

Een geavanceerd 3D-kadastermodel toegepast op volumepercelen

Jantien Stoter¹, Peter van Oosterom² en Hendrik Ploeger²

¹ ITC, Enschede

² OTB, TU Delft

1. Inleiding

In veel kadastrale registraties is het perceel, dat begrensd is door middel van tweedimensionale perceelsgrenzen, de basiseenheid voor de registratie van vastgoed. Het recht op een perceel geeft het recht om het gehele volume boven en onder het perceel te gebruiken. Een eigendomsrecht op een 2D-perceel (tweedimensionaal) is dus eigenlijk een 3D-eigendom (driedimensionaal). Zolang er zich slechts één gebruiker op een perceel bevindt die de (volle) beschikking heeft, is de huidige kadastrale registratie met zijn 2D-kaart zeer goed in staat om inzicht te verschaffen in de eigendomssituatie. Problemen doen zich echter voor in 3D-eigendomssituaties. Met een 3D-eigendomssituatie wordt bedoeld dat verschillende personen rechten hebben op ruimtes boven en onder elkaar. Deze ruimtes kunnen volledig binnen één perceel vallen (bijvoorbeeld een winkel in een appartementencomplex), maar het kan ook zijn dat de gestapelde en in elkaar grijpende ruimtes perceelsgrenzen overschrijden (bijvoorbeeld in het geval van een tunnel).

Het vastleggen van 3D-situaties in traditionele kadastrale registraties stuit over de gehele wereld op problemen. Op welke manier deze problemen worden opgelost, is sterk afhankelijk van de heersende juridische doctrine en het kadastrale registratiesysteem in het betreffende land.

Zo is in Nederland zowel in kadastrale als in juridische zin eigendom altijd sterk gerelateerd aan land (oppervlak). Rechten op vastgoed kunnen alleen maar gevestigd en geregistreerd worden door middel van de doorsneden grondpercelen. Er zijn echter ook landen, zoals in dit artikel zal worden beschreven, die reeds de mogelijkheid hebben om volumepercelen te vormen die niet langer gerelateerd zijn aan de grondpercelen.

In het 3D-kadasteronderzoek (Stoter, 2004) zijn een aantal conceptuele modellen ontwikkeld om tegemoet te komen aan de beperkingen van de huidige kadastrale registratie bij het registreren van 3D-eigendommen. Het model dat de beste potenties liet zien voor de lange termijn was het 'volledige 3D-kadaster'. Hierbij is de basiseenheid voor registratie niet langer een 2D-perceel maar een 3D-perceel. Om

dit model te evalueren hebben we dit model vergeleken met kadastrale registraties in een aantal landen die al in staat zijn om volume-eigendommen te vestigen en daarmee percelen te vormen: Noorwegen, Zweden, Queensland (Australië) en British Columbia (Canada).

In sectie 2 wordt het door ons geïntroduceerde volledige 3D-kadastermodel toegelicht. In sectie 3 worden de volumepercelen zoals die reeds praktijk zijn in een aantal landen toegelicht. In sectie 4 passen we het door ons geïntroduceerde conceptuele model toe op een casestudie in Queensland (Australië), om te laten zien hoe ons model ook in reeds meer geavanceerde kadastrale registraties de 3D-registratie kan verbeteren. Dit artikel sluit af met conclusies.

2. Conceptueel model voor een volledig 3D-kadaster

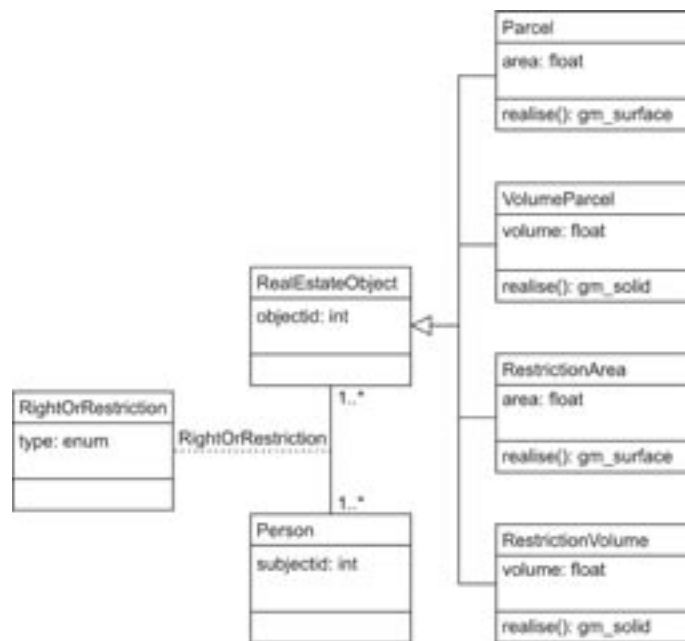
In een volledig 3D-kadaster is de ruimte opgedeeld in 3D-(volume)percelen. De wettelijke basis, vastgoedtransacties en de kadastrale registratie zal de vestiging van 3D-rechten die expliciet betrekking hebben op een volume mogelijk moeten maken. Vastgoedobjecten zijn expliciet gedefinieerd in 3D en rechten en objectbelemmeringen hebben betrekking op volumes. In het volledige 3D-kadaster hebben we twee alternatieven onderscheiden:

Alternatief 1: Combinatie van niet-gesloten (zowel onder als boven) perceelskolommen, volumepercelen en restpercelen die overblijven nadat er een volumeperceel binnen de perceelskolom is gevestigd. De niet-gesloten perceelskolommen zijn in 2D afgebakend door traditionele perceelsgrenzen en zijn dus eigenlijk gelijk aan de traditionele 2D-percelen met maar één gebruiker.

Alternatief 2: Slechts één type perceel wordt ondersteund: een perceel dat volledig gedefinieerd wordt in 3D. Men kan alleen rechten op een afgebakende ruimte krijgen en niet langer op een niet-gesloten perceelskolom (afgebakend door 2D-perceelsgrenzen).

Omdat de 2D-grenzen nog steeds in veel gevallen voldoen en omdat een conversie van de huidige kadastrale registratie naar een kadaster dat alleen maar afgesloten 3D-percelen ondersteunt, veel complicaties zal opleveren (niet alleen in technische zin, maar ook in juridische zin) is besloten om in dit onderzoek verder te focussen op het eerste alternatief van een volledig 3D-kadaster. In dit alternatief kunnen de situaties waarin 2D-percelen nog steeds voldoen, grotendeels onveranderd blijven. In de gevallen waar het wel nodig is, kan het 2D-concept losgelaten worden. Dit biedt nieuwe mogelijkheden. Het kadastrale registratieobject krijgt namelijk een bredere betekenis. Het kan ook een beschrijving van een oppervlak of ruimte zijn dat niet noodzakelijkerwijs met een eigendomsbegrenzing samenvalt, bijvoorbeeld een bodemvervuilingzone (FIG, 1998). Het kadastrale registratieobject (RealEstate-Object) kan in dit model een van de volgende zaken zijn (zie figuur 1):

- perceel ('Parcel'), een volledige perceelskolom (niet-gesloten) of een perceelskolom waar een volumeperceel 'van afgetrokken' is;
- volumeperceel ('VolumeParcel'), volledig begrensd in 3D;
- 'RestrictionAreas', een oppervlakte waarop een belemmering rust (alleen gedefinieerd in 2D);
- 'RestrictionVolumes', een volume waarop een belemmering rust (alleen gedefinieerd in 3D).



Figuur 1. UML-klassediagram van een volledig 3D-kadaster dat zowel volumepercelen als niet-gesloten perceelskolommen ondersteunt.

Om de grondpercelen die gedefinieerd zijn met perceelsgrenzen op het oppervlak te kunnen combineren met volumepercelen, zullen de 2D-percelen in 2.5D gepresenteerd moeten worden. De volledige collectie van 2.5D-percelen vormt een partitie (niet overlappende opdeling van het domein). Dit is een belangrijk concept in de kadastrale registratie om inconsistenties in de kadastrale registratie te voorkomen. Een volumeperceel kan verschillende grondpercelen doorsnijden. Volumepercelen kunnen elkaar niet overlappen. RestrictionAreas kunnen daarentegen wel andere RestrictionAreas of percelen doorsnijden, bijvoorbeeld een bodembeschermingszone hoeft niet per se samen te vallen met een bosbeschermingszone. Om dezelfde reden kunnen RestrictionVolumes elkaar als ook volumepercelen overlappen.

Om al deze objecten te kunnen registreren, moeten alle inschrijvingen gepaard gaan met een veldwerk dat duidelijk aangeeft op welke ruimte het betreffende RealEstateObject betrekking heeft. Deze 3D-informatie kan vervolgens worden ingevoerd in het geografische gedeelte van de kadastrale registratie (LKI (Landmeetkundig en Kartografisch Informatiesysteem) in Nederland met coördinaten in RD (Rijksdriehoeksmeting) en NAP (Normaal Amsterdams Peil)), welke een mix zal zijn tussen 2.5D- en 3D-objecten. Uiteindelijk zullen er regels vastgelegd moeten worden die het hele proces van 3D-inwinning naar invoering in 2D, 2.5D en 3D in de kadastrale registratie stroomlijnen.

3. 3D-kadastrale registraties in het buitenland

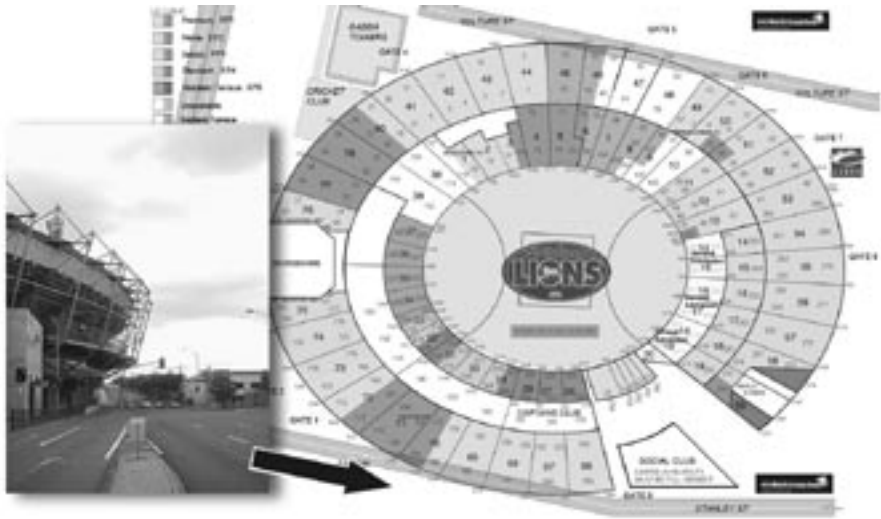
In het buitenland zijn reeds enkele voorbeelden gevonden van de mogelijkheid om volumepercelen te vormen die niet langer gerelateerd zijn aan de grondpercelen: '3D construction property' in Noorwegen (vanaf 2006, Onsrud, 2003) en Zweden (vanaf 1 januari 2004, Mattsson, 2003), 'air-space parcels' in British Columbia (mogelijk sinds eind jaren 1990, Gerremo en Hansson, 2001) en 'volumetric parcels' in Queensland (mogelijk sinds 1997). Deze oplossingen van volumepercelen zijn niet hetzelfde in de verschillende landen:

- De 'footprints' van de volumepercelen moeten binnen één perceel liggen (British Columbia) of niet (Noorwegen, Zweden en Queensland).
- De volumepercelen moeten gerelateerd zijn aan gebouwde constructies, 'lege' percelen of percelen die groter zijn dan de constructie zijn dus niet toegestaan Noorwegen en Zweden). In Queensland en British Columbia daarentegen kunnen volumepercelen worden ingeschreven die niet gerelateerd zijn aan of begrensd zijn door een constructie.
- De volumepercelen moeten nauwkeurig beschreven worden in 3D-velddwerken (British Columbia en Queensland) of niet (Noorwegen en Zweden).

3.1 Casestudie uit Queensland

Om de mogelijkheden en beperkingen van deze oplossingen voor een 3D-kadastrale registratie te laten zien, zal een casestudie uit Queensland worden beschreven waarbij volumepercelen zijn gevestigd. Het gaat om volumepercelen die zijn gevestigd voor het Gabba Cricket Stadion in Brisbane. Dit stadion overlapt twee straten: Vulture Street in het noorden en Stanley Street in het zuiden (zie figuur 2).

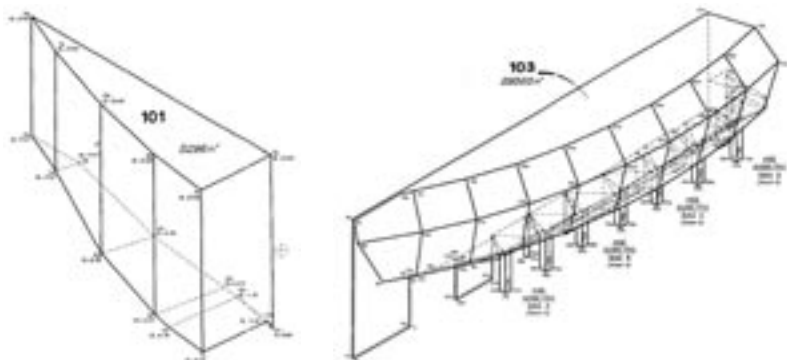
Voor het cricketstadion zijn drie volumepercelen gevestigd: voor de doorsnijding met Vulture Street een 'stratum'-perceel 100 (dat voor 1997 gebruikt werd om een 3D-perceel te vormen) en een 'volumetric'-perceel 101, en voor de doorsnijding met Stanley Street een 'volumetric'-perceel 103. De aktes waarin de betreffende percelen zijn gevestigd bevatten zeer gedetailleerde 3D-informatie zoals dat is



Figuur 2. Overzicht van het Gabba Cricket Stadion (waar overigens ook Australian Football wordt gespeeld) dat zowel in het noorden als in het zuiden een straat overlapt.

voorgeschreven in de wet (Queensland Government, 2003): in het geval van een stratum-perceel zijn dwarsdoorsneden verplicht en in het geval van volumetric-percelen zijn 3D-aanzichten verplicht (zie figuur 3 voor de percelen 101 en 103). Alle benodigde coördinaten zijn vastgelegd door middel van polaire coördinaten en z-coördinaten gedefinieerd in het Australische hoogtenetwerk.

De footprints van de percelen worden ingevoerd in de kadastrale basiskaart. Deze basiskaart vormt een planaire partitie waar de footprints geen deel van uitmaken. Figuur 4 (a) laat de kadastrale basiskaart zien met de footprints van de volumepercelen (en de geometrie van erfdiensbaarheden) en figuur 4 (b) laat de kadas-



Figuur 3. Voorbeelden van 3D-aanzichten die verplicht zijn in de aktes die een volumeperceel vormen (perceel 101 en 103).

trale basiskaart zien zonder de footprints van percelen 100, 101 en 103 (en ook zonder de geometrie van erfdiensbaarheden). Deze figuur laat duidelijk zien dat de footprints geen onderdeel uit maken van de planaire partitie van de kadastrale basiskaart. En ook dat een volumeperceel meerdere percelen kan doorsnijden. Bijvoorbeeld perceel 100 doorsnijdt twee percelen van de basiskaart.



Figuur 4. Kadastrale kaart met (a) en zonder (b) footprints van de 3D-percelen 100, 101 en 103 (en met en zonder de geometrie van erfdiensbaarheden).

Dit voorbeeld laat de potenties zien van kadastrale registraties in landen waar het reeds mogelijk is om volumepercelen te vormen. Op dit moment is de kadastrale kaart in Queensland echter nog 2D en kunnen de volumepercelen hier niet direct in worden opgenomen. Hoe de 3D-informatie die deel uitmaakt van 3D-veldwerken en van tekeningen die aan de aktes worden toegevoegd kan worden gebruikt om een volledig 3D-kadaster te bewerkstelligen, zal getoond worden in sectie 4.

3.2 Huidige volumepercelen geschikt voor een volledig 3D-kadaster?

In Noorwegen, Zweden, Queensland en British Columbia is het dus reeds mogelijk (of zal het spoedig mogelijk worden) om volumepercelen te vormen die niet langer gerelateerd zijn aan grondpercelen. Echter geen van deze oplossingen biedt een complete oplossing voor een 3D-kadastrale registratie. Allereerst wordt er in geen van de gevallen een digitale 3D-beschrijving in vectorformaat van het volumeperceel opgeslagen (alleen maar gescande of analoge tekeningen). Daardoor kan de situatie niet interactief worden bekeken (wat soms erg verhelderend kan zijn in het geval van complexe volumepercelen zoals perceel 103 in figuur 3). Bovendien kan de geometrie van het volumeperceel niet worden gecontroleerd (is het volumeperceel gesloten, wat is het volume van het perceel). Ten tweede wordt de 3D-geometrie niet toegevoegd aan de kadastrale geografische dataset waardoor het nog steeds niet mogelijk is de situatie in 3D te analyseren en te bevragen. De technische aspecten van een 3D-kadaster zijn in deze gevallen dus niet opgelost: hoe kun je

volumepercelen in 3D opslaan, bevragen en visualiseren in combinatie met de 2D-percelen en hoe voorkom je dat twee volumepercelen elkaar niet overlappen (de eis dat 2D-percelen elkaar niet mogen overlappen is een belangrijke voorwaarde voor een consistente 2D-kadastrale registratie).

Om ons conceptuele model, dat wel tegemoet komt aan de technische aspecten van een 3D-kadaster, te evalueren en om de potenties te laten zien van landen waarin het juridisch reeds mogelijk is volumepercelen te registreren, zal in de volgende sectie ons conceptuele model van een volledig 3D-kadaster worden toegepast op de casestudie in Queensland.

4. Geavanceerd 3D-kadaster-model toegepast op volumepercelen

In het 3D-kadasteronderzoek is het technische kader voor de voorgestelde conceptuele modellen geïmplementeerd in prototypes. Het prototype van het volledige 3D-kadaster is vervolgens toegepast op de casestudie van Queensland. Voor deze casestudie hebben we de 3D-informatie die beschikbaar is in de 3D-veldwerken voor de percelen 100 en 101 geconverteerd naar geometrische en topologische beschrijvingen, gedefinieerd binnen een globaal coördinatenstelsel, en deze ingevoerd in de ruimtelijke database. Daarvoor zijn de volgende stappen ondernomen:

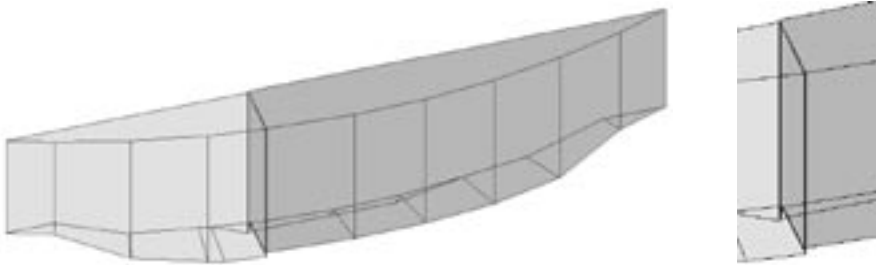
1. De informatie op de veldwerken is vereffend en geconverteerd naar globale kaartcoördinaten.
2. De 'faces' zijn gereconstrueerd door middel van de referenties naar de 'nodes'.
3. Deze ruimtelijke informatie is ingevoerd in de DBMS (Data Base Management System) in zowel een topologische datastructuur (Simplified Spatial Model, Zlatanova, 2000) als een geometrische datastructuur (een polyhedronprimitieve zoals gedefinieerd in Arens, Stoter en Van Oosterom, 2003 en Stoter en Van Oosterom, 2002).

Na deze stappen kunnen de volumepercelen worden gevisualiseerd en bevroegd in een geïntegreerde view, wat veel voordelen biedt boven de huidige registratie (figuur 5). Nu is het bijvoorbeeld mogelijk om te zien (of te berekenen) of twee volumepercelen elkaar overlappen. In dit geval komen de twee aangrenzende vlakken niet geheel overeen (figuur 5 b). Dit zou op een fout (of tenminste op een minder gewenste situatie) kunnen duiden.

Nu de volumepercelen in een geometrische beschrijving in de DBMS aanwezig zijn, kunnen de volumepercelen worden bevroegd met behulp van de 3D-functies die als onderdeel van het 3D-kadasteronderzoek zijn geïmplementeerd:

```
/* validatie van volumepercelen */
```

```
select bid, validate_polyhedron(return_polyhedron(shape), 0.5)
```



Figuur 5. (a) Visualisatie van volumepercelen die zijn opgeslagen in de DBMS. (b) Zoom-in laat zien dat de twee aangrenzende vlakken niet geheel op elkaar aansluiten.

```

validate from qld_3Dgeom;

BID    VALIDATE
----  -
100    True
101    True

/* volume berekening van volumepercelen */

select bid, volume(return_polyhedron(shape)) volume from qld_
3Dgeom;

BID    VOLUME
----  -
100    12725.1989
101    5329.18583

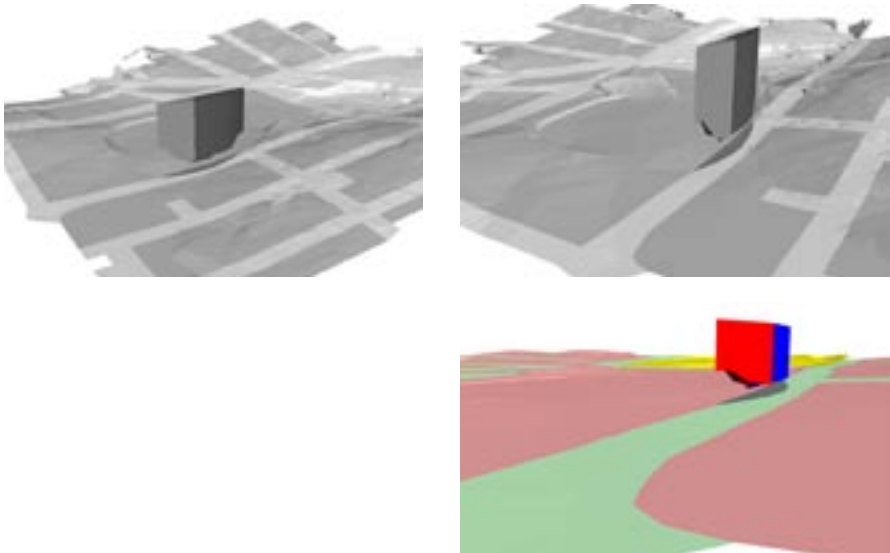
/* controle of twee volumepercelen elkaar intersecten (1=TRUE and
0=FALSE) */

select intersection(
(select return_polyhedron(shape) from robject3dql where bid=100),
(select return_polyhedron(shape) from robject3dql where bid=101),
0.01) intersect
from dual;

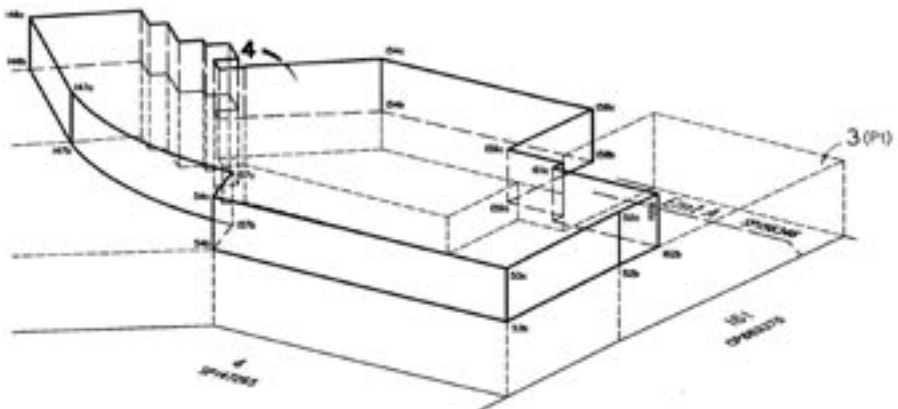
INTERSECT
-----
1

```


Om de 3D-geometrie van volumepercelen te kunnen combineren met grondpercelen is een 2.5D-representatie van de percelen nodig. Daarom is een 'conformal TIN' (Triangular Irregular Network) gegenereerd waarbij de partitie van de kadastrale basiskaart onderdeel uitmaakt van het TIN (Stoter, Penninga en Van Oosterom, 2004). Figuur 6 laat het resultaat zien.



Figuur 6. Visualisatie van volumepercelen geïntegreerd met de 2.5D-kadastralebasiskaart.



Figuur 7. Complex volumeperceel.

5. Conclusies

De experimenten met het prototype laten zien dat het eerste alternatief van het volledige 3D-kadaster goede mogelijkheden biedt om de werkelijke eigendomssituatie in 3D vast te leggen, te visualiseren, te bevragen en te analyseren. In dit prototype zijn de juridische, organisatorische en technische aspecten van een 3D-kadaster op een fundamenteel niveau aangepakt.

De belangrijkste verbeteringen van deze oplossing zijn dat de werkelijke eigendomssituatie niet langer wordt geprojecteerd op het oppervlak, dat personen op een logische manier een recht op een ruimte kunnen krijgen in plaats van deze personen een recht op de doorsneden percelen te geven en dat de ruimte van een eigendom nauwkeurig wordt beschreven in een 3D-veldwerk waardoor 3D-eigendommen uniform worden vastgelegd. Daarnaast biedt het volledige 3D-kadaster ook verbeteringen voor kadastrale registraties die al in staat zijn om volumepercelen te vormen, omdat in het voorgestelde prototype de 3D-beschrijving van de volumepercelen in vectorformaat beschikbaar is en omdat deze 3D-beschrijvingen worden geïntegreerd met de kadastrale registratie. Er zijn nog wel aspecten die nader onderzoek vergen, bijvoorbeeld hoe kunnen volumepercelen die gedefinieerd zijn door middel van een complexe geometrie, zoals getoond in figuur 7, worden gedefinieerd in de DBMS welke op dit moment alleen een polyhedron-primitieve ondersteunt (slechts bestaande uit platte vlakken, waarbij gekromde vlakken niet worden ondersteund).

Door middel van het door ons voorgestelde en geïmplementeerde model zijn de belangrijkste randvoorwaarden ingevuld om een volledig 3D-kadaster te vestigen binnen bestaande (of toekomstige) juridische, kadastrale en technische kaders. Er zijn echter nog veel technische beperkingen weg te nemen voordat er commerciële tools beschikbaar zijn die nodig zijn om het volledige 3D-kadaster, operationeel binnen een geo-informatie infrastructuur, te kunnen ondersteunen. Daarnaast zullen ook nog veel juridische en kadastrale issues aangepakt moeten worden voordat fundamentele stappen gemaakt kunnen worden in de richting van het voorgestelde volledige 3D-kadaster, in ieder geval in Nederland.

Dankwoord

We willen Rod Thompson (van Queensland Government, Department of Natural Resources, Mines and Energy) bedanken voor de datasets (met bijbehorende toelichtingen) die nodig waren om de casestudie in Queensland te kunnen uitvoeren.