tudelft.nl)