

|          |                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| File ID  | uvapub:175339                                                               |
| Filename | artikel3d_uva_ibed_gisstudio_magnussondeboerseijmonsbergen_14_04.434e133... |
| Version  | final                                                                       |

---

SOURCE (OR PART OF THE FOLLOWING SOURCE):

|           |                                                                                                                                    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type      | article                                                                                                                            |
| Title     | Landschappen in 3D. - 3D-printen van hoge resolutie terreinmodellen met overlays van geologie en orthofoto's met ArcGIS en Blender |
| Author(s) | R.Í. Magnússon, W.M. de Boer, A.C. Seijmonsbergen                                                                                  |
| Faculty   | FNWI: Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), FNWI: Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED)     |
| Year      | 2016                                                                                                                               |

FULL BIBLIOGRAPHIC DETAILS:

<http://hdl.handle.net/11245/1.536249>

---

*Copyright*

*It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content licence (like Creative Commons).*

---

# Landschappen in 3D

## 3D-printen van hoge resolutie terreinmodellen met overlays van geologie en orthofoto 's met ArcGIS en Blender

R. Í. Magnússon, W.M. de Boer en A.C. Seijmonsbergen

Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (IBED), Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica (FNWI) van de Universiteit van Amsterdam.

### Samenvatting

Bij de GIS-studio van de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica (FNWI) aan de Universiteit van Amsterdam, is een project afgerond waarin twee kaarten zijn geproduceerd in 3D met behulp van een 3D-printer. 3D-printen is een techniek in opkomst in zowel de wetenschap als in het bedrijfsleven, beeldende kunst en voor alledaagse objecten. Met de opkomst van LiDAR (Light Detection And Ranging), een relatief nieuwe remote sensing-techniek, worden steeds gedetailleerdere digitale hoogtemodellen gemaakt, waardoor het aardoppervlak in zeer hoog detail in 3D kan worden weergegeven. 3D-printen biedt hierop een uitstekende aanvulling, doordat het hiermee niet nodig is 3D data in 2D te visualiseren en analyseren, maar data direct in 3D kunnen worden bestudeerd.

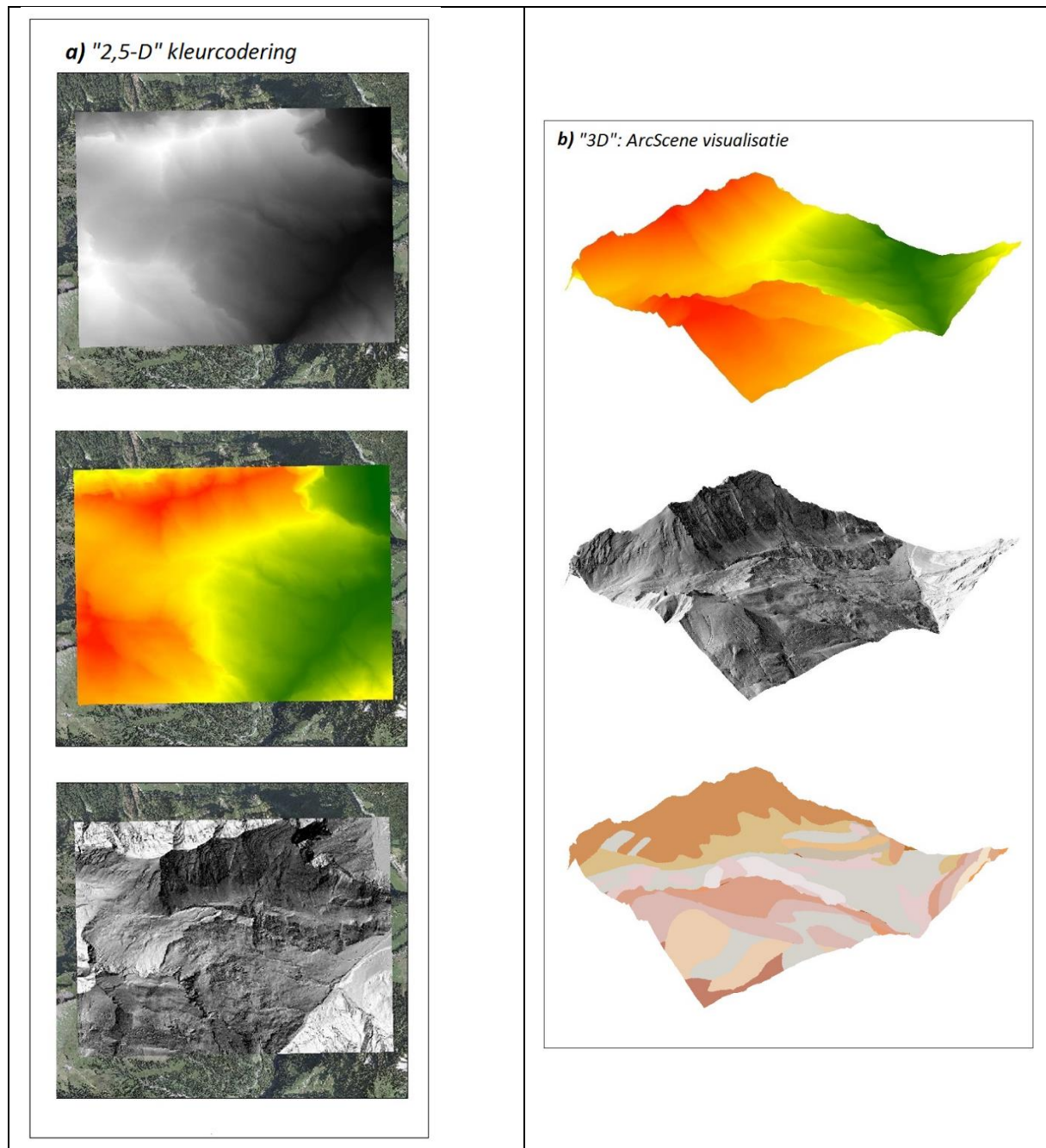
### 3D-data

Driedimensionale representaties van het aardoppervlak, zoals digitale hoogtemodellen, zijn essentiële informatiebronnen voor vele disciplines van aardwetenschappen, planologie en industrie.

LiDAR-puntenwolken bestaan uit punten met een x-, y- en z-coördinaat, gemaakt op basis van laserpulsen, meestal vanuit een vliegtuig. Deze kunnen worden gebruikt om zeer gedetailleerde digitale hoogtemodellen te maken van een landschap. Door het gebruik van laserpulsen kan het terreinoppervlak in detail worden gedetecteerd. Het bladerdek van eventuele begroeiing weerkaatst wel veel laserpulsen maar vaak dringen toch nog genoeg pulsen door het bladerdek om het terrein onder de begroeiing te kunnen reconstrueren. Dit stelt eindgebruikers in staat zowel het terrein als individuele gebouwen, bomen en struiken in detail te karteren. Afhankelijk van de gebruikte apparatuur en de topografie van het terrein, kunnen LiDAR-puntenwolken een verschillend aantal reflectiepunten per vierkante meter hebben, wat de gebruiker in staat stelt door middel van interpolatie een digitaal hoogtemodel in rastervorm met verschillende resoluties te maken. Rasters van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) zijn bijvoorbeeld beschikbaar met een resolutie van 0,5 en 5 meter.

Er bestaat een groot verschil tussen processen aan het aardoppervlak, zoals die zich in de driedimensionale ruimte afspelen, en de manier waarop deze op een kaart in 2D worden gevisualiseerd. Digitale hoogtemodellen representeren 3D-data, maar worden in de regel in 2D gevisualiseerd, met een kleurcodering om de derde dimensie aan te geven. Dit brengt enkele inherente problemen met zich mee zoals contrast-effecten en verschillen in perceptie van mens tot mens. Hierdoor zijn gebruikers vaak niet daadwerkelijk in staat de derde dimensie accuraat te reconstrueren uit de kleurcodering. Het veelgebruikte regenboog-

kleurenpalet (colormap) bijvoorbeeld, ligt al enkele jaren ernstig onder vuur<sup>1</sup>. Daarnaast is het duidelijk dat het weergeven van 3D-data in 2D met kleurcodering weinig nut heeft voor mensen met visuele beperkingen. Zoals te zien is in figuur 1a, linksboven, is het aflezen van hoogte van een 2D-afbeelding met kleurschaal (grijstinten in dit geval), niet even gemakkelijk interpreteerbaar en intuïtief als het interpreteren van een echt 3D-model. Verder laat fig. 1a ook een aantal andere conventionele 2D-kaarten met verschillende kleurcoderingen in ArcMap zien. Door de kleurcoderingen worden zulke kaarten ook wel met de term "2,5-D" aangeduid. Figuur 1b gaat nog een stap verder door 3D-visualisaties in ArcScene, met het DTM als 'base height', waarop verscheidene andere rasters als 'floating surface' zijn afgebeeld, te tonen.



<sup>1</sup> Borland, D., & Taylor II, R. M. (2007). Rainbow color map (still) considered harmful. *IEEE computer graphics and applications*, (2), 14-17.

Figuur 1a) Conventionele 2D-kaarten in ArcMap met verscheidene kleurcoderingen: boven een grijsintintenkaart, midden een rood-groen-kleurcodering, onder een hillshade-visualisatie.

Figuur 1b) 3D-visualisaties in ArcScene, met de DTM als 'base height', waarop verscheidene andere rasters als 'floating surface' zijn afgebeeld - boven de hoogtekaart met groen-rood-kleurcodering, midden de hillshade-visualisatie, onder de kaart van geologische eenheden.

### 3D-printen

3D-printen kan een uitkomst bieden door een daadwerkelijke 3D-representatie vorm te geven. Hierdoor wordt 3D-printen in toenemende mate toegepast voor ontwerpen, voor het maken van schaalmodellen en zelfs binnen de medische wetenschap voor het maken van protheses. Met deze echte 3D-representatie en de hoge mate van detail die haalbaar is met 3D-printen, kan dit een geschikte techniek zijn om hoogtemodellen weer te geven in 3D. De GIS-studio van de Universiteit van Amsterdam ([www.gis-studio.nl](http://www.gis-studio.nl)) heeft in samenwerking met masterstudente Earth Sciences Rúna Magnússon twee in 3D geprinte schaalmodellen van een door natuurgevaren bedreigd gebied in de Oostenrijkse Alpen gemaakt. De modellen zijn respectievelijk (l x b x h) 16,0 x 12,0 x 5,0 cm en 12,1 x 13,1 x 13,1 cm groot, en zijn gemaakt van gekleurd kunstmatig zandsteen met een cyanoacrylaatcoating. Dit is momenteel voor 3D-printers het enige materiaal waarin het opbouwen van kleurverschillen binnen zo'n model mogelijk is. De beide modellen zijn hol uitgevoerd om materiaal en kosten te besparen en de verzendkosten te minimaliseren. Het resultaat is te zien in figuur 2 en figuur 3.



Figuur 2) Foto van het 3d-geprinte hoogtemodel van een gebied bij Au (Vorarlberg, Oostenrijk) met geologische eenheden als overlay, gemaakt door Jan van Arkel, UvA-IBED, 16-03-2016. Hier is te zien hoeveel gemakkelijker het is een beeld te krijgen van een terrein en relatieve hoogte daarbinnen met behulp van een 3D-geprint model. Verder is te zien dat een soort kunstmatige "terrassering" is opgetreden door limitaties in de resolutie van de 3D-printer. Daarnaast zijn enkele van de toppen (zie vooral linksonder) afgevlakt - dit is waarschijnlijk een fout in het printproces geweest. De legenda van figuur 2 is beschikbaar in het kader. Afmetingen van het model: l x b x h: 16,0 x 12,0 x 5,0 cm.

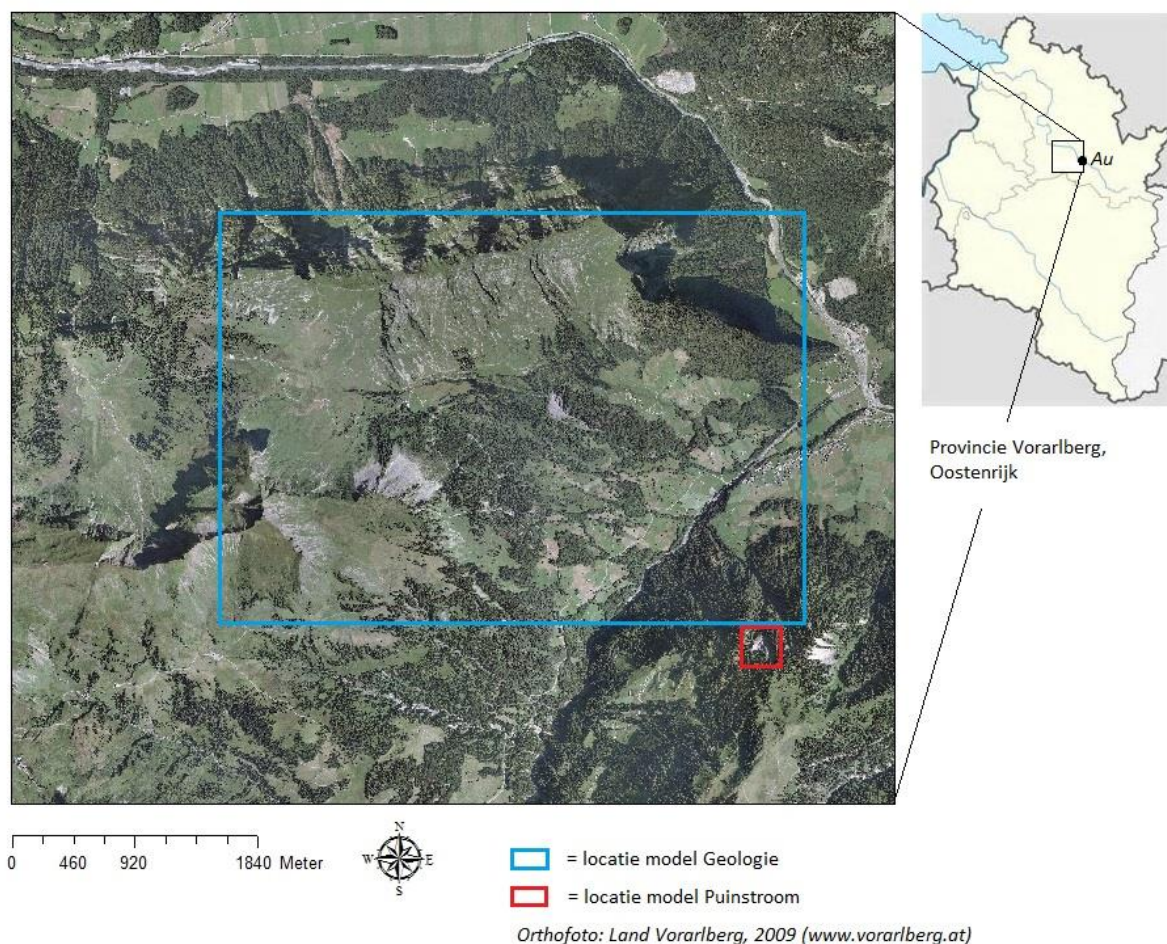


Figuur 3). Foto van het ge-3d-printe model van een puinstroom, ook nabij Au, met orthofoto als overlay. Hier is te zien hoe een kwaliteitsverlies is opgetreden van de hoge-resolutie orthofoto bij conversie van ArcMap naar Blender tijdens de UV-mapping-procedure. Afmetingen van het model: l x b x h: 12,1 x 13,1 x 13,1 cm. Foto gemaakt door Jan van Arkel, UvA-IBED, 16-03-2016.

### 3D-printen van hoogtemodellen

Het maken van 3D-hoogtemodellen vereist een omzetting van hoogtedata in rasterformaat naar een 3D-object dat is in te lezen door 3D-printersoftware, eventueel met een geassocieerd bestand van kleurspecificaties. Veelgebruikte bestandstypen voor dit soort 3D-modellen zijn .stl, .obj, en .x3d. Om van een hoogtemodel naar een 3D-model te komen dat printbaar en stevig genoeg is en dat de juiste kleurwaarden heeft, zijn enkele stappen nodig. Voor deze

modellen is dit gedaan door rasterdata in .tif formaat om te zetten naar een 3D-bestand in .stl-formaat in het softwareprogramma MatLab, en vervolgens te bewerken in het open source 3D-modelleerprogramma Blender. Het oorspronkelijke .tif bestand is gemaakt door LiDAR-puntenwolken die beschikbaar zijn gesteld door het Land Vorarlberg<sup>2</sup> door middel van Mosaic Datasets in ArcMap 10 om te zetten in een .tif-raster. Hiervan zijn een groter gebied van 4 bij 4,5 km en een kleiner gebiedje van 230 bij 220 m geclipt. Het grotere gebied is een dal nabij het dorp Au in Vorarlberg (Oostenrijk), waarvan een geologische kaart (Geologische Bundesanstalt, 2007<sup>3</sup>) beschikbaar is. Het kleinere gebied toont een omvangrijke puinstroom (Engels: 'debris flow'), ook nabij Au, op een orthofotokaart uit 2009, ook beschikbaar gesteld door het Land Vorarlberg<sup>4</sup>. De locaties van beide modellen zijn afgebeeld in figuur 4.



Figuur 4) Kaart van de locaties van beide 3D-modellen. Model Geologie: zie fig. 2, model Puinstroom: zie fig. 3.

Tijdens het ontwikkelen van de 3D-modellen moest rekening worden gehouden met zowel de resolutie van de LiDAR-dataset, als de kleinste printbare resolutie van de 3D-printer. Er is voor gekozen de modellen te laten printen door 3D-printbedrijf Shapeways<sup>5</sup>, wiens Z-Corp 3D-

<sup>2</sup> [www.vorarlberg.at/](http://www.vorarlberg.at/)

<sup>3</sup> [www.geologie.ac.at/](http://www.geologie.ac.at/)

<sup>4</sup> [www.vorarlberg.at/](http://www.vorarlberg.at/)

<sup>5</sup> [www.shapeways.com](http://www.shapeways.com)

printers een hoogste resolutie van 0,4 mm hebben voor details op het oppervlak van het model. Het model moest ook een minimale dikte (2 à 3 mm) hebben om niet te breken. Daarnaast is er beperkt ruimte binnen de 3D-printer waardoor geprinte modellen niet groter kunnen zijn dan 25 bij 38 cm, met een maximale hoogte van 20 cm.

De LiDAR-datasets die zijn gebruikt voor de modellen hebben een gemiddelde punt dichtheid van 0,28m voor terreinreflecties (ground returns). Om grove interpolaties te voorkomen is hieruit met de Mosaic Dataset toolbox<sup>6</sup> in ArcMap 10.2.2 een digitaal terreinmodel (DTM) geïnterpoleerd met een resolutie van 1 bij 1m. Omdat het DTM zo gedetailleerd is, en 3D-printers zulke fijne details kunnen printen, is het mogelijk om zelfs kleine landschappelijke elementen uit een digitaal hoogtemodel op hoge resolutie in 3D te printen. Echter, een 3D-model heeft een beperkt formaat, en voor schaalmodellen van grotere gebieden zal dus het uiteindelijke model minder detail vertonen dan theoretisch mogelijk is met de op LiDAR gebaseerde DTM. Voor de producten die ontwikkeld zijn voor de UvA GIS-studio is ervoor gekozen een print te maken van een groter gebied (het model met een overlay van geologische eenheden, het 'Model Geologie', zie fig. 2) en een model van een aardwetenschappelijk interessant fenomeen in detail (het 'Model Puinstroom', zie fig. 3).

## Eindproducten

De eindproducten zijn - meteen bij de eerste poging - beide geheel intact uit de 3D-printer gekomen. Het verwerken van de modellen door 3D-printbedrijf Shapeways nam, inclusief verzending van de modellen vanuit Amerika, 17 dagen in beslag. De enige kleine complicaties waren dat in het geologische model de topjes van de bergruggen hier en daar afgevlakt waren, omdat deze anders te fragiel zouden zijn geworden om te 3D-printen. Ook is er in het geologische model een aantal kleine kleurverschillen opgetreden, wat te wijten is aan het zeer hoge detail in reliëf in dit model. De modellen zullen worden gebruikt als demonstratiemateriaal voor de GIS-studio en kunnen worden ingezet als ondersteunend materiaal tijdens lezingen, cursussen en veldwerk. Daarnaast is een tutorial ontwikkeld voor het maken van 3D-geprinte modellen vanuit digitale hoogtemodellen, welke op aanvraag beschikbaar gesteld kan worden door de auteurs.

## Nieuwe ontwikkelingen

Het 3D-printen van landschappen is tot dusver beperkt tot het maken van schaalmodellen voor hobbyisten. Wij voorzien een belangrijke rol voor 3D-printen in het bestuderen van allerlei - al dan niet aardwetenschappelijke - fenomenen in een tastbare driedimensionale setting. 3D-printen kan worden gebruikt om demonstratiemodellen te maken van wetenschappelijke testopstellingen, schaalmodellen van nieuw te ontwikkelen producten, voor het maken van maquettes, enzovoort. Verdere voordelen van 3D-visualisaties (t.o.v. 2D-afbeeldingen) zijn het interpreteren van moeilijk bereikbare terreinen en het visualiseren van land cover scenario's op het terrein. Ook hebben geprinte 3D-modellen duidelijke voordelen t.o.v. bijvoorbeeld digitale 3D-modellen: je kunt de modellen meenemen naar plaatsen waar je geen IT-voorzieningen hebt, je kunt ze rond laten gaan in een (college-)zaal, en ze zijn tastbaar, wat in het voordeel werkt van mensen met een visuele beperking. Specifiek binnen de aardwetenschappen kan het, zoals hier gedemonstreerd, worden toegepast om modellen te maken van landschappen en processen aan het aardoppervlak. Dit kan in steeds meer detail

---

<sup>6</sup> <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-a-mosaic-dataset.htm>

naarmate gedetailleerdere hoogtemodellen in 3D kunnen worden geprint met technieken als LiDAR. Esri Nederland kan een bijdrage leveren aan deze ontwikkelingen door het aanbieden van een mogelijkheid tot conversie naar de meest gebruikte 3D-bestandsextensies (zoals .stl, .obj en .x3d) in de ArcGIS-suite. Het zou best kunnen dat 3D in de toekomst de norm wordt. Zo zijn er al ontwikkelingen gaande op het gebied van 3D-monitors.