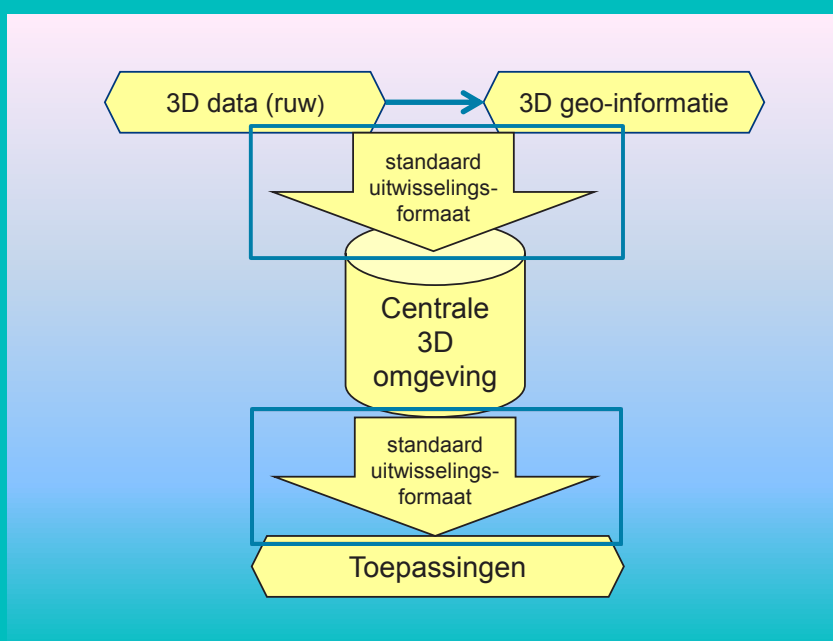


3D Pilot

Eindrapport werkgroep 3D Standaard NL

Leon van Berlo, Linda van den Brink,
Marcel Reuvers, Jantien Stoter, Sisi Zlatanova



3D Pilot

Eindrapport werkgroep 3D Standaard NL

Leon van Berlo, Linda van den Brink,
Marcel Reuvers, Jantien Stoter, Sisi Zlatanova



Leon van Berlo, TNO
Linda van den Brink, Geonovum
Marcel Reuvers, Geonovum
Jantien Stoter, Kadaster, Geonovum, TU Delft
Sisi Zlatanova, OTB TU Delft

3D Pilot. Eindrapport werkgroep 3D Standaard NL
Leon van Berlo, Linda van den Brink, Marcel Reuvers, Jantien Stoter, Sisi Zlatanova
Nederlandse Commissie voor Geodesie, Netherlands Geodetic Commission 52, 2011
ISBN: 978 90 6132 331 0

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. 3D standaarden	5
3.1 GML	5
3.2 CityGML	5
3.3 BIM/IFC	5
3.4 2D (NL) standaarden	6
3.5 KML/Collada	8
3.6 Overigen	8
3.7 Vergelijking (matrix)	8
3.8 Conclusie	10
4. Introductie CityGML	11
4.1 Relevante karakteristieken van de OGC standaard CityGML	11
4.1.1 Modularisatie van CityGML	11
4.1.2 Multischaal: vijf Levels of Detail	13
4.1.3 ClosureSurfaces	13
4.1.4 Terrain Intersection Curves	13
4.1.5 External references	13
4.1.6 Codelijsten	13
4.1.7 Implicit representations	14
4.1.8 Uitbreiden van het generieke model CityGML	14
4.2 Relevante CityGML klassen	15
4.3 CityGML als uitgangspunt voor 3D standaarden NL	17
5. Globale mapping informatiemodellen – CityGML	19
5.1 Werkwijze van mappings	19
5.2 IMOOV	20
5.2.1 Inleiding	20
5.2.2 Mapping van Digitale Bereikbaarheidskaart en brandkraangegevens	20
5.2.3 Conclusie	23
5.3 IMKL	23
5.3.1 Inleiding	23
5.3.2 Mapping van kabels en leidingen	23
5.3.3 Conclusie	25
5.4 IMRO	25
5.4.1 Inleiding	25
5.4.2 Mapping van Informatiemodel Ruimtelijke Ordening	25
5.4.3 Conclusie	26
5.5 IMKICH	26
5.5.1 Inleiding	26
5.5.2 Mapping van cultuurhistorische objecten	26
5.5.3 Conclusie	27
5.6 IMKAD	27
5.6.1 Inleiding	27
5.6.2 Mapping van objecttypen uit het Informatiemodel Kadaster	27
5.6.3 Conclusie	29

5.7	IMWA	29
	5.7.1 Inleiding	29
	5.7.2 Mapping van water objecttypen	30
	5.7.3 Conclusie	34
5.8	IMNAB	34
	5.8.1 Inleiding	34
	5.8.2 Mapping van Natuurbeheer objecttypen	34
	5.8.3 Conclusie	35
5.9	Samenvatting	35
6. Integratie CityGML en IMGeo		37
6.1	Mapping van IMGeo concepten naar CityGML	37
6.2	Basisprincipes CityGML-IMGeo	38
	6.2.1 3D IMGeo als CityGML implementatie	38
	6.2.2 CityGML uitbreiding niet als ADE	38
	6.2.3 Hergebruik van CityGML concepten	38
	6.2.4 Nadere afspraken over CityGML klassen en gebruik van LOD's	39
	6.2.5 Topologische structuur van LOD0 representaties op maaiveldniveau	40
	6.2.6 RelatieveHoogteligging gerealiseerd in CityGML-IMGeo	41
	6.2.7 Referentiesysteem	42
6.3	DTB en 3D IMGeo	42
6.4	3D Top10NL	42
7. Requirements vanuit de use cases		45
7.1	3D standaard voor voxels	45
8. Wijzigingsvoorstellen voor OGC CityGML standaard		47
8.1	Duidelijkere definities	47
8.2	Gebruik van codelijsten	47
8.3	Nauwkeurigheid vereisten van LOD's duidelijker maken	47
8.4	Betere richtlijnen voor CityGML uitbreiding	47
8.5	Alle CityGML klassen moeten een LOD0 representatie hebben	47
8.6	Wijziging voor Land Use I	47
8.7	Wijziging voor Land Use II	47
8.8	Klasse OtherConstruction toevoegen	48
8.9	Klasse(n) voor voxels toevoegen	48
9. Conclusies en aanbevelingen		49
9.1	Conclusies	49
9.2	Aanbevelingen	50
Bijlagen		53
	Bijlage I. Mapping tussen IMGeo Terreindeel en CityGML LandUse	53
	Bijlage II. Voorbeelden van 2.5D topologische modellering voor topografie, Rijkswaterstaat	55
	Bijlage III. Voorbeelden van 2.5D topologische modellering voor topografie, provincie Noord-Brabant	57

1. Samenvatting

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

De werkgroep 3D Standaard NL heeft zich, zoals de naam van de werkgroep al aanduidt, beziggehouden met het formuleren van aanbevelingen over de vraag welke 3D standaard(en) voor Nederland benodigd is/zijn.

De eerste ervaringen in de 3D Pilot toonden al snel de noodzaak van een 3D geo-informatie standaard aan die aansluit op het Nederlandse standaardenstelsel en tevens op internationale 3D standaarden.

Na een vergelijk van de belangrijkste 3D GIS en CAD standaarden (DXF, SHP, VRML, X3D, KML, Collada, IFC, CityGML en 3D PDF) bleek dat de OGC standaard CityGML het beste uitgangspunt is voor de 3D Standaard NL. CityGML biedt de beste ondersteuning voor wat betreft semantiek, objecten, attributen, georeferentie en gebruik via het Web.

De OGC standaard CityGML vindt zijn oorsprong in de universitaire wereld in Duitsland (Bonn, TU Berlijn) en wordt veelal gezien als een uitwisselingsformaat. Maar het is ook – en vooral – een informatiemodel voor de representatie van ruimtelijke objecten in een stedelijke omgeving. Het maakt op geometrisch en op semantisch niveau een onderscheid tussen thematische gebieden (gebouwen, vegetatie, water, terrein, etc.), maar doet dit ook – per object – op verschillende schaalniveaus. Een gebouwobject kan daarbij variëren van een eenvoudig blokmodel (LOD1), met dakvormen (LOD2), met ramen, deuren en andere exterieurkenmerken (LOD3), tot een volledig uitgewerkt interieurmodel (LOD4) al dan niet voorzien van textuurinformatie.

In het begin van de pilot was er veel reserve om CityGML als standaard te gebruiken. De standaard is generiek, kent geen objectdefinities, en ondersteunt geen complexe geometrieën zoals gebruikt in het CAD domein. Andere problemen zijn de focus op bovengrondse objecten, onduidelijkheid over wanneer welk LOD toe te passen, het ontbreken van relaties tussen de LOD's en het ontbreken van ondersteuning voor geometrie validatie. Daarnaast is er weinig ondersteuning voor CityGML in de commerciële GIS systemen, alhoewel deze ondersteuning in de loop van de pilot verbeterd is.

Aan het einde van de pilot werd evenwel duidelijk dat, ondanks deze tekortkomingen, de aansluiting op deze standaard interoperabiliteit garandeert: dat wil zeggen als 'onze' data wordt gecodeerd volgens CityGML, dan komt deze data beschikbaar voor CityGML clients.

Ook andere landen zoeken voor hun 3D modellering aansluiting bij CityGML. Een voorbeeld is het 'UTDS-CityGML Implementation Profile' voor Urban Topographic Data Store in de USA. Daarnaast werkt Duitsland aan een 3D uitbreiding van het ALKIS model op basis van CityGML. Tenslotte wordt ook voor de INSPIRE specificaties voor Building (INSPIRE Annex 3) de aansluiting gezocht met CityGML.

Na de beslissing om CityGML als standaard te gebruiken voor de standaardisatie van 3D geo-informatie in Nederland, is de volgende stap het vaststellen van een CityGML-NL implementatieprofiel waarin de afspraken over hoe CityGML in Nederland gebruikt dient te worden, nader vastgelegd worden. Deze afspraken lossen ook een aantal van bovengenoemde tekortkomingen op.

Het principe bij een CityGML-NL profiel is dat de bestaande CityGML concepten zoveel mogelijk worden hergebruikt en worden uitgebreid met extra klassen, attributen en attribuutwaarden alsook met afspraken over hoe de CityGML concepten precies toegepast zullen gaan worden.

Er is daarom allereerst gekeken op welke wijze de concepten, gemodelleerd in de Nederlandse Informatie Modellen, overeenkomen met CityGML concepten hetgeen ook wel het 'mappen' van concepten wordt genoemd. In deze mappings is gekeken naar:

- Informatiemodel Openbare Orde en Veiligheid (IMOOV);
- Informatiemodel Kabels en Leidingen (IMKL);
- Informatiemodel Ruimtelijke Ordening (IMRO);

- Informatiemodel KennisInfrastructuur CultuurHistorie (IMKICH);
- Informatiemodel Kadaster (IMKAD);
- Informatiemodel Water (IMWA);
- Informatiemodel Natuurbeheer (IMNAB).

Voor een 3D basis dataset (nodig voor referentie) is specifiek gekeken naar het Informatiemodel Geografie (IMGeo). Om te onderzoeken wat de impact is voor IMGeo om CityGML te kunnen ondersteunen is een CityGML implementatieprofiel-IMGeo uitgewerkt. In dit implementatieprofiel zijn de afspraken vastgelegd voor het modelleren van grootschalige topografie in 3D. Naast specifieke IMGeo aspecten, bevat dit implementatieprofiel ook aspecten die voor het generieke CityGML-NL profiel van belang zijn. Dit geldt ook voor de use case waar geologische data zijn gebruikt. Deze exercitie heeft ook geleid tot wijzigingsvoorstellen voor CityGML.

Aan het einde van de 3D Pilot heeft de werkgroep voorstellen gedaan op het gebied van 3D standaarden voor Nederland.

2. Inleiding

Dit hoofdstuk geeft de inleiding op het rapport met een leeswijzer.

2.1 Inleiding

Dit rapport is de eindrapportage van een van de vier 3D Pilot activiteiten: 3D Standaard NL.

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 60 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, variërend van 3D data-inwinning, definitie van 3D standaarden, beheer van 3D data en 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. Een vijfde rapport bevat de management samenvatting van de gehele 3D Pilot.

Dit specifieke rapport beschrijft de studie en bevindingen van de 3D Pilot activiteit welke erop was gericht om aanbevelingen te formuleren voor een 3D standaard NL. Deze studie heeft ook gebruik gemaakt van de ervaringen uit de andere activiteiten.

2.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 3 worden de verschillende 3D standaarden met het bijbehorende toepassingsgebied beschreven. Aan het einde van dit hoofdstuk vindt een vergelijking van de 3D standaarden plaats met als conclusie dat CityGML de beste potentie heeft om als 3D standaard voor Nederland te gaan gelden. Op basis van deze conclusie wordt in hoofdstuk 4 CityGML als standaard uitgebreid besproken. De klassen, attributen, codelijsten, verschillende LOD, etc. komen hierbij aan bod. In hoofdstuk 5 is een vergelijk tussen de geografische objecten van de 2D informatiemodellen uit de NEN 3610 piramide en CityGML gemaakt. In hoofdstuk 6 vindt dit vergelijk in meer detail plaats voor IMGeo en de TOP10NL. Deze informatiemodellen staan door het gebruik van topografie veel dichterbij CityGML dan de andere informatiemodellen uit hoofdstuk 5. In hoofdstuk 7 worden de relevante behoeften voor de 3D standaard vanuit de use cases beschreven. Hoofdstuk 8 beschrijft de wijzigingsvoorstellen voor CityGML die vanuit de projectgroep 3D Pilot bij OGC later dit jaar zullen worden ingediend. In hoofdstuk 9 staan tenslotte de conclusies en aanbevelingen. De bijlagen geven meer achtergrond bij hoofdstuk 6.

3. 3D standaarden

Om aanbevelingen te kunnen formuleren voor een 3D Standaard NL, is het van belang om te weten welke relevante standaarden al in gebruik of oprichting zijn. In dit hoofdstuk wordt daarom ingegaan op de meest relevante standaarden voor de 3D Standaard NL. Aan het einde van dit hoofdstuk wordt een vergelijking gemaakt tussen deze standaarden, waaruit zal blijken dat de standaard CityGML een goed uitgangspunt is om nader te bekijken voor de 3D Standaard NL.

3.1 GML¹

De standaard GML (Geography Markup Language) ook bekend als ISO 19136, is een door het OGC opgestelde XML structuur voor de representatie van geografische (ruimtelijke en plaatsgebonden) informatie. GML heeft klassen voor 0D tot 3D geometrische primitieven, 1D-3D 'composite geometries' (zoals *CompositeSurface*; dit zijn meerdere surfaces die verbonden zijn langs gemeenschappelijke grenzen) en 0D-3D 'geometry aggregates' (bestaande uit geometrieën welke niet verbonden zijn door gemeenschappelijke grenzen zoals *MultiSurface* of *MultiSolid*).

Veel vastgestelde informatiemodellen voor geo-informatie definiëren hun geometrie volgens deze standaard, maar beperken zich tot de geometrieën gerepresenteerd door alleen x, y coördinaten. Uitbreiding van deze informatiemodellen naar 3D betekent dat deze zowel semantisch als geometrisch 3D concepten moeten gaan modelleren. De standaard CityGML is hiervoor bedoeld.

3.2 CityGML²

CityGML (OGC standaard sinds 2008) is een generiek informatiemodel voor de representatie van 3D objecten. Het bevat de definitie van de klassen met betrekking tot hun geometrische, topologische, semantische en uiterlijke (*appearance*) eigenschappen. Oorspronkelijk is CityGML bedoeld voor het uitwisselen van gegevens. Recent wordt CityGML ook veel gebruikt als informatiemodel. Daarnaast verschuift de focus van stedelijk gebied geleidelijk naar andere toepassingen. Beide ontwikkelingen maken de term CityGML enigszins verwarrend.

CityGML bevat geen uitgebreide definities voor objecttypen, attributen en attribuutwaarden. De belangrijkste hints over de semantiek van een objecttype, attribuut of attribuutwaarde zit in de naam van het concept en in de meegeleverde codelijsten over de functies en gebruik van objecttypen. Een van de belangrijkste ontwerpprincipes voor CityGML is het coherente modelleren van semantiek en geometrische en topologische eigenschappen. Op het semantisch niveau, worden real-world entiteiten gerepresenteerd door objectklassen zoals gebouwen, muren, ramen of kamers. Deze beschrijving omvat ook attributen, relaties en aggregatie hiërarchieën (deel-geheel-relaties) tussen de objecten (een gebouw bestaat uit ramen, muren en kamers). Dus de part-of-relatie tussen objecten kan worden afgeleid op het semantisch niveau alleen, zonder rekening te houden met geometrie. Echter aan deze semantische objecten zijn geometrie objecten toegewezen die de ruimtelijke locatie en de omvang ervan beschrijven. Het model bestaat dus uit twee hiërarchieën: de semantische en de geometrische waarin de overeenkomstige objecten met elkaar verbonden zijn door relaties.

CityGML is gebaseerd op GML 3.1.1 en heeft daarmee dezelfde geometriemogelijkheden als GML. Omdat CityGML is geselecteerd als een belangrijke standaard om bij aan te sluiten met de 3D Standaard NL, wordt deze standaard uitgebreider beschreven in het volgende hoofdstuk

3.3 BIM/IFC

Met de term BIM worden vaak verschillende begrippen aangeduid. Het gaat hier vooral om het onderscheid tussen enerzijds (1) een 3D model (inclusief allerlei extra informatie) van een specifiek bouwwerk. Oftewel: het model wat gemodelleerd wordt met een softwarepakket om een specifiek

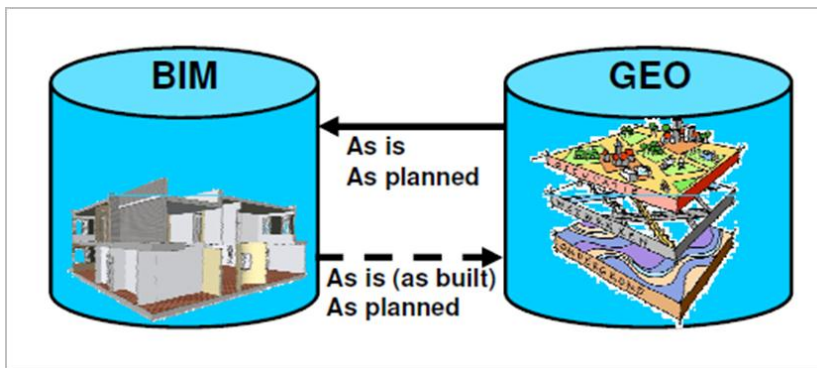
1. OpenGIS Geography Markup Language (GML) Encoding Standard, doc 07-036.

2. OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, version 1.0.0, document # 08-007r1. Zie: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=28802.

gebouw te representeren. Anderzijds (2) wordt gesproken over de generieke, herbruikbare, open ICT-standaarden die men (her)gebruikt bij het uitwisselen van informatie over specifieke gebouwen. Verder gebruikt men de afkorting BIM vaak voor (3) Building Information Modeling. Hierbij wordt geduid op het proces om te komen tot een gebouwmodel. De inrichting van nieuwe werkprocessen en methodieken door het werken met 3D modellen heeft vooral de laatste jaren veel aandacht. In dit rapport hebben we het met name over het model en de standaard, en niet over het proces van modelleren.

Voor de uitwisseling van BIM modellen wordt vaak de standaard Industry Foundation Classes (IFC; ISO16739) gebruikt. IFC is een internationale, open standaard en bevat een rijke semantiek. Een gebouw wordt gemodelleerd als een verzameling objecten die onderdelen van het gebouw representeren en onderlinge relaties en eigenschappen hebben. De 3D geometrie is één van de eigenschappen, naast bijvoorbeeld de naam van de leverancier, kostprijs, etc. BIM objecten kunnen bijvoorbeeld de muren, deuren en ramen van een gebouw zijn maar ook het glas in de ramen en de raamkozijnen, de bakstenen in de muren, etc.

BIM wordt vooral gebruikt in de bouwwereld en is geschikt voor het heel precies en met groot detail modelleren in 3D. Het wordt vaak gebruikt voor het modelleren van een beperkte locatie (bijvoorbeeld één gebouw). Het wordt niet, zoals wel bij typische GIS toepassingen het geval is, gebruikt voor het modelleren van een groter gebied, al wil men soms wel de directe omgeving van het object weergeven (maar dit is dan vaak in een veel lager detailniveau). Tegenwoordig voorziet BIM in het geo-refereren van modellen (i.e. het opnemen van de coördinaten op het aardoppervlak van het gemodelleerde object).



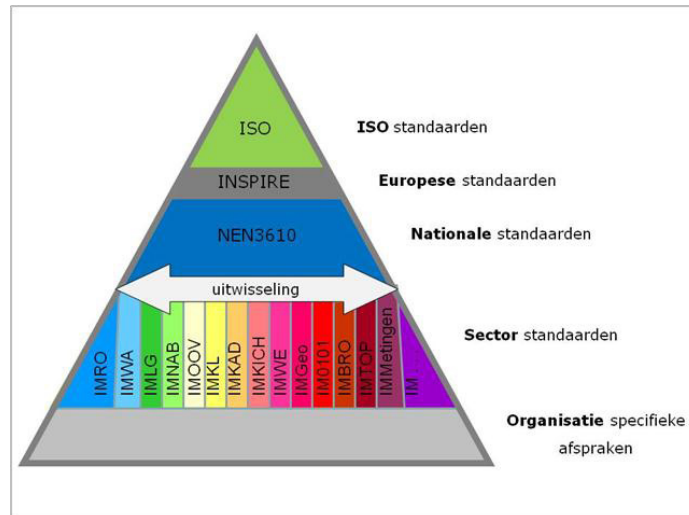
Figuur 1. BIM: 'local' en GIS: 'global'.

3.4 2D (NL) standaarden

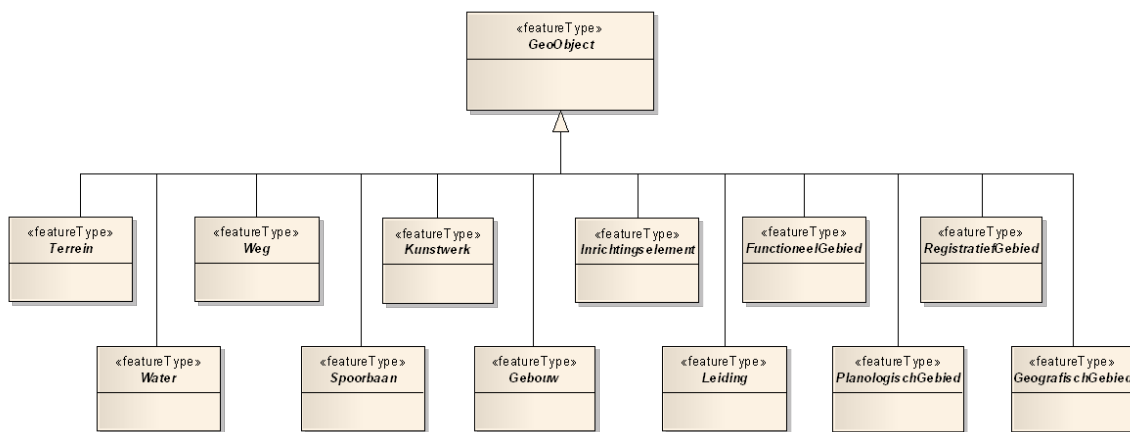
NEN 3610, oftewel het Basismodel Geo-informatie, is een door Geonovum ontwikkelde Nederlandse standaard die erop gericht is dat Nederlandse geo-informatiemodellen op internationale standaarden aansluiten en onderling semantisch op elkaar afgestemd worden. Een informatiemodel omvat de formele definities van objecten, attributen en regels in een bepaald domein. NEN 3610 doet dit op een abstract niveau door centrale objecten zoals Weg, Water, Registratief Gebied, etc. te definiëren, door algemene typen voor bijvoorbeeld identificatie en historie te definiëren en daarnaast vooral regels te geven voor het maken van geo-informatiemodellen.

Op basis van NEN 3610 is een aantal informatiemodellen (de Sector standaarden laag uit figuur 2) ontwikkeld, die de abstracte begrippen uit het semantisch model van NEN 3610 verder uitwerken voor een specifiek domein.

De informatiemodellen in de sector standaarden laag hanteren daarbij de regels voor modelleren die NEN 3610 vastlegt, en sluiten inhoudelijk aan op het semantisch model van NEN 3610 (figuur 3). Zo bevat IMWA uitwerkingen van met name NEN 3610: Water en NEN 3610: Kunstwerk en zijn de kadastrale percelen uit IMKAD verbijzonderingen van NEN 3610: Registratief Gebied.



Figuur 2. De NEN 3610 piramide.



Figuur 3. NEN 3610 semantisch model.

De informatiemodellen zijn ontstaan uit een behoefte om informatie uit te wisselen en te hergebruiken; daarom is het een voordeel dat ze allemaal op dezelfde manier zijn opgezet en een gemeenschappelijke semantische basis in NEN 3610 kennen.

De volgende geo-informatiemodellen zijn relevant voor de 3D Standaard NL:

- Informatiemodel Openbare Orde en Veiligheid (IMOOV);
- Informatiemodel Kabels en Leidingen (IMKL);
- Informatiemodel Ruimtelijke Ordening (IMRO);
- Informatiemodel KennisInfrastructuur CultuurHistorie (IMKICH);
- Informatiemodel Kadaster (IMKAD);
- Informatiemodel Water (IMWA);
- Informatiemodel Natuurbeheer (IMNAB);
- Informatiemodel Top10NL: topografie van Nederland op schaal 1:10.000;
- Informatiemodel Geografie (IMGeo): topografie van Nederland op schaal 1:1000.

Al deze modellen zijn 2D, dat wil zeggen dat de concepten zijn gemodelleerd vanuit een 2D perspectief op de werkelijkheid. Een uitbreiding naar 3D betekent daarom niet alleen de ondersteuning bieden voor 3D geometrieën, maar nog belangrijker is om de modellen uit te breiden met 3D semantiek, waar dat gewenst is. Bijvoorbeeld voor IMKAD kan de 2D perceelbeschrijving voor heel veel toepassingen toereikend zijn. Maar voor situaties met complexe 3D eigendomsverhoudingen moet het model uitgebreid worden met een 3D beschrijving van eigendom.

3.5 KML/ Collada

Keyhole Markup Language (KML) is een XML notatie voor geografische annotatie en visualisatie van objecten binnen Google Maps en Google Earth. KML is ontwikkeld door het bedrijf Keyhole Inc., dat later is overgenomen door Google, waarop KML als standaard is ondergebracht bij de OGC. Voor het opnemen van geometrie is aangesloten bij GML. KML is zeer geschikt voor webtoepassingen en breed geaccepteerd, maar bevat geen semantiek.

Collada is een open standaard voor de beschrijving van 3D data. Van oorsprong komt deze standaard van Sony (gebruikt voor playstation). Omdat Google deze standaard veel gebruikt (het is de kern van alle 3D objecten in Google Earth en een belangrijk onderdeel van Google Sketchup) is het gebruik van Collada sterk toegenomen. Collada richt zich enkel op 3D data, dus los van bijvoorbeeld bouwkundige context³. Collada voorziet in het beschrijven van geometrie, topologie en textuur, maar bevat geen semantiek.

KML en Collada worden vaak samen genoemd omdat beide gezamenlijk in Google Sketchup worden toegepast. KML bestanden worden vaak gebundeld in een gecomprimeerd KMZ bestand, waarin ook Collada 3D modellen, textuuroverlays en andere afbeeldingen en iconen gebundeld kunnen zitten.

3.6 Overigen

- Drawing Interchange Format (DXF): een AutoCAD bestandsformaat van Autodesk.
- Shapefile (SHP): een geografisch vectorbestandsformaat ontwikkeld en beheerd door Esri.
- Virtual Reality Modeling Language (VRML): een standaardbestandsformaat uit 1997 voor het representeren van 3D interactieve vectorafbeeldingen op het web.
- X3D: ISO standaard XML formaat voor het representeren van 3D computerafbeeldingen; de opvolger van VRML.
- 3D Portable Document Format (PDF): bestandsformaat voor documentuitwisseling met ondersteuning voor het embedden van interactieve 3D documenten/afbeeldingen.

3.7 Vergelijking (matrix)

Om te kijken hoe aanbevelingen voor 3D Standaard NL zoveel mogelijk kunnen aansluiten bij beschikbare 3D standaarden, zijn in een eerste stap de beschikbare 3D standaarden in zowel het geoinformatie, CAD en web domein geëvalueerd. De resultaten hiervan staan in tabel 1.

Standard/Criterion	DXF	SHP	VRML	X3D	KML	Collada	IFC	CityGML	3D PDF
Geometry	++	+	++	++	+	++	++	+	++
Topology	-	-	0	0	-	+	+	+	-
Texture	-	-	++	++	0	++	-	+	+
LOD	-	-	+	+	-	-	-	+	-
Objects	0	+	+	+	-	-	+	+	+
Semantic	+	+	0	0	0	0	++	++	+
Attributes	-	+	0	0	0	-	+	+	+
XML based	-	-	-	+	-	-	+	+	-
Web	-	-	+	++	++	+	-	+	0
Georeference	+	+	-	+	+	-	-	+	+
Acceptance	++	++	++	0	++	+	0	+	++

- = niet ondersteund; 0 = neutraal; + = ondersteund; ++ = veel ondersteuning

Tabel 1. Vergelijking van 3D standaarden.

3. BIM Woordenboek, Team BouwICT, TNO Bouw en Ondergrond, 2010.

De uitleg van de verschillende criteria die werden gebruikt in deze vergelijking is als volgt.

Het criterium *geometry* evalueert de ondersteuning van 3D geometrieën. Een standaard die alleen de eenvoudige functies (punt, lijn, vlak en eventueel veelvlak) ondersteunt, wordt aangemerkt als '+'. Een standaard die het gebruik van parametrische vormen mogelijk maakt zoals cilinders, bollen alsook vrije vorm krommen en oppervlakken, wordt beschouwd als 'veel ondersteuning' ('++').

Topology evalueert het bestaan van relaties tussen de geometrieën in het model. Normale ondersteuning '+' betekent dat simpele relaties worden opgeslagen. Bijvoorbeeld een 3D object in VRML of X3D wordt gerepresenteerd met twee lijsten: 1) alle nodes in het object en 2) polygonen die het volgnummer van de nodes gebruiken waardoor dupliceren van nodes wordt voorkomen. IFC beschikt niet over een topologie in termen van buurrelaties, maar deze relaties kunnen worden afgeleid uit de relaties die iets zeggen over 'insluiten' van objecten. CityGML ondersteunt in principe de topologische datastructuur zoals gespecificeerd door OGC GML, maar tot nu toe is er nog geen data set welke gemaakt is met deze topologie.

Texture evalueert de ondersteuning van textuur met echte foto's. Een standaard met ondersteuning voor textures waarbij geometrie samen met de foto wordt geregistreerd wordt aangeduid met '+'. Een standaard wordt aangeduid als '++' als deze ook nog ondersteuning heeft voor texture mapping en textuur draping.

Level of Detail (LOD) geeft aan of er ondersteuning is van verschillende geometrieën per object afhankelijk van het detailniveau. In het geval van VRML en X3D wordt dit principe gebruikt voor visualisatie (de browser gebruikt LOD's om visualisatie te versnellen). In het geval van CityGML worden LOD's gebruikt om de resolutie (schaal) aan te geven.

Objects evalueert de mogelijkheid om verschillende objecten te onderscheiden in termen van de geometrie. DXF is laag gebaseerd, maar heeft een aantal tools om geometrieën te groeperen als een entiteit binnen een laag. Bij gebruik van KML en Collada vraagt het veel van een gebruiker om objecten te genereren. De beste manier om aparte objecten te definiëren is het genereren van aparte bestanden. Deze twee standaarden zijn daarom geëvalueerd als 'niet ondersteunend voor objecten'.

Semantics beschrijft de mogelijkheid om thematische betekenis toe te kennen aan een object of een groep objecten. Met behulp van DXF, SHP en 3D-PDF is dit mogelijk door de namen van de lagen. Veel informatie over de objecten kan worden opgenomen als tekst in een PDF bestand. IFC en CityGML worden beschouwd 'veel ondersteuning' voor semantiek, omdat de klassen van tevoren zijn vastgesteld. Alle andere standaarden kennen trucs om thematische informatie aan geometrieën te koppelen (door ankers, annotaties, etc.).

Attributes evalueert de mogelijkheid om attributen te op te nemen in de standaard. Dit concept is het beste uitgewerkt in het SHP bestandsformaat (in combinatie met het databasebestand). IFC en CityGML hebben beide goed gedefinieerde attributen per object. De attributen van het object in een 3D PDF kan worden opgenomen in het document in het deel naast de 3D geometrie.

Het criterium *XML* geeft aan of de standaard is gebaseerd op XML of niet.

Web criterium geeft een indicatie of een standaard is ontworpen en geoptimaliseerd voor web gebruik. X3D is eigenlijk een verbeterde versie van VRML. KML (eenmaal geladen) heeft betere prestaties dan de huidige CityGML browsers. Grote 3D modellen creëren 3D PDF bestanden die te groot zijn voor het Web en daarom is deze standaard lager beoordeeld.

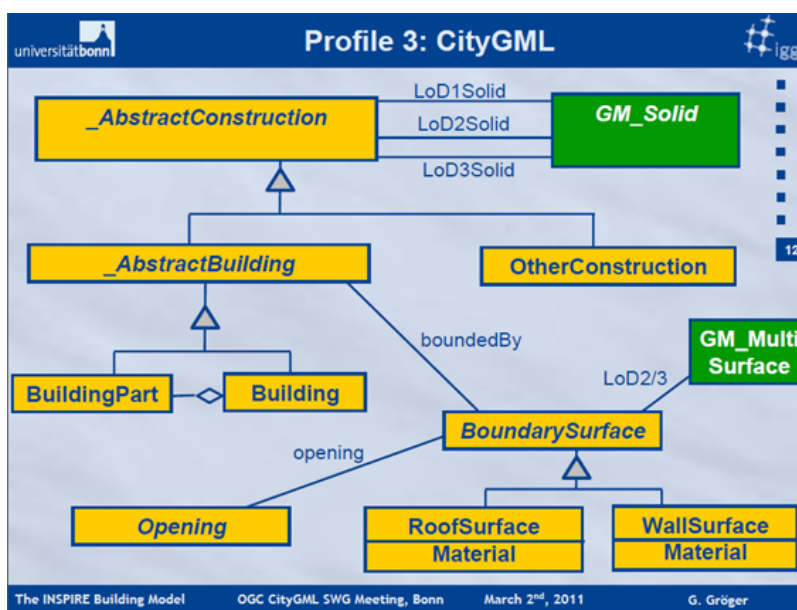
Georeference geeft de mogelijkheid aan om gebruik te maken van geografische coördinaten. Er is een versie van VRML, Geo-VRML, die werkt met geografische coördinaten. Daarnaast zijn er discussies gaande over hoe geografische coördinaten kunnen worden opgenomen in IFC.

Acceptance tenslotte geeft aan of de standaard wordt ondersteund door softwareleveranciers.

3.8 Conclusie

Uit bovenstaande kan worden geconcludeerd dat CityGML de beste potenties heeft om als uitgangspunt te dienen voor een uitbreiding van Nederlandse standaarden naar 3D. CityGML heeft de beste ondersteuning voor wat betreft semantiek, objecten, attributen, georeferentie en gebruik via het Web. Omdat CityGML een OGC standaard is, garandeert de aansluiting op deze standaard ook interoperabiliteit in een internationale context. Dat wil zeggen als IMGeo data wordt gecodeerd volgens CityGML, dan komt deze data beschikbaar voor CityGML clients.

Ook andere landen zoeken voor hun 3D modellering aansluiting bij CityGML. Een voorbeeld is het 'UTDS-CityGML Implementation Profile' voor Urban Topographic Data Store (UTDS)⁴ (waar wij in ons voorstel nauw bij aansluiten). Ook Duitsland werkt op dit moment aan een 3D uitbreiding van ALKIS, het Duitse kadastrale model op basis van CityGML. Tenslotte wordt ook voor de INSPIRE specificaties⁵ voor Building (Annex 3) de aansluiting gemaakt met CityGML, zie figuur 4.



Figuur 4. Voorstel voor (optioneel) profiel voor Inspire Buildings.

4. OGC® OWS-6 UTDS-CityGML Implementation Profile, editor: Clemens Portele, version 0.3.0, OGC 09-037r1.
5. <http://inspire-forum.jrc.ec.europa.eu/pg/file/jgaffuri/read/32990/buildings-data-specifications-version-1>.

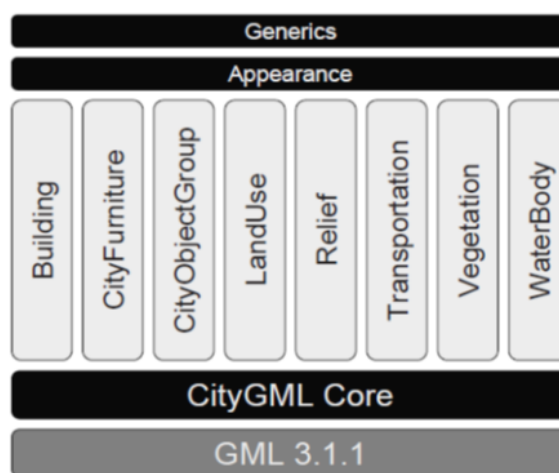
4. Introductie CityGML

In het vorige hoofdstuk is CityGML globaal uitgelegd. Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste eigenschappen over de standaard om te begrijpen hoe deze standaard benut kan worden voor de 3D Standaard NL. Achtereenvolgens worden behandeld: relevante karakteristieken van CityGML (Sectie relevante CityGML klassen (Sectie 4.2); en een uitleg over hoe CityGML gebruikt kan worden als uitgangspunt voor de 3D Standaard NL (Sectie 4.3).

4.1 Relevante karakteristieken van de OGC standaard CityGML

4.1.1 Modularisatie van CityGML

CityGML kent een core module, die geïmplementeerd moet zijn om te voldoen aan de standaard. Hier zitten algemene principes in zoals het CityModel welke bestaat uit meerdere CityObjects met een creationDate en een terminationDate.



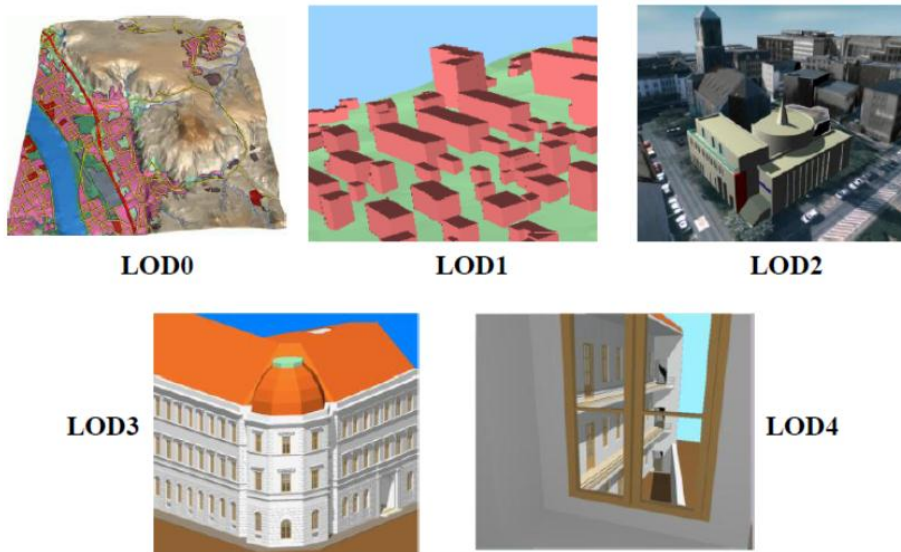
Figuur 5. Modularisatie in CityGML 1.0.0. Verticale modules bevatten de semantische modellen voor verschillende thema's.

Daarnaast kent CityGML de volgende thematische uitbreidingsmodules, welke niet allen geïmplementeerd hoeven te zijn om aan de standaard te voldoen: Building, CityFurniture, CityObjectGroup, LandUse, Relief, Transportation, Vegetation en WaterBody. Ook Generics (voor uitbreidingen met gebruikers specifieke klassen en attributen die niet het CityGML model wijzigen) en Appearance (voor textures) zijn uitbreidingsmodules.

4.1.2 Multischaal: vijf Levels of Detail

CityGML ondersteunt vijf levels of detail (LOD0 tot LOD4), zie figuur 6. LOD's zijn nodig om onafhankelijke data acquisitie ten behoeve van verschillende toepassingsdomeinen mogelijk te maken. Daarnaast kan het LOD principe efficiënte visualisaties en data analyses ondersteunen. In een CityGML dataset kan hetzelfde object tegelijkertijd worden gerepresenteerd in verschillende LOD's, welke afhankelijk van de toepassing kunnen worden gebruikt. Het linken van verschillende representaties van hetzelfde object wordt niet afgedwongen in CityGML en is de verantwoordelijkheid van de beheerder van de data.

Het basis niveau LOD0 is een 2.5D Digital Terrain Model, waarover meestal een luchtfoto of een kaart kan worden gedrapeerd. Buildings, Vegetation en CityFurniture hebben geen LOD0. Transportation in LOD0 wordt gerepresenteerd door middel van een (lijnen) netwerk. De meest uitgebreide toepassing van verschillende LOD's bestaat voor gebouwen (zie figuur 6). LOD1 voor gebouwen bestaat uit blokken met platte daken. Een gebouw in LOD2 daarentegen heeft gedifferentieerde dakconstructies en thematisch gedifferentieerde oppervlakken (muur, vloer, dak). LOD3 bevat de architectuurmodellen met gedetailleerde muur- en dakstructuren, balkons, ramen, deuren etc. Hoge resolutie texturen kunnen ook worden toegepast op deze LOD3 structuren. Daarnaast zijn gedetailleerde vegetatie- en transportobjecten onderdeel van een LOD3 model. LOD4 voltooit een LOD3



Figuur 6. LOD concept in CityGML verbeeld. Bron: CityGML specificaties.

model door het toevoegen van interieurstructuren voor gebouwen. Een gebouw bestaat bijvoorbeeld uit kamers, binnendeuren, trappen en meubels.

LOD's worden ook gekenmerkt door verschillende nauwkeurigheden en minimale afmetingen van objecten (zie tabel 2). Deze nauwkeurigheidseisen zijn niet hard, maar richtlijnen. De nauwkeurigheid wordt omschreven als de standaarddeviatie van de absolute 3D coördinaten. Relatieve 3D puntnauwkeurigheid zal worden toegevoegd in een toekomstige versie van CityGML en is meestal veel hoger dan de absolute nauwkeurigheid. In LOD1 moet de positionele- en hoogtenauwkeurigheid van punten 5 m of minder zijn, terwijl alle objecten met een footprint van ten minste 6 m bij 6 m aanwezig moeten zijn in de dataset. De positionele en hoogte nauwkeurigheid van LOD2 moet 2 m of beter zijn. In dit LOD moeten alle objecten met een footprint van ten minste 4 m x 4 m worden meegenomen. Deze nauwkeurigheden in LOD3 zijn 0,5 m voor de puntnauwkeurigheid en 2 m x 2 m voor footprint. Tenslotte is de puntnauwkeurigheid van LOD4 0,2 m of hoger. Door middel van deze cijfers, kan de indeling in vijf LOD's worden gebruikt om de kwaliteit van een 3D dataset te beoordelen. De LOD indeling maakt datasets vergelijkbaar en biedt ondersteuning voor betere integratie. In praktijk worden deze nauwkeurighedsrichtlijnen nauwelijks gebruikt. Het is bijvoorbeeld mogelijk een blok model (LOD1) te creëren op basis van nauwkeurige data (5 x 5 cm in horizontale dimensies).

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Model scale description	regional, landscape	city, region	city districts, projects	architectural models (outside), landmark	architectural models (interior)
Class of accuracy	lowest	low	middle	high	very high
Absolute 3D point accuracy (position / height)	lower than LOD1	5 / 5 m	2 / 2 m	0,5 / 0,5 m	0,2 / 0,2 m
Generalisation	maximal generalisation (classification of land use)	object blocks as generalised features; > 6 * 6 m/3 m	objects as generalised features; > 4 * 4 m/2 m	object as real features; > 2 * 2 m/1 m	constructive elements and openings are represented

Tabel 2. Positionele nauwkeurigheid voor de verschillende LOD's in CityGM.

4.1.3 ClosureSurfaces

Objecten, die in werkelijkheid niet gesloten zijn, maar wel volumetrisch, moeten gesloten worden om hun volume te kunnen berekenen. Dat kan worden gedaan met zogenaamde ClosureSurfaces. Deze ClosureSurfaces worden gebruikt wanneer dat nodig is om volumes te berekenen en worden verwaarloosd wanneer ze niet passend zijn zoals in visualisaties.

Het concept van ClosureSurfaces is meestal bedoeld voor de ingangen van ondergrondse objecten. Deze objecten, zoals tunnels of voetgangeronderdoorgangen moeten gesloten zijn om hun volumes te berekenen (bijvoorbeeld bij overstromingsimulaties) en moeten ook worden afgedicht om te voorkomen dat er gaten in het digitale terrein model ontstaan. Maar in visualisaties moeten de ingangen juist weer open blijven.

4.1.4 Terrain Intersection Curves

Een cruciaal punt van 3D modellering is de integratie van 3D objecten en het terrein. Problemen ontstaan als 3D objecten zweven boven of zinken in het terrein. Dit probleem bestaat als terreinen en 3D objecten in verschillende LOD's worden gecombineerd, of als ze afkomstig zijn van verschillende data aanbieders. Om dit probleem te verhelpen, is de TerrainIntersectionCurve (TIC) van een 3D object geïntroduceerd. Deze curves geven de exacte positie weer waar het 3D object het terrein raakt. Het TIC concept kan worden toegepast op building, building parts, city furniture objects en generic city objects. Bijvoorbeeld het TIC van een gebouw met een binnenplaats bestaat uit twee gesloten ringen: een ring voor de binnenplaatsgrens, en een die de buitenrand van het gebouw beschrijft. Deze informatie kan gebruikt worden voor de integratie van het gebouw met het terrein door het omliggende terrein 'omhoog te trekken' of 'naar beneden te duwen' zodat het past met de TerrainIntersectionCurve. Het DTM kan lokaal worden vervormd om op de TIC te passen. Op deze wijze zorgt het TIC voor de matching van de objecttexturen met het DTM. Omdat de snijding met het terrein kan verschillen per LOD, kan een 3D object verschillende TerrainIntersectionCurves hebben voor verschillende LOD's.

4.1.5 External references

3D objecten zijn vaak afgeleid van of hebben relaties met objecten in andere databases of datasets. Bijvoorbeeld een 3D gebouw model kan zijn opgebouwd uit BAG geometrie of kan zijn afgeleid uit een architectuurmodel (in de IFC standaard). De referentie van een 3D object naar het bijbehorende object in een externe dataset is essentieel in het geval van updates of indien er extra informatie moet worden gekoppeld (naam en adres van gebouw eigenaar). Om dergelijke informatie te verstrekken, kan elk CityObject verwijzen naar overeenkomstige objecten in externe datasets. Zo'n verwijzing definieert de externe database en de unieke identificatiecode van het object in deze database. De verwijzing is gemodelleerd met behulp van Uniform Resource Identifier (URI), een generiek formaat voor verwijzingen op het internet. Voor elke CityObject kunnen meerdere links naar overeenkomstige objecten in externe databases worden opgenomen.

4.1.6 Codelijsten

Attributen, die worden gebruikt om objecten te classificeren, hebben vaak waarden die zijn beperkt tot een aantal discrete waarden. Een voorbeeld is het attribuut type dak, met de attribuutwaarden zadeldak, schilddak, semi-hip dak, plat dak of tentdak. In CityGML wordt een dergelijke indeling van attributen aangegeven met ExternalCodeLists en uitgevoerd door 'dictionaries' als omschreven in het GML 3.1.1 Simple Dictionary Profile. Een dergelijke structuur geeft een opsomming van alle mogelijke waarden van het attribuut (vaak voor het gebruik (usage) of de functie (function) van een CityGML objecttype), waardoor dezelfde naam wordt gebruikt voor hetzelfde begrip. Bovendien is hiermee de vertaling van attribuutwaarden in andere talen vergemakkelijkt. CityGML bevat (soms lange) Simple Dictionaries en externe codelijsten die kunnen worden uitgebreid of gherdefinieerd door gebruikers.

Voorbeelden van codelijsten voor attributen van de klasse Land Use zijn:

LandUseClassType			
Code list derived from German authoritative Standard ATKIS (www.adv-online.de)			
1000	Settlement Area	3000	Vegetation
1100	Undeveloped Area	4000	Water
2000	Traffic		

LandUseFunctionType			
Code list proposed by the SIG 3D			
1010	Residential	2050	Track
1020	Industry and Business	2060	Square
1030	Mixed use	3010	Grassland
1040	Special Function Area	3020	Agriculture
1050	Monument	3030	Forest
1060	Dump	3040	Grove
1070	Mining	3050	Heath
1110	Park	3060	Moor
1120	Cemetery	3070	Marsh
1130	Sports, leisure and recreation	3080	Untilled land
1140	Open pit, quarry	4010	River
2010	Road	4020	Standing Waterbody
2020	Railway	4030	Harbour
2030	Airfield	4040	Sea
2040	Shipping		

LandUsageType			
Code list proposed by the SIG 3D			
1000	Civil	1300	Religious
1100	Private	1400	Military
1200	Public		

4.1.7 Implicit representations

Een impliciete geometry is een geometrisch object, waarvan de vorm slechts eenmaal wordt opgeslagen als een prototypische geometry, bijvoorbeeld een boom of ander vegetatie object, een stoplicht of een verkeersbord. Dit prototype geometry object wordt hergebruikt elke keer als een dergelijk object voorkomt. Elk voorkomen wordt gerepresenteerd door middel van een link naar de prototypische vorm geometry (in een lokaal cartesisch coördinatenstelsel) waarbij een omvorming matrix en een anker punt wordt gebruikt om elke 3D coördinaat van het prototype om te rekenen naar absolute, wereldlijke coördinaten. De transformatiematrix bevat informatie over de beoogde rotatie, schaling en de lokale conversie van het prototype. Het is een 4 x 4 matrix die wordt vermenigvuldigd met de prototype coördinaten met behulp van homogene coördinaten, dat wil zeggen (x, y, z, 1). Het concept van impliciete geometrieën is een verrijking van het geometriemodel van GML3.

4.1.8 Uitbreiden van het generieke model CityGML

Generieke objecten en hun eigenschappen zijn op verschillende manieren uit te breiden. De eenvoudigste manier is om gebruik te maken van het Generic city object om klassen op te nemen die niet in CityGML zijn gemodelleerd, en generic property om extra eigenschappen toe te voegen bij klassen die wel zijn gemodelleerd in CityGML.

Het Generic city object heeft drie standaardattributen om classificatie en functie van het object vast te leggen:

- *Class*: beschrijft wat voor object het is.
- *Function*: beschrijft om wat voor thema/sector het gaat.
- *Usage*: geeft aan voor welk doel anders dan de toegekende functie het object wordt gebruikt.

De attributen *function* en *usage* mogen meer dan één keer gebruikt worden per objectklasse. Verder heeft het Generic city object attributen voor geometrie, en kan het verder worden uitgebreid met generic properties.

Generieke attributen mogen gebruikt worden, als er voor de gewenste eigenschap van een klasse geen overeenkomstig attribuut is gemodelleerd in CityGML. Generieke attributen kunnen bij elke CityGML klasse worden opgenomen. Generic properties of attributen kunnen slechts van het type string, integer, double, date, of URI zijn en zijn gemodelleerd als naam-waarde paar. Ze mogen dus slechts een enkelvoudige waarde hebben en geen verdere structuur.

Naast de eenvoudige uitbreidingen die in CityGML gedaan kunnen worden middels generic objects en generic attributes is er ook een mechanisme om grotere extensies van de standaard te definiëren ten behoeve van een bepaalde toepassing. Deze thematische uitbreidingen van CityGML zijn onderdeel van de standaard (in tegenstelling tot de uitbreidingen via Generic objects) en heten Application Domain Extensions (ADE). Sommige van de reeds bestaande ADE's zijn interessant voor de Nederlandse informatiemodellen. ADE's over de volgende thema's zijn momenteel beschikbaar⁶:

- Noise – uitbreiding voor geluidsoverlast analyses;
- Tunnel – uitgebreid model voor tunnels;
- Bridge – uitgebreid model voor bruggen;
- GeoBIM – nadere detaillering van gebouwen aansluitend op BIM/IFC;
- Facility management (CAFM) – nadere detaillering binnenkant gebouwen;
- Hydro – uitbreiding voor overstroming analyses;
- Utility networks – uitbreiding voor ondergrondse infrastructuur van kabels en leidingen.

Of deze ADE's voor gebruik ver genoeg zijn in hun ontwikkeling en implementatie kan echter worden betwijfeld.

4.2 Relevante CityGML klassen

Om te kijken hoe Nederlandse standaarden kunnen worden uitgebreid met 3D waarbij wordt aangesloten op CityGML, geeft tabel 3 een overzicht van de relevante semantische klassen in CityGML. Ter informatie is de overeenkomstige klasse uit het NEN 3610 semantisch model genoemd. Hierbij is gekeken naar de CityGML 1.0.0 versie⁷, met de in 1.1 voorziene uitbreidingen in het achterhoofd, maar ook naar enkele CityGML extensies (ADE's), bijvoorbeeld de CityGML Utility Network ADE⁸.

Veel CityGML objecttypen hebben geen equivalent in het semantisch model van NEN 3610. Dit is ook niet verwonderlijk omdat NEN 3610 slechts op een hoog abstractieniveau modelleert. De sectorale informatiemodellen, die het NEN 3610 semantisch model verder uitwerken, vertonen naar verwachting veel meer aanknopingspunten met CityGML. Het thematisch model van CityGML is immers bedoeld om ten behoeve van de interoperabiliteit de definities vast te leggen van de belangrijkste in virtuele 3D modellen (van steden) voorkomende objecttypen.

4.3 CityGML als uitgangspunt voor 3D standaarden NL

In het begin van de pilot was er veel reserve om CityGML als standaard te gebruiken. De standaard is generiek, kent geen objectdefinities en ondersteunt geen complexe geometrieën zoals gebruikt in het CAD domein. Andere problemen zijn de focus op bovengrondse objecten, onduidelijkheid over wanneer welk LOD toe te passen, het ontbreken van relaties tussen de LOD's en het ontbreken van ondersteuning voor geometrie validatie. Daarnaast is er weinig ondersteuning voor CityGML in de commerciële GIS systemen, ofschoon deze ondersteuning in de loop van de pilot verbeterd is.

6. Een overzicht van bestaande ADE's wordt bijgehouden op <http://www.citygmlwiki.org/index.php/CityGML-ADEs>.

7. OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, version 1.0.0, document # 08-007r1. Zie: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=28802.

8. Zie: http://www.citygmlwiki.org/index.php/CityGML_UtilityNetworkADE.

Klasse	Toelichting	NEN 3610 equivalent
TransportationComplex	Algemeen klasse voor wegen, pleinen, spoorwegen en paden. Gemodelleerd als een geheel van Traffic areas en Auxiliary traffic areas (LOD1-LOD4) of als traffic netwerk (LOD0)	Geen
Road	Subtype van TransportationComplex voor wegen. Voor gebruik door voornamelijk gemotoriseerd verkeer.	Weg
Track	Subtype van TransportationComplex voor paden, voornamelijk gebruikt door voetgangers.	Weg
Square	Subtype van TransportationComplex voor pleinen.	Weg
Railway	Subtype van TransportationComplex voor spoorwegen	Spoorbaan
Traffic area	Deel van de weg bedoeld voor gebruik door het verkeer (LOD2-4).	Geen
Auxiliary traffic area	Deel van de weg niet bedoeld voor gebruik door het verkeer, bijvoorbeeld een vluchtheuvel of deel van de weg onder een plantvak (LOD2-4).	Geen
Land Use	Deel van het aardoppervlak in gebruik voor een bepaald doel (LOD0-LOD4)	Terrein, Registratief Gebied, Functioneel Gebied, Planologisch Gebied
Breakline relief	Reliëf kun je in CityGML op verschillende manieren modelleren met gebruikmaking van het Digital Terrain Model ⁹ (LOD0-4). De Breakline komt het meest overeen met wat in de huidige informatiemodellen wordt toegepast. Een breakline relief bestaat uit minstens enkele ridgeOrValleyLines en/of Breaklines.	Geen
Water Body	Een driedimensionaal waterlichaam (LOD1-LOD4) of een watersurface (LOD0), zijnde een 'river, canal, lake or basin. Heeft geen hydrologische of dynamische aspecten. Begrensd door WaterSurface en eventueel WaterGroundSurface.	Geen
Water surface	Het wateroppervlak, de grens tussen water en lucht (LOD2-4).	Water
Water ground surface	De bodem van het driedimensionale waterlichaam oftewel de grens tussen water en ondergrond (LOD2-4).	Geen
Water closure surface	Virtuele grens tussen waterdelen onderling of waar water aan het eind van het gemodelleerde gebied grenst (LOD2-4).	Geen
Building	Gebouw (LOD1-4). Een gebouwencomplex kun je maken door te groeperen met CityObjectGroup.	Gebouw
_Site	Superklasse voor gebouwen, tunnels,bruggen.	Gebouw, Kunstwerk
Building part	Een structureel deel van een gebouw (LOD1-4).	Geen
Building installation	Aan de buitenkant van gebouwen voorkomende bouwsels zoals balkons, luifels, of trappen (LOD2-4).	Geen
Building furniture	Verplaatsbare zaken binnen in gebouwen: meubilair (LOD4).	Geen

9. Hoofdstuk 10.2 van OpenGIS City Geography Markup Language (CityMGL) Encoding Standard, version 1.0.0.

Klasse	Toelichting	NEN 3610 equivalent
Interior building installation	Niet verplaatsbare zaken binnen in gebouwen (LOD4).	Geen
Overig: Ceiling, door, roof, floor, window, etc.	Gebouw onderdelen zijn tot in verregaand detail gemodelleerd. Dit detailniveau is buiten beschouwing gelaten in de mapping (LOD2-4).	Geen
City Furniture	Straatmeubilair. Met behulp van 'implicit representation' is het mogelijk om eenmalig te definiëren hoe het meubilair eruit ziet en dit te hergebruiken (een soort 3D symbool) (LOD1-4).	Inrichtingselement
Solitary vegetation object	Solitaire groenobjecten, bijvoorbeeld solitaire bomen. Net als bij City Furniture kun je eenmalig definiëren hoe het object eruit ziet en dit hergebruiken (LOD1-4).	Geen
Plant cover	Vlakvormige 3D groenobjecten, bijvoorbeeld voor grasveld, bos, beplanting (LOD1-LOD4).	Terrein
City object group	Een generiek klasse waarmee men objecten kan groeperen. Een fabrieksterrein of ziekenhuis bijvoorbeeld zal vaak een City object group zijn met daarin meerdere buildings.	Geen
Implicit Representation	Geometrisch object welke veelvuldig voorkomt maar waarvan de vorm slechts eenmaal wordt opgeslagen als een prototypische geometrie, voor bijvoorbeeld een boom of andere begroeiing object, een stoplicht of een verkeersbord	Geen; echt 3D concept
_CityObject	Generiek CML klasse	Geo-object
Generic city object	Een generiek klasse waarin men klassen kwijt kan, die niet expliciet in CityGML gemodelleerd zijn.	Geen
[elk klasse]generic property	Aan elk CityGML klasse kun je generic properties toevoegen, om kenmerken van klassen die niet zijn gemodelleerd in CityGML, toch op te kunnen nemen.	Geen
Address	Om adressen behorende bij objecten op te nemen. CityGML importeert hiervoor de algemene Extensible Address standard (xAL) van OASIS.	Geen

Tabel 3. Relevante CityGML klassen voor 3D IMGeo.

Aan het einde van de pilot werd evenwel duidelijk dat, ondanks deze tekortkomingen, de aansluiting op deze standaard interoperabiliteit garandeert: dat wil zeggen als Nederlandse geo-informatie wordt gecodeerd volgens CityGML, dan komt deze data beschikbaar voor CityGML clients.

Na de beslissing om CityGML als standaard te gebruiken voor de standaardisatie van 3D geo-informatie in Nederland, is de volgende stap het vaststellen van een CityGML-NL implementatieprofiel waarin de afspraken over hoe CityGML hiervoor gebruikt dient te worden, nader vastgelegd worden. Deze afspraken lossen ook een aantal van bovengenoemde tekortkomingen op.

Het principe bij een CityGML-NL profiel is dat de bestaande CityGML concepten zoveel mogelijk worden hergebruikt en worden uitgebreid met extra klassen, attributen en attribuutwaarden alsook met afspraken over hoe de CityGML concepten precies toegepast zullen gaan worden.

Er is daarom allereerst gekeken op welke wijze de concepten, gemodelleerd in de Nederlandse Informatie Modellen, overeenkomen met CityGML concepten hetgeen ook wel het 'mappen' van concepten wordt genoemd (zie volgende hoofdstuk).

5. Globale mapping informatiemodellen – CityGML

In Nederland hebben we in het geodomein een behoorlijke verzameling aan semantisch rijke informatiemodellen. Deze onder de NEN 3610 standaard uitgewerkte modellen gaan ieder over een sector; bijvoorbeeld IMWA voor de watersector, IMRO voor de ruimtelijke ordening, IMGeo voor de grootschalige topografie. Deze informatiemodellen zijn anno 2011 veelal gericht op 2D geo-informatie.

Van de 3D standaarden is CityGML de meest semantisch rijke standaard en daarom de meest geschikte kandidaat voor het uitwisselen van geo-informatie met 3D geometrie. Als we Nederlandse geo-informatie in een 3D context willen gaan gebruiken, doet de vraag zich voor in hoeverre de begrippen in CityGML overeenkomen met de inhoud van de geo-informatiemodellen. Kent CityGML dezelfde objecttypen en kenmerken, hanteert het dezelfde definities, of vinden we in CityGML lacunes, waar onze informatiemodellen objecttypen kennen die in CityGML niet voorkomen?

Om hierachter te komen is een uitgebreide analyse uitgevoerd van de verbanden tussen CityGML en de set van NEN 3610 informatiemodellen. Het Informatiemodel Geografie (IMGeo) en het informatiemodel van de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) zijn zeer in detail bekeken en komen in het volgende hoofdstuk aan bod. De andere informatiemodellen zijn op globaler niveau bekeken en worden in dit hoofdstuk behandeld.

5.1 Werkwijze van mappings

De informatiemodellen zijn op globale wijze inhoudelijk vergeleken met CityGML. Hierbij is gekeken naar de CityGML 1.0.0 versie¹⁰, met de in 1.1 voorziene uitbreidingen in het achterhoofd, maar ook naar enkele CityGML extensies (ADE's), bijvoorbeeld de CityGML Utility Network ADE¹¹.

Bij de mappings is gekeken naar de volgende Nederlandse informatiemodellen:

- Informatiemodel Openbare Orde en Veiligheid (IMOOV);
- Informatiemodel Kabels en Leidingen (IMKL);
- Informatiemodel Ruimtelijke Ordening (IMRO);
- Informatiemodel KennisInfrastructuur CultuurHistorie (IMKICH);
- Informatiemodel Kadaster (IMKAD);
- Informatiemodel Water (IMWA);
- Informatiemodel Natuurbeheer (IMNAB).

De mapping tussen CityGML en de twee informatiemodellen topografie (IMGeo en TOP10NL) worden in het volgende hoofdstuk in meer detail beschreven.

De CityGML standaard zelf bevat een thematische indeling (hoofdstuk 10, Thematic Model) waarin een aantal semantische objecttypen is uitgewerkt. Al deze objecttypen kennen wel een equivalent in één of meer van de Nederlandse informatiemodellen. Er is steeds geprobeerd om de objecttypen uit de informatiemodellen te mappen naar een overeenkomstig objecttype uit CityGML. Waar dit niet lukte, is gekeken naar objecttypen uit bestaande CityGML ADE's of is gemapt naar de in CityGML beschikbare algemene objecttypen. Dit kan resulteren in het weergeven van een rood kruis waar dit niet lukte of, als het onduidelijk is, nog een vraagteken staat.

CityGML objecttypen hebben ook in de standaard gedefinieerde attributen. Ook hier is in de mapping aandacht aan besteed. Er is bij elk objecttype dat gemapt werd, gekeken of de attributen ook een equivalent hadden in CityGML. Als dit niet het geval is, kunnen de attributen naar het in CityGML beschikbare algemene attribuuttype 'generic property' gemapt worden zodat de informatie niet ver-

10. OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, version 1.0.0, document # 08-007r1. Zie: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=28802.

11. Zie: http://www.citygmlwiki.org/index.php/CityGML_UtilityNetworkADE.

loren gaat, en een mapping terug van CityGML naar het oorspronkelijke informatiemodel mogelijk blijft.

Tenslotte hebben CityGML objecttypen over het algemeen een nadere classificatie en aanduiding van functie en gebruik die kunnen worden toegekend door een keuze te maken uit (soms lange) lijsten. Deze lijsten zijn niet bindend en mogen vervangen of uitgebreid worden. Naar deze lijsten is in de globale mapping niet uitgebreid gekeken; ze zijn wel bekeken om een globaal idee te krijgen of een bepaald objecttype uit een geo-informatiemodel inhoudelijk past in de classificatie van een CityGML objecttype.

Voor de thematische indeling hanteert CityGML verschillende 'Levels of Detail'. Hierbij is voor de globale mapping niet uitgebreid stilgestaan.

5.2 IMO OV

5.2.1 Inleiding

Het Informatiemodel Openbare Orde en Veiligheid (IMO OV) modelleert de informatie die nodig is bij onder andere rampenbestrijding en brandweerwerkzaamheden.

Uit het IMO OV model is voor de globale mapping alleen gekeken naar het onderdeel Digitale Bereikbaarheidskaart (DBK). Integraal onderdeel daarvan is ook de uitwisseling van digitale gegevens over brandkranen. Dit informatiemodel modelleert zeer gedetailleerd de informatie die de brandweer ter plaatse nodig heeft bij een incident; informatie over de bereikbaarheid van de locatie, de aanwezige gebouwen, en de brandweervoorzieningen enerzijds, en de aanwezige brandkranen en waterleidingen anderzijds.

In de hieronder beschreven mapping wordt geheel voorbij gegaan aan de vraag of een 3D IMO OV DBK een nuttige toepassing zou zijn. Waarschijnlijk is het voor de brandweelieden ter plaatse voldoende om een platte kaart te hebben met daarop de voor hen belangrijke informatie. Dat deze kaart digitaal is, en regelmatig te actualiseren is, is al een grote stap voor de sector. Eventueel zou een 3D model van een gebouwencomplex, waar een risicovol incident kan plaatsvinden, een nuttige toevoeging kunnen zijn. Het zou gebruikt kunnen worden voor oefeningen en analyses, voor nauwkeurige informatie tijdens een incident voor bijvoorbeeld iemand met wie de brandweelieden in contact staan tijdens hun werkzaamheden, en die hen kan helpen door het gebouw te navigeren, of voor reconstructies achteraf. Dan kan zelfs gedacht worden aan een 3D model in CityGML met een hoge level of detail waarin de gebouwen inclusief ramen, deuren, en installaties zijn gemodelleerd.

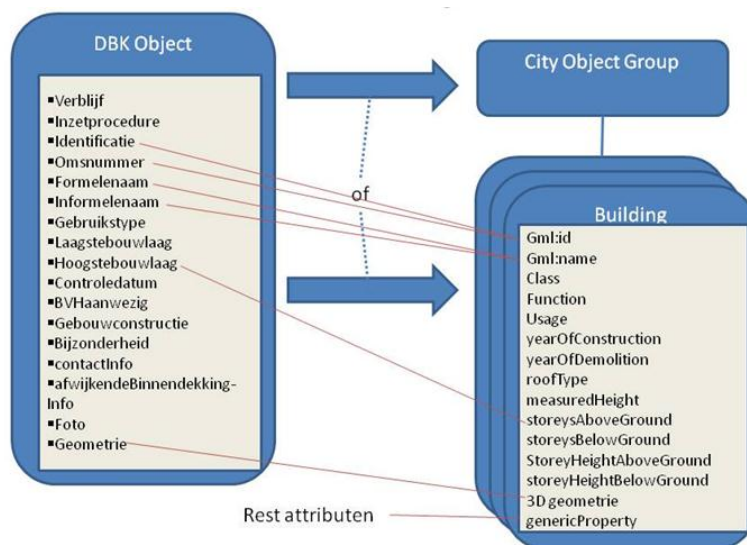
5.2.2 Mapping van Digitale Bereikbaarheidskaart en brandkraangegevens

De mapping tussen DBK en CityGML wordt hieronder uitgewerkt.

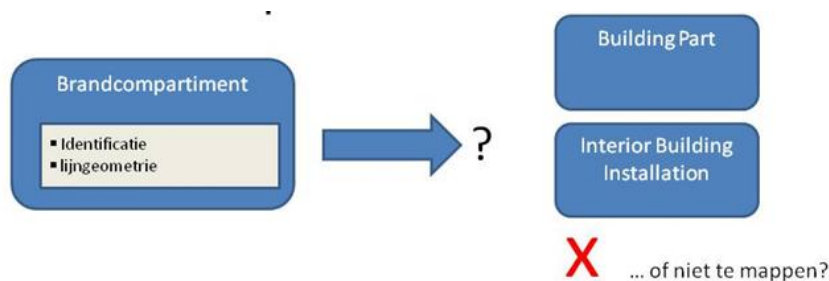
DBK Object is het hoofdobject van het model Digitale Bereikbaarheidskaart. Meestal is een DBK Object een gebouw, maar het kan ook een groep gebouwen zijn, bijvoorbeeld een ziekenhuiscomplex. Een aantal attributen is te mappen naar het CityGML objecttype Building:

- *Identificatie* naar het algemene attribuut *gml:id*.
- *Omsnummer*, *Formelenaam*, en *Informelenaam* naar *gml:name* (dat meerdere keren opgenomen mag worden).
- *Hoogstebouwlaag* naar *storeysAboveGround*.
- *Geometrie (2D vlak/multivlak)* naar *3D geometrie*.
- De rest van de attributen zou met behulp van *genericProperty* kunnen worden opgenomen.
- Meestal zal een DBK Object een relatie hebben met meerdere BAG panden; uit de BAG kunnen dan nog gegevens worden gehaald die gemapt zouden kunnen worden met *Class*, *Function* en/of *Usage*, *yearOfConstruction*, en *yearOfDemolition*.

Naar welk CityGML onderdeel het brandweercompartiment kan worden gemapt, is niet duidelijk. Een Building part is een 'structural part of a building'. Dit is nogal een brede definitie waar wellicht

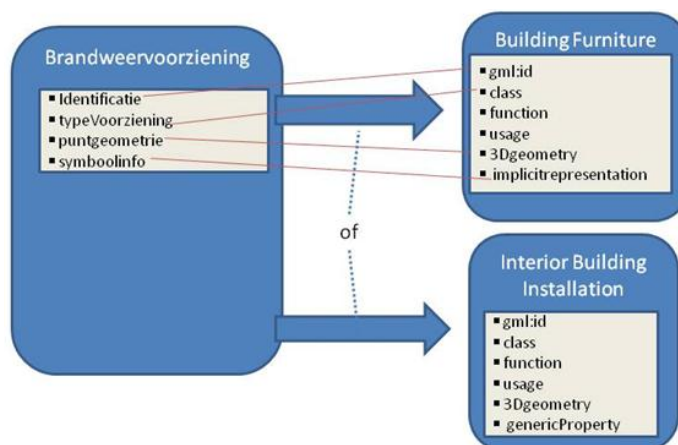


Figuur 7. Mapping DBK Object.



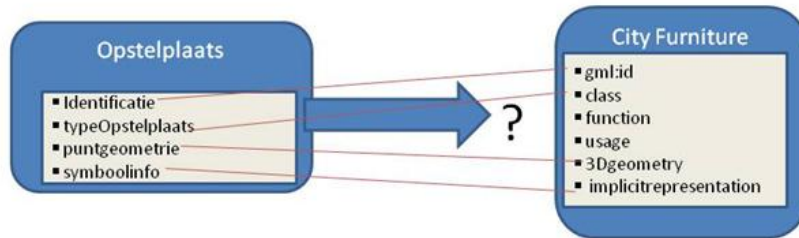
Figuur 8. DBK Brandweercpartiment.

brandcompartimenten ook onder zouden kunnen vallen. Building parts hebben geen eigen classificatie en functie aanduiding, zodat het niet mogelijk is een building te classificeren als brandcompartiment. In de DBK specificatie wordt het brandcompartiment gedefinieerd als: "Een pand kan bestaan uit meerdere secties, compartimenten of gebouwdelen of welke aanduiding daartoe gehanteerd wordt". Ook deze definitie is ruim en er blijkt niet uit hoe de brandcompartimenten gescheiden worden. Als dit bijvoorbeeld met branddeuren gebeurt, zou dat wellicht beter te mappen zijn naar Interior Building Installation, al zit er geen keuzemogelijkheid voor brandcompartimentscheiding of een aanverwant begrip in de lijst van Interior building installation functions. Als het gaat om branddeuren is ook een mapping naar het CityGML objecttype Door te overwegen. Dit objecttype staat geen verdere classificatie toe; met een generic property zou kunnen worden aangegeven dat het om een brandcompartiment scheiding gaat. Een andere mogelijkheid is dat dit objecttype niet goed te mappen is naar CityGML. De onscherpte van de definities maakt dat we hier geen zekere mapping kunnen geven.



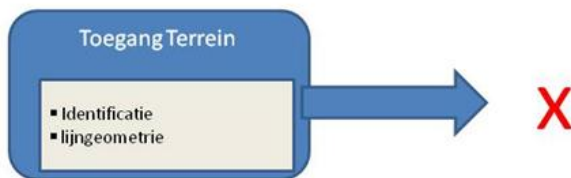
Figuur 9. DBK Brandweervoorziening.

Brandweervoorzieningen zijn de voorzieningen in het gebouw die voor de brandweer van belang zijn, zoals de hoofdafsluiter water, rookinstallatie, of sleutelkluis. Deze objecten kunnen gemapt worden naar Building furniture of naar Interior building installation, afhankelijk van het type voorziening. Meestal zullen het onverplaatsbare zaken zijn en dus te mappen naar interior building installation.



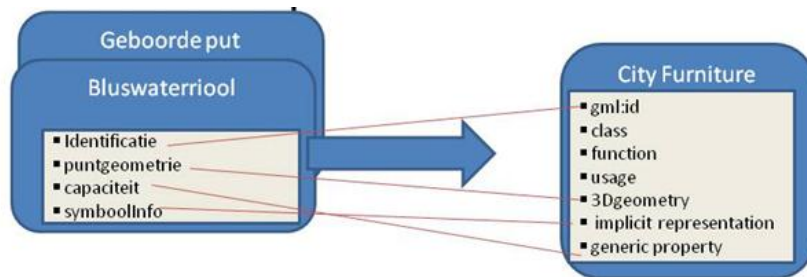
Figuur 10.
DBK Opstelplaats.

De DBK Opstelplaats geeft op de kaart de plaats aan waar de brandweervoertuigen zich kunnen opstellen. De locatie wordt door middel van een puntsymbool op de kaart weergegeven. Alhoewel dit geen fysieke topografie is, zou het in CityGML indien gewenst kunnen worden gerepresenteerd door een City furniture object met een symbool dat is vastgelegd als implicit representation.



Figuur 11. DBK Toegang terrein.

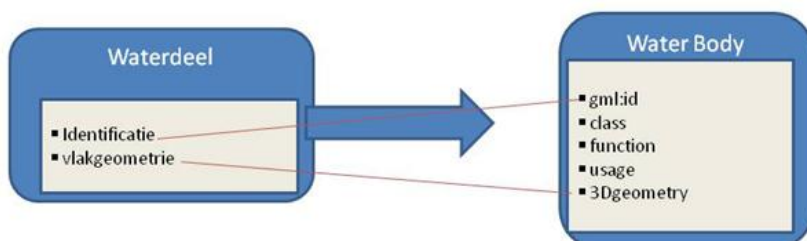
Toegang terrein geeft op de bereikbaarheidskaart de aanrijdroute aan middels een pijl, waarbij rekening wordt gehouden met de inrit en eventuele obstakels zoals slagbomen, toegangspoorten etc. In CityGML is hier geen vergelijkbare voorziening voor maar wel is het mogelijk de slagbomen, toegangspoorten en andere obstakels te modelleren als City furniture.



Figuur 12.
DBK geboorde put en bluswaterriool.

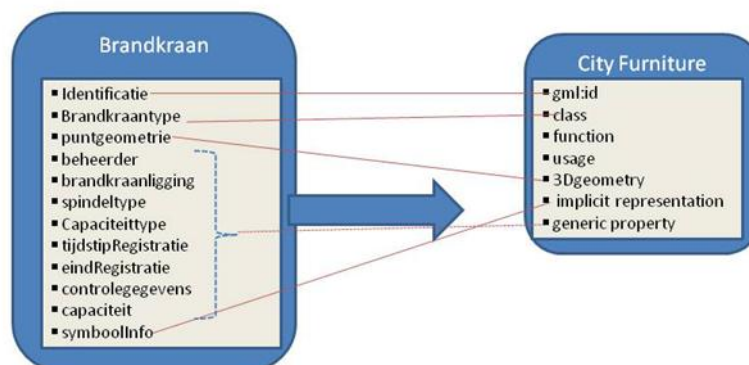
Geboorde put en Bluswaterriool zijn twee DBK objecttypen die bronnen kunnen zijn voor bluswater. Beide zijn te mappen naar City furniture. In de lijst met City furniture functies staan echter geen met put of bluswaterriool overeenkomstige keuzemogelijkheden.

Een alternatief zou kunnen zijn om deze objecttypen te mappen naar objecttypen uit de Utility network ADE. Dit komt in de paragraaf over IMKL verder aan de orde.



Figuur 13.
DBK Waterdeel.

Waterdelen zijn ook bronnen voor bluswater in DBK. Dit objecttype is te mappen naar Water body.



Figuur 14. DBK Brandkraan.

Het objecttype Brandkraan is te mappen naar City furniture. Er is in de lijst met functies een hydrant opgenomen. De brandkraan zou met een implicit representation als 3D symbool opgenomen kunnen worden. Een groot aantal van de brandkraangegevens is erg gedetailleerd en niet terug te vinden in CityGML. Deze gegevens zouden als generic properties kunnen worden opgenomen.

5.2.3 Conclusie

- Een groot deel van de objecten is wel te mappen.
- Soms is het niet duidelijk welk CityGML objecttype de beste match is, omdat de definities niet zo precies zijn.
- Een deel van de DBK attributen is heel specifiek, en niet te mappen.

5.3 IMKL

5.3.1 Inleiding

Het Informatiemodel Kabels en Leidingen modelleert de informatie van in de grond aanwezige leidingen met als doel informatie uit te wisselen tussen netbeheerders en grondroerders en zo te zorgen dat er geen schade aan kabels en leidingen ontstaat door graafwerkzaamheden.

In IMKL zijn de kabels en leidingen in 2D opgenomen met een mogelijkheid om de diepte van de legging aan te geven. Bij de meeste soorten kabels of leidingen is er een gangbare diepte. Als daarvan afgeweken wordt kan dit in een attribuut worden aangegeven. Bij sommige leidingen is er geen gangbare diepte en wordt de gerealiseerde diepte in hetzelfde attribuut opgenomen. Omdat de diepte een belangrijk gegeven is bij het voorkomen van graafschade, zou een 3D kabels- en leidingenmodel toegevoegde waarde kunnen hebben.

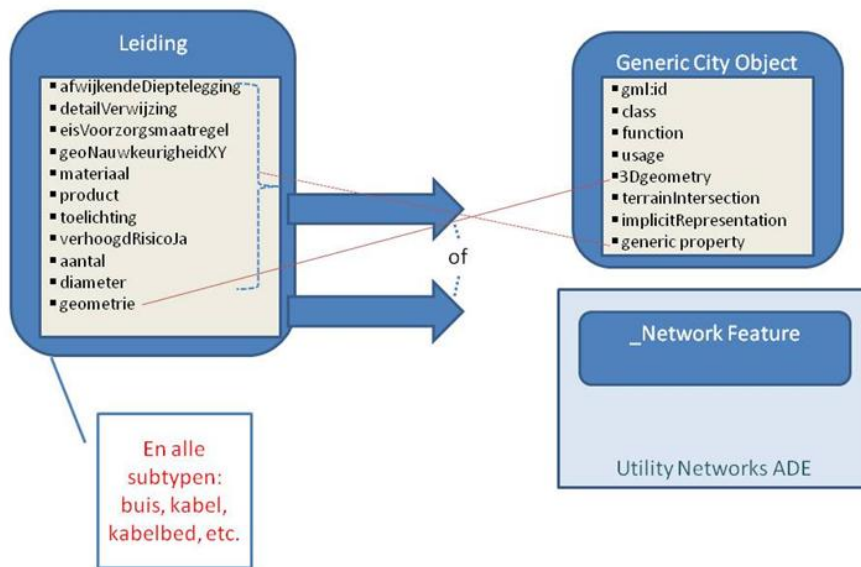
In de CityGML standaard zijn geen objecttypen opgenomen voor het modelleren van kabels en leidingen of andere ondergrondse zaken. Hiervoor is wel een CityGML extensie gedefinieerd, de Utility networks ADE. Deze is in beschouwing genomen in de hieronder beschreven mapping.

5.3.2 Mapping van kabels en leidingen

De mapping van de objecttypen uit het IMKL model wordt hieronder beschreven. Waar mogelijk is ook naar de Utility networks ADE gekeken.

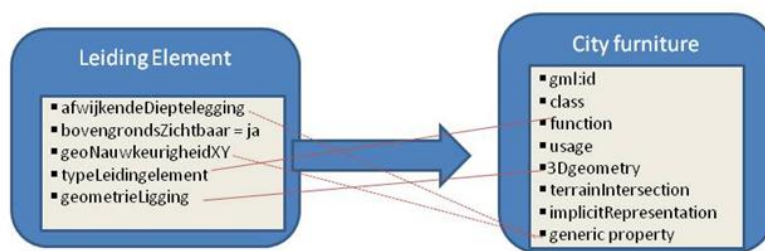
Gekeken naar de in de CityGML standaard aanwezige objecttypen, kan het IMKL abstracte objecttype Leiding alsmede de subtypen, alleen gemapt worden naar Generic city object. De 2D geometrie kan samen met de *diameter* en *afwijkendeDieptelegging* naar een 3D geometrie worden omgewerkt. De rest van de attributen kan in generic properties worden opgenomen.

In de Utility Networks ADE zijn meerdere objecttypen gedefinieerd die te maken hebben met kabels en leidingen en de netwerken daarvan. De ADE is voor deze mapping niet uitgebreid bekeken, maar



Figuur 15.
IMKL Leiding.

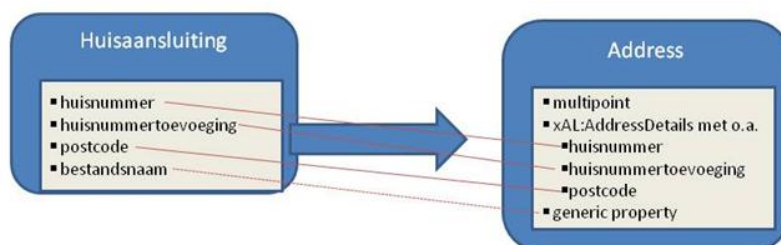
op het eerste gezicht is het objecttype Network feature de beste kandidaat. Dit is net zoals Leiding een abstract objecttype dat verder moet worden uitgewerkt in een netwerk thema, zoals riool, elektriciteit, etc. In IMKL zijn de subtypen van Leiding niet ingedeeld naar thema maar naar hun fysieke aard: Buis, Kabel, etc.



Figuur 16.
IMKL Leiding element.

Het Leiding element is een bij een leiding horend element. In IMKL is dit niet nader gespecificeerd. Wel wordt een aantal voorbeelden gegeven: schakelkast, verdeelkast, kraan, afsluiter, versterker, rioolput, etc. Het kan zowel om bovengrondse als ondergrondse zaken gaan. Als het om een bovengronds element gaat kan het object gemapt worden naar City furniture.

Ondergrondse elementen zijn niet onder te brengen bij City Furniture en ook in de Utility Networks ADE, dat zich meer concentreert op de topografie van leidingnetwerken en niet zozeer op de semantiek, is er geen objecttype dat hiermee overeenkomt. Ondergrondse leiding elementen zouden dus als Generic city object moeten worden opgenomen.



Figuur 17.
IMKL Huisaansluiting.

Het objecttype Huisaansluiting vormt de koppeling tussen kabels en leidingen en adressen. In CityGML is dit te mappen naar Address. Het attribuut `bestandsnaam` heeft als enige niet met het adres te maken en naar een generic property gemapt.

De overige IMKL objecttypen zijn buiten beschouwing gelaten omdat ze geen geo-object zijn. Het gaat dan om:

- Beheerder;
- Themakaart, Detailkaart;
- Waarden en annotaties;
- Maatvoering;
- Topografie ten behoeve van achtergrondkaart.

5.3.3 Conclusie

Kabels en leidingen zitten niet standaard in CityGML, maar wel in Utility Networks ADE. De kabels en leidingen uit IMKL zijn hier naar te mappen, maar de verdere onderverdeling van Leiding in IMKL (naar fysiek voorkomen) komt niet overeen met die van Utility Networks (naar thema). In IMKL gaat het om het voorkomen van graafschade. De netwerkeigenschappen c.q. topologie van een stelsel van kabels en leidingen zijn niet van belang en in IMKL niet gemodelleerd; in de Utility Network ADE wel.

Voor ondergrondse leidingelementen is er noch in CityGML noch in de Utility Networks ADE een overeenkomstig objecttype.

5.4 IMRO

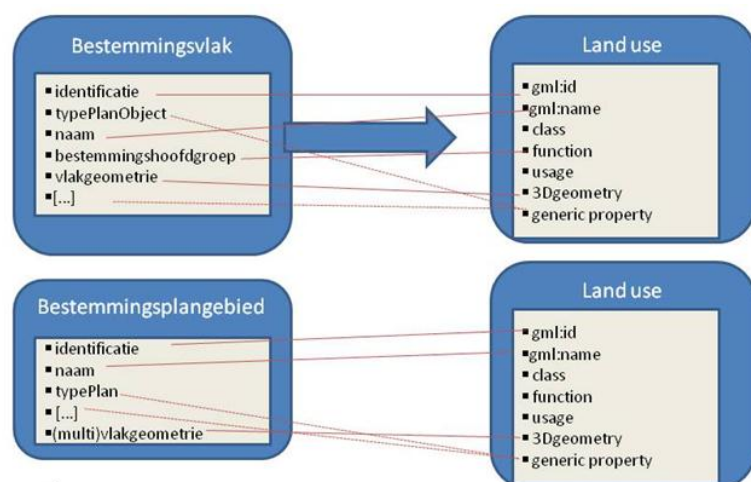
5.4.1 Inleiding

Het Informatiemodel Ruimtelijke Ordening modelleert de informatie die nodig is om ruimtelijke plannen te maken. De verschillende ruimtelijke instrumenten (plannen, visies, besluiten) worden beschreven en de benodigde planobjecten voor de ruimtelijke component van deze instrumenten worden gedefinieerd inclusief hun eigenschappen.

Het IMRO gaat uit van 2D informatie, maar voor de presentatie van ruimtelijke plannen kan het interessant zijn om van 3D gebruik te maken. Hier en daar wordt het ook al gedaan. Het is een laagdrempelige manier om ruimtelijke plannen voor de burger, managers, opdrachtgevers, stakeholders en bedrijven inzichtelijk te maken.

5.4.2 Mapping van Informatiemodel Ruimtelijke Ordening

De planobjecten in IMRO zijn allemaal te mappen naar het CityGML objecttype Land Use. Hieronder zijn twee objecttypen uit IMRO uitgewerkt.



Figuur 18.
IMRO bestemmingsvlak en
Bestemmingsplangebied.

Bestemmingsvlakken zijn Planobjecten en een nadere indeling van Bestemmingsplangebieden, die een groter oppervlak beslaan. Het zijn terreinen waar een bestemming aan is toegekend. Bestem-

mingsplangebieden zijn Plangebieden en geven de grenzen aan waarbinnen een bestemmingsplan geldt.

Zowel Bestemmingsvlakken als Bestemmingsplangebieden zijn te mappen naar het CityGML object-type Land Use. De *bestemmingshoofdgroep* komt overeen met het attribuut *function* van Land Use. De attributen *typePlanObject* en *typePlan* geven aan om wat voor soort bestemmingsplan het gaat en hebben geen equivalent in CityGML, dat zich niet specifiek op ruimtelijke plannen richt maar meer van bestaand landgebruik uit gaat. Deze en overige attributen van de IMRO objecttypen (verwijzingen naar tekst, verantwoordelijke overheid etc.) kunnen indien gewenst naar generiek properties gemapt worden.

5.4.3 Conclusie

De objecttypen uit IMRO zijn goed te mappen naar Land Use, waarbij het enige aandachtspunt is dat CityGML zich meer richt op daadwerkelijk landgebruik en niet zozeer op ruimtelijke plannen ofwel toekomstig landgebruik.

5.5 IMKICH

5.5.1 Inleiding

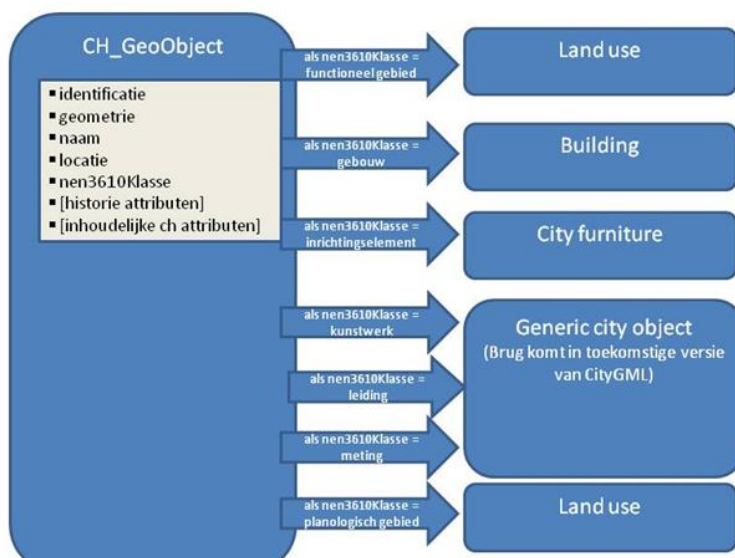
Het Informatiemodel Kennisinfrastructuur Cultuurhistorie modelleert de informatie van objecten op Nederlandse bodem die cultuurhistorische waarde en een beschermde status hebben. Het gaat dan bijvoorbeeld om gebouwen, archeologische vindplaatsen, en landschappen of landschapselementen met cultuurhistorische waarde (deze vallen onder CH_GeoObject), maar ook documenten of andere materie over objecten van cultuurhistorische waarde (deze vallen onder CH_DocumentObject).

De toegevoegde waarde van een 3D IMKICH is onduidelijk. In het model is het enige attribuut dat een relatie met 3D zou kunnen hebben, het attribuut 'zichtbaar' bij CH_GeoObject. Hiermee kan men aangeven dat een object niet zichtbaar is, mogelijk omdat het zich onder de grond bevindt.

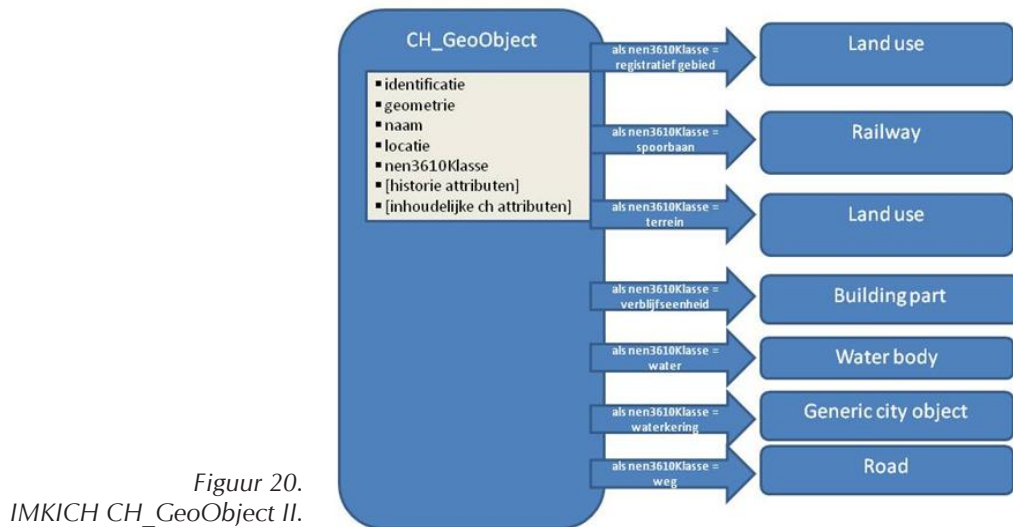
De verdere classificatie van CH_GeoObject is niet gemodelleerd door middel van subklassen. Het CH_GeoObject heeft een attribuut *NEN3610Klasse* waarin de hoofdclassificatie opgenomen kan worden, en een attribuut *typeCH_Object* waarin het type cultuurhistorisch object is op te nemen.

5.5.2 Mapping van cultuurhistorische objecten

In de hieronder beschreven mapping is alleen gekeken naar CH_GeoObject.



Figuur 19. IMKICH CH_GeoObject I.



Figuur 20.
IMKICH CH_GeoObject II.

De mapping van het cultuurhistorisch geo-object is in figuur 19 en figuur 20 beperkt tot objecttype niveau. De attributen *identificatie*, *naam* en *geometrie* kunnen op de gebruikelijke manier gemapt worden. Het *locatie* attribuut kan naar Address gemapt worden. De rest van de attributen kan indien gewenst in generic properties opgenomen worden.

De mapping naar CityGML objecttypen dient te gebeuren op basis van de inhoud van het attribuut *nen3610Klasse*. Als het gaat om een 'gebouw' wordt het een Building, een 'weg' wordt een Road, een 'functioneel gebied' wordt een Land Use object, enzovoort.

5.5.3 Conclusie

Het semantisch model van IMKICH is vrij klein en generiek en is in grote lijnen wel te mappen naar CityGML. CityGML heeft weliswaar geen speciale aandacht voor cultuurhistorie, maar de IMKICH objecttypen komen overeen met gangbare topografische objecttypen die wel in CityGML vertegenwoordigd zijn. De mogelijke toepassing van een 3D IMKICH is onduidelijk.

5.6 IMKAD

5.6.1 Inleiding

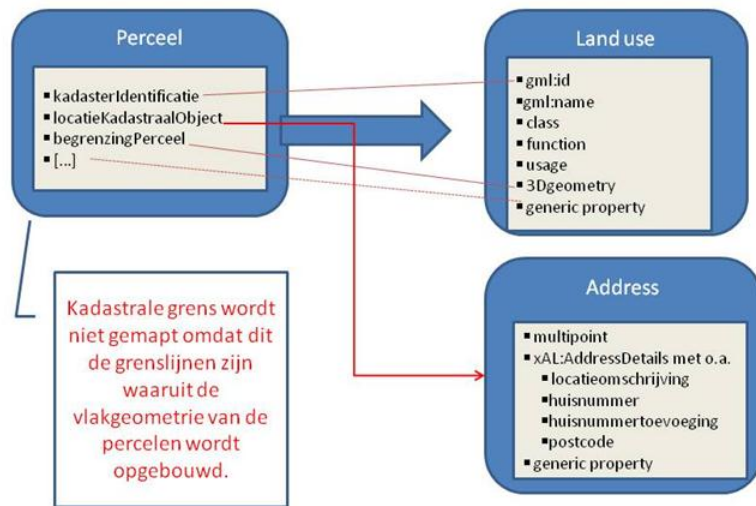
Het Informatiemodel Kadaster modelleert de kadastrale informatie: onroerende zaken en de rechten daarop van personen, die vastgelegd worden in stukken (documenten). Het model bevat dus zowel ruimtelijke als administratieve objecttypen.

Een 3D toepassing van IMKAD kan interessant zijn om van verblijfsobjecten te kunnen modelleren waar in een gebouw ze zich bevinden en om eigendomsrechten die boven elkaar liggen goed te kunnen vastleggen.

5.6.2 Mapping van objecttypen uit het Informatiemodel Kadaster

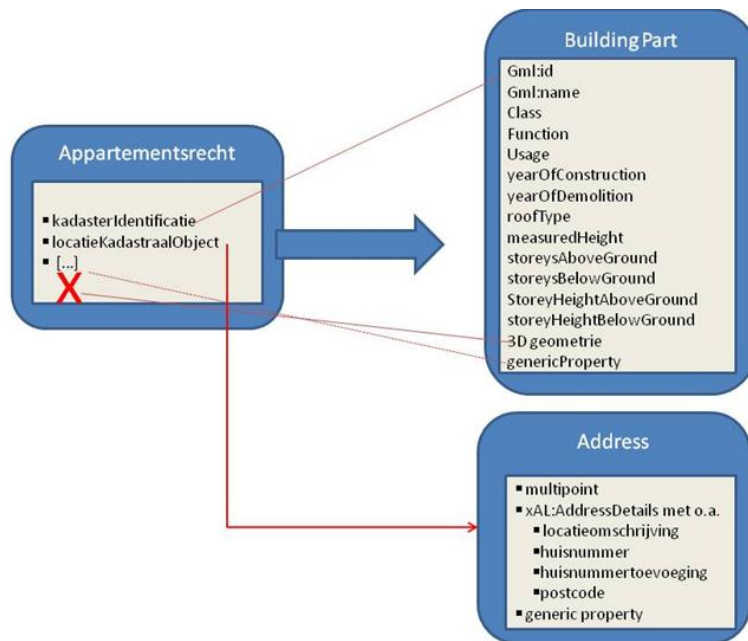
Het IMKAD Perceel is een subtype van het abstracte IMKAD objecttype Onroerende zaak en is opgebouwd uit kadastrale grenzen, waarvan apart de lijngeometrie wordt bijgehouden. De mapping van kadastrale grenzen naar 3D is buiten beschouwing gelaten. Het perceel kan gemapt worden naar het CityGML objecttype Land Use. De meeste attributen van Perceel kennen geen equivalent in Land Use en kunnen als generic property worden opgenomen, zoals *grootte*, of zijn niet zonder meer te hergebruiken in een 3D omgeving, zoals plaatsingspunten voor perceelnummers op de kadastrale kaart.

Hieronder wordt de mapping van IMKAD objecttypen met een geocomponent besproken.



Figuur 21. IMKAD Perceel.

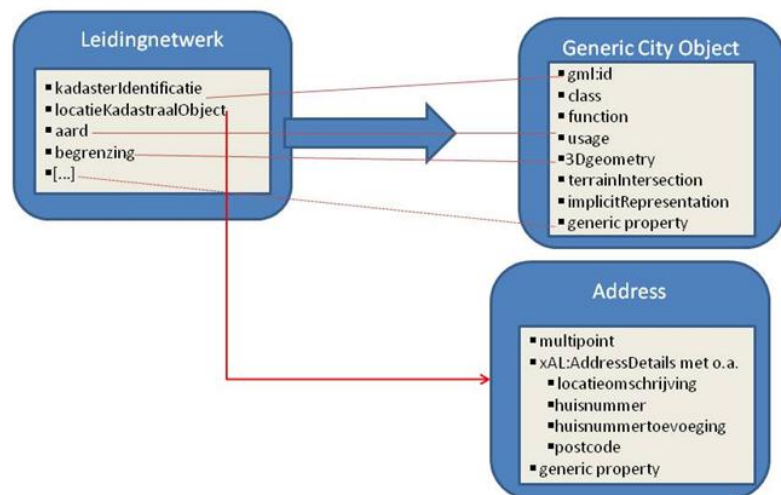
De locatie van het kadastraalobject is wel te mappen, namelijk naar Address.



Figuur 22. IMKAD Appartementsrecht.

Het appartementsrecht heeft een waarschijnlijk semantisch equivalent in het CityGML objecttype Building part. Dit objecttype is niet erg scherp gedefinieerd in CityGML waardoor het onduidelijk is of appartementsrechten er onder vallen. Building parts zijn 'structural parts of a building'. Ze kunnen zowel Buildings in parts onderverdelen, als Building parts nader verdelen. Zo beschouwd zouden BAG panden (bouwkundige eenheden binnen een gebouw) Building parts kunnen zijn en IMKAD Appartementsrechten, die overeenkomen met BAG verblijfsobjecten, Building parts binnen de Building parts die het Pand aangeven.

Probleem bij de mapping is het feit dat het appartementsrecht in IMKAD geen geometrie heeft. Het is via het objecttype Appartementencomplex gerelateerd aan een of meer percelen waarop het gelegen is. De geometrie van het perceel geeft alleen aan op welk terrein het appartementencomplex ligt en is uiteraard niet geschikt om als 3D geometrie van Building part te gebruiken. Daarvoor zou een nieuwe geometrie moeten worden ingewonnen die aangeeft waar in een gebouw het appartementsrecht zich bevindt.



Figuur 23.
IMKAD Leidingnetwerk.

Daarnaast heeft appartementsrecht een *locatie*, die net als bij Perceel te mappen is naar Address.

Het Leidingnetwerk is in IMKAD opgenomen omdat ook hier kadastrale rechten over geregistreerd worden (Nutsbedrijven kunnen bijvoorbeeld een hypotheek op een leidingnetwerk nemen). Hierboven is Leidingnetwerk gemapt naar het Generic City Object, omdat er in CityGML geen objecttype voor kabels of leidingen is. Als alternatief kan het Utility Networks ADE worden beschouwd. Het equivalent van een Leidingnetwerk is in dat model het objecttype Network. Voor IMKAD is het waarschijnlijk echter niet relevant om het Leidingnetwerk in een 3D topologisch model vast te leggen zoals in dit ADE gebeurt.

Ook bij het Leidingnetwerk objecttype kan weer de *locatie* naar Address worden gemapt. De *aard* van het leidingnetwerk kan worden opgenomen in het function en-of usage attribuut. De geometrie kan als lijn of vlak zijn opgenomen en is te mappen naar 3D geometrie.

De overige IMKAD objecttypen zijn buiten beschouwing gelaten omdat ze geen geo-object zijn. Het gaat dan onder andere om:

- te boek gestelde zaken: schepen en luchtvaartuigen;
- personen;
- stukken (brondocumenten);
- rechten.

5.6.3 Conclusie

Een deel van het Informatiemodel Kadaster kan semantisch naar CityGML gemapt worden. Het IMKAD Perceel komt overeen met Land Use. Het Leidingnetwerk objecttype kan naar Generic city object gemapt worden of eventueel naar Network uit de Utility Networks ADE, al is het 3D topografisch karakter daarvan waarschijnlijk overbodig voor IMKAD.

Appartementsrechten komen waarschijnlijk overeen met Building Part objecten. De benodigde 3D geometrie voor het mappen van appartementsrechten naar Building part ontbreekt echter in IMKAD. Verder is er behoefte aan een scherpere afbakening en/of betere uitleg van het CityGML begrip 'Building Part'.

5.7 IMWA

5.7.1 Inleiding

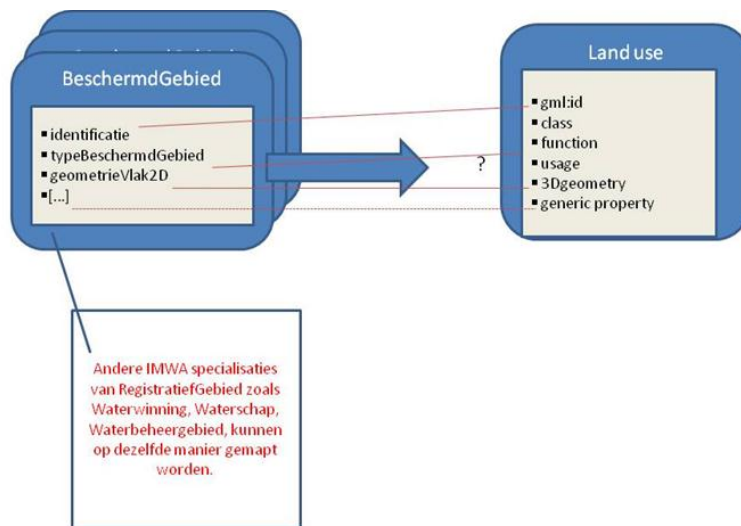
Het Informatiemodel Water (IMWA) is een uitgebreid informatiemodel rondom het thema water en bevat objecttype definities die te maken hebben met:

- waterlichamen;
- de door de mens gebouwde grotere objecten die met water te maken hebben (kunstwerken zoals bijvoorbeeld sluizen);
- inrichtingselementen rondom water;
- waterkeringen;
- gebieden die iets met waterhuishouding of waterbeheer te maken hebben;
- metingen;
- natuurlijke terreinvormen die met water te maken hebben zoals oevers;
- wegen.

In de watersector wordt 3D informatie al toegepast, om bijvoorbeeld overstromingsvoorspellingen te kunnen doen. In het IMWA is niet expliciet gekozen voor 2D danwel 3D geometrie. Wel wordt van geo-objecten, indien relevant, aangegeven of ze boven of onder een ander object liggen.

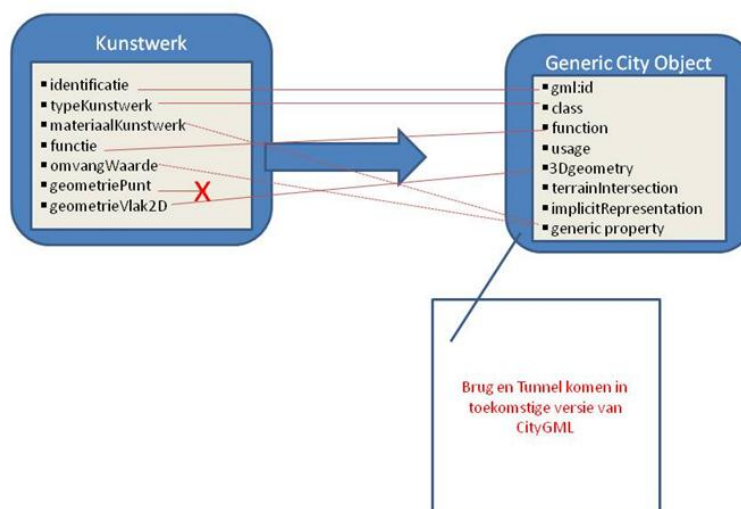
5.7.2 Mapping van water objecttypen

Hieronder wordt de mapping van objecttypen uit IMWA nader beschreven.



Figuur 24. IMWA Beschermd gebied.

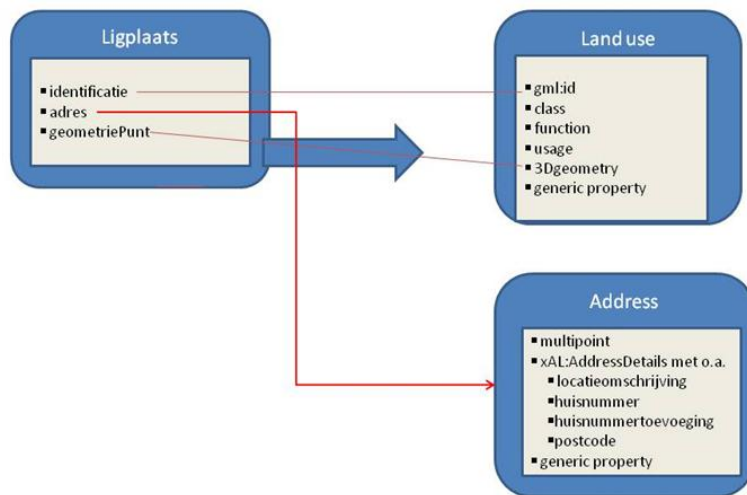
Het Beschermd gebied kan gemapt worden naar Land Use, waarbij het *typeBeschermdGebied* overeenkomt met het Land Use *function* attribuut. IMWA bevat naast het Beschermd gebied nog andere subklassen van Registratief gebied, zoals Waterwinning, Waterschap, en Waterbeheergebied. Deze kunnen ook naar Land Use gemapt worden.



Figuur 25. IMWA Kunstwerk.

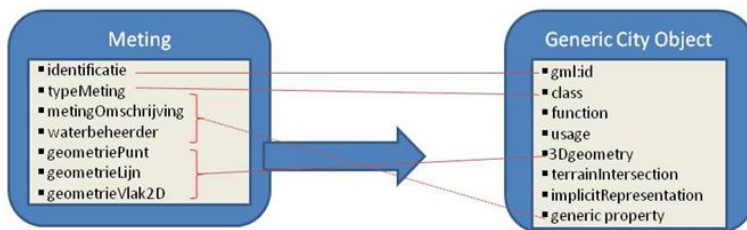
Er is geen objecttype in CityGML dat overeenkomt met het objecttype Kunstwerk. Daarom is het hierboven naar Generic city object gemapt. Veel voorkomende kunstwerken zijn bruggen en tunnels; voor beide is een ADE beschikbaar en naar verwachting komen Tunnel en Bridge straks in de 1.1 versie van CityGML terecht. Aan de hand van het *typeKunstwerk* kunnen dus sommige kunstwerken naar Tunnel danwel Bridge gemapt worden.

Het *typeKunstwerk* attribuut kan naar *class* gemapt worden en *functie* naar *function*. Voor het *materiaalKunstwerk* is in het Generic city object geen standaard attribuut beschikbaar maar kan een generic property worden gebruikt. Met wat extra moeite zou het materiaal attribuut ook naar X3DMaterial, onderdeel van het CityGML Appearance model, gemapt kunnen worden waarbij dan per IMWA materiaalsoort gedefinieerd moet worden wat daar de visuele eigenschappen (zoals kleur, transparantie, reflectie etc.) van zijn.



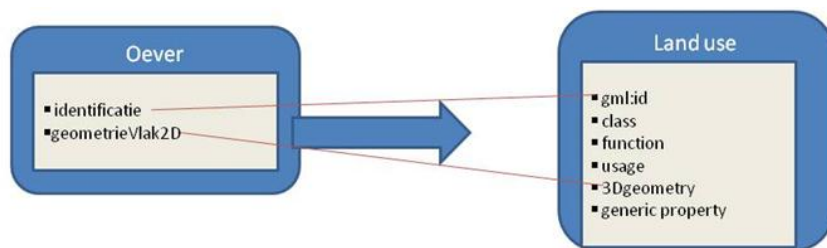
Figuur 26. IMWA Ligplaats.

Het objecttype Ligplaats geeft aan waar in het water een plaats is waar een adres aan gekoppeld is en waar een woonboot mag liggen. Hoewel de term Land Use klinkt alsof het om terrein gaat, blijkt uit de codelijst voor Land Use *class* dat het wel degelijk ook om water kan gaan. Het *adres* kan naar Address gemapt worden.



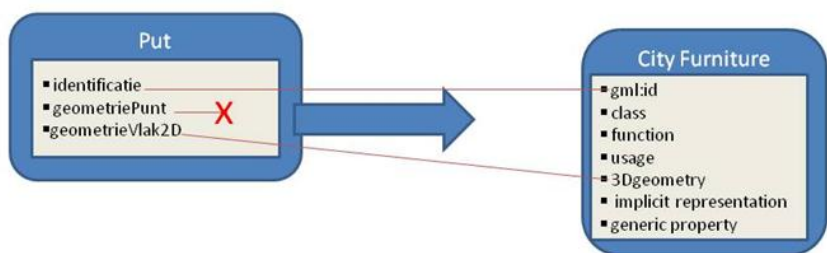
Figuur 27. IMWA Meting.

Het objecttype Meting is niet naar een specifiek CityGML objecttype te mappen. Wellicht kunnen metingen gemapt worden naar objecttypen uit de Hydro ADE, waar bijvoorbeeld Water Level en Water Depth te vinden zijn. Hierover was echter niet veel informatie te vinden. Metingen in IMWA zijn niet tot in detail uitgewerkt en er is niet uit af te lezen om wat voor meting het gaat (i.e. welk gegeven gemeten is). Dit gebeurt in een ander informatiemodel, namelijk UM Aquo. Hier wordt om deze redenen volstaan met een mapping naar Generic City Object. Als men in een 3D omgeving iets met de metingen wil doen dan zou nader gekeken kunnen worden naar UM Aquo en de Hydro ADE.



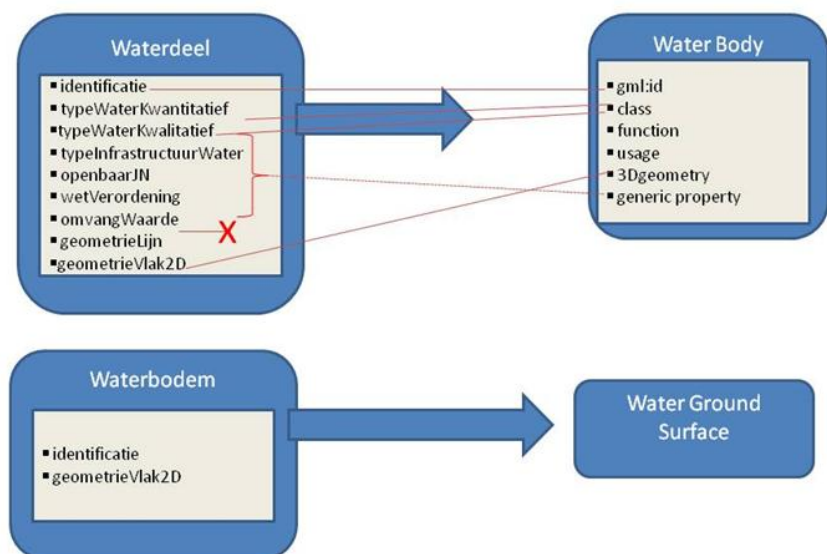
Figuur 28. IMWA Oever.

Voor Oever is geen specifiek objecttype in CityGML aanwezig. Het is te mappen naar Land Use waarbij de *function* uitgebreid zou moeten worden met een term 'bank'. Dat kan gedaan worden, want CityGML houdt het bij 'proposed code lists' die uitgebreid of vervangen mogen worden.



Figuur 29. IMWA Put.

Het IMWA objecttype Put kan gemapt worden naar City furniture. Hierbij kan een implicit representation gebruikt worden om eenmalig te beschrijven hoe alle putten worden weergegeven.



Figuur 30. IMWA Waterdeel en Waterbodem.

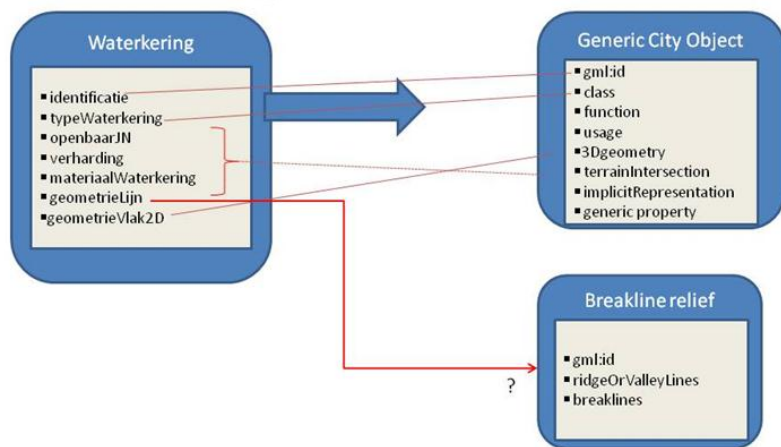
Het IMWA Waterdeel heeft een equivalent in het CityGML objecttype Water Body. De attributen *typeWaterKwantitatief* en *typeWaterKwalitatief* bevatten een zeer gedetailleerde classificatie van soorten oppervlaktewater. Deze zijn beide te mappen naar het *class* attribuut van Water Body, dat wel een veel minder gedetailleerde codelijst heeft, die echter wel uitgebreid mag worden. Probleem bij deze mapping is wel dat Water Body maar één voorkomen van het *class* attribuut mag hebben.

Het attribuut *typeInfrastructuurWaterdeel* heeft geen equivalent in het objecttype Water Body. In een 3D model van water is het af te leiden of twee waterdelen elkaar 'gelijkvloers' of 'ongelijkvloers' kruisen of een verbinding vormen. Water als infrastructuur is in CityGML niet in de Water Body module gemodelleerd, maar het is wel mogelijk water als een transportnetwerk te modelleren, of de geometrie als een verzameling verbonden 3D lijnen op te nemen.

Het attribuut *omvangWaarde* is niet te mappen naar een generic property. Deze generieke attributen in CityGML mogen alleen een enkelvoudige waarde hebben: een tekst, getal, boolean of URI. Het attribuut *omvangWaarde* is echter een samengesteld attribuut met een type element en een waarde element. Het attribuut biedt daarmee ruimte voor het opnemen van allerlei cijfers over het waterdeel die te maken hebben met hydrologie (bijvoorbeeld 'bergend vermogen winterpeil') of maatvoering (bodemhoogte, lengte, oppervlakte, en volume). Al dit soort gegevens kunnen wellicht in een 3D model worden afgeleid van de 3D objecten die het water en wat daar omheen ligt modelleren en hoeven dan niet expliciet te worden opgenomen. CityGML heeft wel een attribuut *waterLevel* bij het objecttype Water surface (de bovengrens van een Water Body).

De attributen *openbaarJN* en *wetVerordening* zijn te mappen naar generic properties.

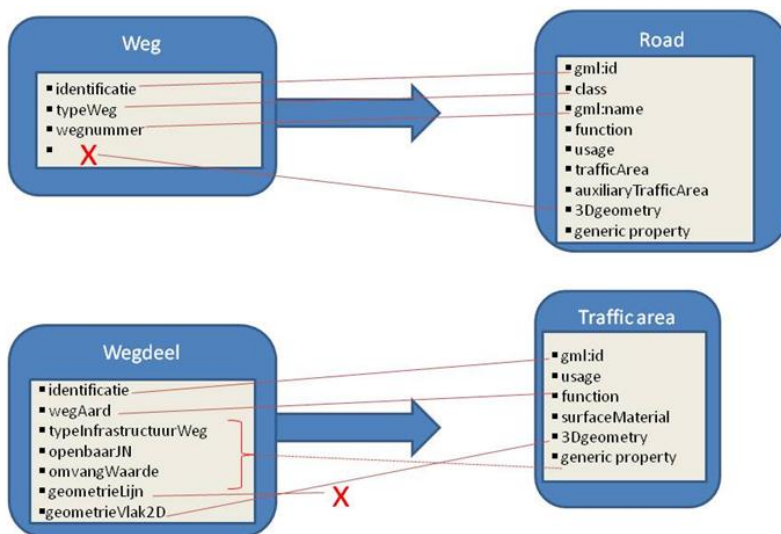
IMWA heeft ook een apart objecttype voor de Water bodem, overeenkomstig met Water ground surface in CityGML.



Figuur 31.
IMWA Waterkering.

Waterkeringen zijn niet expliciet gemodelleerd in CityGML. Dammen worden in de CityGML standaard genoemd als een voorbeeld van met Generic city object te modelleren objecten. Volgens de enumeratie van *typeWaterkering* (te mappen naar *class*) vallen onder IMWA waterkeringen dijken, dammen, duinen, hoge gronden, en kunstwerken. De overige attributen van Waterkering kunnen als generic property worden opgenomen. Het materiaal zou net als bij het IMWA Kunstwerk ook opgenomen kunnen worden met behulp van het Appearance model van CityGML.

Het is ook een optie om de waterkeringen met behulp van het CityGML digital terrain model op te nemen en daar Breakline relief voor te gebruiken.



Figuur 32.
IMWA Weg en Wegdeel.

IMWA objecttype Weg is te mappen naar Road, waarbij de *typeWeg* gemapt kan worden naar *class* en *wegnummer* naar *gml:name*. In IMWA heeft Weg geen eigen geometrie maar is een samenstelling van Wegdelen.

Het objecttype Wegdeel is te mappen naar Traffic area. Het attribuut *wegAard* komt overeen met *function*. Hierbij blijkt wel dat in IMWA ook wegdelen zijn opgenomen die in CityGML als Auxiliary traffic area zijn gemodelled, zoals plantvakken. De overige attributen zijn naar generic properties te mappen. Het attribuut *typeInfrastructuurWeg* heeft geen equivalent in CityGML, maar het is wel mogelijk om de wegen als een netwerk van 3D lijnen of vlakken te modelleren.

5.7.3 Conclusie

- Voor een 3D bestand op basis van IMWA zijn interessante toepassingen te bedenken; het model is 2D/3D neutraal.
- CityGML bevat geen equivalent van het objecttype Kunstwerk; bruggen en tunnels kunnen apart gemapt worden naar de Tunnel ADE en Bridge ADE die waarschijnlijk in CityGML 1.1 worden opgenomen.
- Materiaal is in IMKL bij sommige objecten relevant, dat kan in CityGML met het appearance model opgenomen worden.
- Er is geen semantisch equivalent voor Oever en voor Waterkering.
- IMWA Waterdeel heeft twee classificaties van gelijk gewicht, maar CityGML Water Body staat maar één *class* attribuut toe.
- IMWA heeft samengestelde attributen, deze zijn niet met een generic property af te vangen. Wellicht is dit geen probleem omdat ze allemaal te maken hebben met de omvang van objecten en mogelijk in 3D afleidbaar zijn.

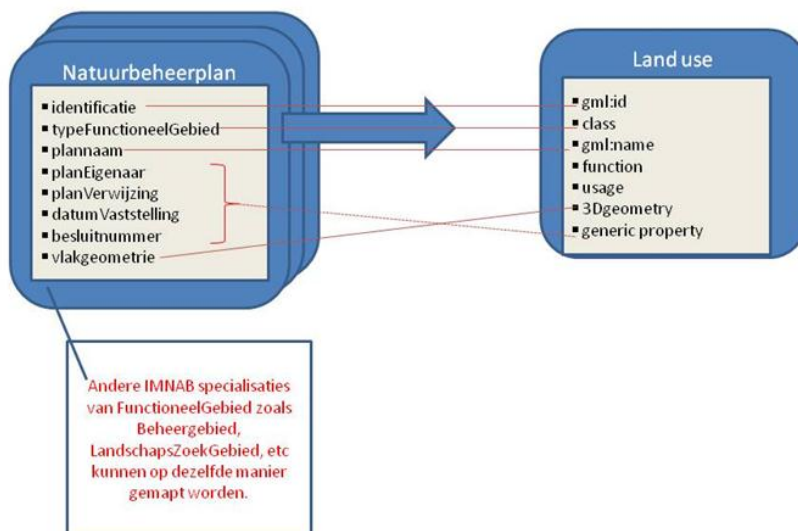
5.8 IMNAB

5.8.1 Inleiding

In het Informatiemodel Natuurbeheer zijn objecten met bijbehorende attributen en domeinwaarden en de (topologische) relaties tussen de objecten uitgewerkt, die een rol spelen in de Digitale Keten Natuurbeheer. Het model definieert een aantal soorten gebieden die in het beheer een rol spelen.

Het IMNAB speelt een rol in de subsidieverlening voor natuurbeheer. In die context lijkt een 3D IMNAB niet veel toegevoegde waarde te bieden.

5.8.2 Mapping van Natuurbeheer objecttypen



Figuur 33. IMNAB Natuurbeheerplan.

Het Natuurbeheerplan is een subtype van Functioneel gebied en kan gemapt worden naar het CityGML objecttype Land Use. Het *typeFunctioneelGebied* komt waarschijnlijk overeen met *class* of *function*. Het conceptrapport Informatiemodel natuurbeheer v1.29, dat als basis voor deze mapping is gebruikt, bevat geen enumeratie of codelijst voor type functioneel gebied. Het is daarom niet met zekerheid te zeggen. Omdat het om het type van functionele gebieden gaat, is het een mapping met Land Use *function* het meest voor de hand liggend.

De *plannaam* kan naar *gml:name* gemapt worden, de overige attributen als generic properties.

Andere IMNAB objecttypen zijn ook van Functioneel gebied afgeleid en kunnen allen naar Land Use gemapt worden.

5.8.3 Conclusie

Voor het Informatiemodel Natuurbeheer zijn geen voor de hand liggende 3D toepassingen te bedenken. Alle objecttypen zijn van Functioneel Gebied afgeleid en zijn zonder bijzonderheden te mappen naar Land Use.

5.9 Samenvatting

CityGML is een semantisch rijke 3D standaard en is daarom belangrijk voor de uitwisseling van 3D geo-informatie in Nederland. Om de mogelijke behoefte aan uitbreiding van CityGML te verkennen is een globale mapping gedaan tussen de Nederlandse (doorgaans op 2D gerichte) geo-informatie-modellen die als uitbreiding van het Basismodel Geo-informatie oftewel NEN 3610 zijn ontwikkeld enerzijds, en CityGML anderzijds.

De meeste informatiemodellen die zijn bekeken, zijn in grote lijnen goed te mappen naar CityGML of één van de bestaande ADE's. Voor de Nederlandse informatiemodellen zijn de ADE's Tunnel, Bridge, Utility Networks en mogelijk Hydro van belang. De objecttypen uit de Nederlandse informatiemodellen bevatten doorgaans meer attributen dan hun equivalent in CityGML. Deze kunnen doorgaans wel naar generic properties gemapt worden. Het komt ook voor dat objecttypen wel naar CityGML klassen te mappen zijn, maar er in de class, function en usage codelijsten geen geschikte waarden voor het objecttype bestaan. Deze CityGML codelijsten mogen worden uitgebreid.

Een probleem van CityGML is dat de definitie en beschrijving van sommige klassen ontbreekt of erg summier is en voor meerdere uitleggen vatbaar. Dit was bijvoorbeeld aan de orde bij het bepalen of klassen uit IMKAD en IMOOV naar Building Part gemapt konden worden.

Verder konden niet alle in de diverse informatiemodellen voorkomende klassen gemapt worden naar CityGML klassen. Dit gold bijvoorbeeld voor Oever, Waterkering, en diverse Kunstwerken uit IMWA.

Omgekeerd is het ook zo dat de informatiemodellen soms te weinig informatie bevatten voor omzetting naar 3D. Het duidelijkst speelde dit in IMKAD bij appartementsrechten, waarvan in het informatiemodel de geometrie niet is opgenomen.

Tenslotte kwamen er wat algemene problemen met attributen naar voren. Ten eerste komt het voor in informatiemodellen dat klassen twee gelijkwaardige classificaties hebben; bijvoorbeeld een indeling naar kwaliteit of naar kwantiteit van de IMWA klasse Waterdeel. In CityGML mogen klassen altijd maar één *class* attribuut hebben. Ten tweede kunnen generic properties, het vangnet voor in CityGML afwezige attributen, alleen enkelvoudige waarden hebben (tekst, getal, boolean, datum of URI). Bij de mapping kwamen er echter attributen naar voren die een complexe waarde hebben en dus niet in een generic property passen.

6. Integratie CityGML en IMGeo

Voor een 3D basisdataset (nodig voor referentie) is specifiek gekeken naar het Informatiemodel Geografie (IMGeo). Om te onderzoeken wat de impact is voor IMGeo om CityGML te kunnen ondersteunen is een CityGML implementatieprofiel IMGeo uitgewerkt. In dit implementatieprofiel zijn de afspraken vastgelegd voor het modelleren van grootschalige topografie in 3D. Naast specifieke IMGeo aspecten, bevat dit implementatieprofiel ook aspecten die voor het generieke CityGML-NL profiel van belang zijn. In een later stadium zullen daarom op basis van opgedane ervaringen met CityGML-IMGeo ook de andere informatie modellen volgens dezelfde methode kunnen worden uitgebreid met 3D concepten.

Voor CityGML-IMGeo is het belangrijk om zo goed mogelijk aan te sluiten bij de internationale standaard CityGML. CityGML concepten moeten daarom zo veel mogelijk worden hergebruikt.

Een belangrijke stap voor het maken van een implementatieprofiel 3D IMGeo, was daarom een detailvergelijking tussen de concepten gemodelleerd in CityGML en in IMGeo. Deze mapping wordt eerst beschreven. Op basis van deze mapping beschrijft de tweede sectie een voorstel voor een implementatieprofiel CityGML-IMGeo.

Het implementatieprofiel is zodanig van opzet dat het 2D IMGeo bevat, waarbij het toevoegen van de derde dimensie optioneel is.

6.1 Mapping van IMGeo concepten naar CityGML

Omdat IMGeo tot nu toe alleen maar 2D objecten bevat is de meest voor de hand liggende mapping die tussen IMGeo klassen en CityGML LOD0 klassen, ook al sluit de vereiste positionele nauwkeurigheid van IMGeo objecten beter aan bij hogere LOD's, zoals weergegeven in tabel 4 (vergelijk met tabel 2).

IMGeo Klasse	Positionele nauwkeurigheid
Terreindeel	0,60 m
Waterdeel	0,60 m
Wegdeel	0,30 m
Pand	0,30 m
Kunstwerkdeel	0,30 m
Mast	0,30 m
Spoor	0,30 m
Overig bouwwerk	0,30 m of 0,60 m * afhankelijk van subtype
Scheiding	0,30 m of 0,60 m * afhankelijk van subtype

Tabel 4.
Positionele nauwkeurigheid IMGeo.¹²

Echter, als er alleen gekeken wordt naar LOD0 heeft dit beperkingen voor de relevante CityGML klassen (niet alle CityGML klassen hebben een LOD0 representatie, zie tabel 5). Daarom wordt er bij de mapping ook naar andere LOD's gekeken en in CityGML-IMGeo zijn LOD0 representaties voor deze concepten toegevoegd.

CityGML module	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Building		•	•	•	•
CityFurniture		•	•	•	•
LandUse	•	•	•	•	•
Relief	•	•	•	•	•
Transportation	•	•	•	•	•
Vegetation		•	•	•	•
WaterBody	•	•	•	•	•
Generics	•	•	•	•	•

Tabel 5.
Beschikbare LOD's voor iedere CityGML thematische module.

12. Informatiemodel BGT, gegevenscatalogus Versie 0.9_7, ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Het resultaat is de mapping zoals weergegeven in tabel 6.

IMGeo Klasse	CityGML klasse (ook andere dan LOD0)	Komt voor in CityGML LOD0?
Kunstwerkdeel	Bridge, Tunnel en voor Kunstwerkdelen niet zijnde Brug of Tunnel is OtherConstruction klasse toegevoegd, afgeleid van _Site	Nee
Inrichtingselement	CityFurniture (Building voor OverigBouwwerk)	Nee
Pand	Building, BuildingPart	Nee
Spoor	Railway	Ja maar dan een netwerk; surface vanaf LOD1 (TrafficArea)
Terreindeel	Land Use en PlantCover	Ja
Waterdeel	Water Body	Ja
Wegdeel	Road, Traffic Area	Ja, maar dan een netwerk; pas surface vanaf LOD1 (TrafficArea)
Registratief Gebied	LandUse	

Tabel 6. Mapping tussen objectklassen in IMGeo en CityGML voor het CityGML-IMGeo implementatieprofiel.

Naast deze mapping voor de klassen, is er ook een mapping uitgevoerd voor de attributen en codelijsten. Een voorbeeld hiervan is opgenomen in Bijlage I (met dank aan Stefan Thorn, MSc student GIMA). Deze mappings vormen de basis voor het CityGML implementatieprofiel voor IMGeo dat in de volgende sectie zal worden toegelicht.

6.2 Basisprincipes CityGML-IMGeo

Deze sectie beschrijft de basisprincipes voor het implementatie profiel CityGML-IMGeo.

6.2.1 3D IMGeo als CityGML implementatie

Om optimaal aan te sluiten bij de OGC standaard CityGML is het belangrijkste modelleerprincipe voor 3D IMGeo dat bestaande concepten in CityGML worden gebruikt waar mogelijk. Dit principe geldt voor alle model-elementen (klassen, attributen, attribuutwaarde, enumeraties in de codelijsten). Bijvoorbeeld IMGeo Wegdeel wordt gemodelleerd als CityGML Transportation-TrafficArea (en niet naar een van de supertypes) en 'typeWeg' en 'functieWeg' worden toegewezen aan de CityGML 'Usage' respectievelijk 'Function' attributen waarbij idealiter ook de bestaande CityGML waarden in de codelijsten zo veel mogelijk worden gebruikt.

Omdat CityGML gebruikt wordt voor de 3D IMGeo implementatie is de belangrijkste afspraak voor de implementatie dan ook dat **alle CityGML-IMGeo instanties moeten worden gecodeerd volgens de CityGML standaard**.

6.2.2 CityGML uitbreiding niet als ADE

Het voorstel voor 3D IMGeo is een 'domeinuitbreiding' van CityGML, maar dit is geen ADE. ADE's zijn bedoeld om te worden opgenomen in de OGC standaard. In dit geval gaat het vooral om afspraken in Nederland. CityGML-IMGeo volgt echter wel de methode voor uitbreiding zoals die in de CityGML specificaties voor ADE's wordt beschreven. Het maken van een ADE is alleen beschreven in relatie tot XML schema, niet in relatie tot het modelleren in UML. Dit profiel doet het laatste. Hierbij is gekeken naar het werk van Clemens Portele zoals beschreven in 'OWS-6 UTDS-CityGML Implementation Profile' 4.

6.2.3 Hergebruik van CityGML concepten

Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van CityGML concepten. Tabel 6 geeft per IMGeo hoofdklasse de CityGML klasse aan die gebruikt is in CityGML-IMGeo. Deze mappings zijn gebaseerd op de klassen die qua semantiek het meeste overeenkomen, ongeacht de LOD.

Daarnaast bevat het CityGML-IMGeo profiel CityGML klassen die niet in IMGeo zitten, maar die wel gebruikt zijn voor het (beter) modelleren van specifieke IMGeo concepten. Dit zijn *Vegetation* waarin alle IMGeo informatie over vegetatie wordt gemodelleerd (dit is nu verspreid over verschillende klassen zoals scheiding (heg) en terreindeel (bos, heide etc.) en *AuxiliaryTrafficArea*, voor Wegdelen en WegInrichtingselementen welke niet gebruikt worden voor verkeer (zoals vluchtheuvels en bermen). Ook het IMGeo concept Terreindeel-functieTerrein-Spoorbaan is toegevoegd aan de CityGML klasse *AuxiliaryTrafficArea*. Tenslotte is er een extra klasse toegevoegd ten opzichte van CityGML, namelijk *OtherConstruction* voor Kunstwerkdeel.

Om zo dicht mogelijk bij het model te blijven, maakt CityGML-IMGeo gebruik van de Engelse termen. Vanwege de onduidelijke definities van CityGML concepten, zijn de mappings tussen IMGeo en CityGML concepten echter niet altijd eenduidig. Daarom bevat het CityGML-IMGeo implementatieprofiel de expliciete relaties tussen IMGeo en CityGML concepten: welke CityGML klasse, attribuut en attribuutwaarden worden gebruikt voor welke IMGeo klasse, attribuut en attribuutwaarden. Deze relaties zijn terug te vinden in de UML modellen voor zover dat kan worden gemodelleerd (niet beschikbaar in dit rapport; maar wel als onderdeel van de IMGeo standaard, zie Geonovum). In een toekomstige versie zullen overzichtelijke 'vertaal' tabellen ook worden toegevoegd aan dit implementatieprofiel.

Voor wat betreft de codelijsten, worden de CityGML codelijsten gebruikt, doch niet de waarden in deze lijsten. De reden hiervoor is dat er geen definities zijn van deze waarden en dat het daarom (op dit moment) zuiverder is de IMGeo termen een op een te gebruiken (tenzij CityGML specificaties in de toekomst met definities worden uitgebreid).

6.2.4 Nadere afspraken over CityGML klassen en gebruik van LOD's

Ten behoeve van het eenduidig toepassen van het LOD concept per klasse, bevat het implementatieprofiel nadere afspraken hierover. Dit zijn:

Nauwkeurigheid

- De nauwkeurigheidseisen die CityGML per LOD voorschrijft (zie tabel 2), **worden niet overgenomen**. De reden is dat IMGeo nauwkeurigheidseisen kent die ongeveer gelijk zijn aan de CityGML nauwkeurighedsrichtlijnen voor LOD3. In plaats daarvan definieert dit implementatieprofiel eenzelfde nauwkeurigheid voor alle LOD's volgens de positionele nauwkeurigheid zoals IMGeo voorschrijft, zie tabel 4. Het gebruik van een bepaalde LOD voor een specifieke klasse is daarmee alleen afhankelijk van meer of minder details in de *derde* dimensie.

Alle IMGeo klassen krijgen LOD0 representatie

Alle CityGML-IMGeo klassen krijgen een LOD0 curve, surface of multiSurface presentatie (conform hun IMGeo geometrietype), om de objecten als onderdeel van het 2.5D terrein te kunnen modelleren (vergelijk met tabel 5).

- Building, BuildingPart, BuildingInstallation;
- Bridge;
- Tunnel;
- OtherConstruction;
- CityFurniture;
- Land Use;
- Water Body;
- Road, Railway, Traffic Area;
- Vegetation.

Nadere afspraken over geometrietypen

- Voor Wegdeel en Waterdeel wordt, in tegenstelling tot CityGML, geen netwerk gemodelleerd (IMGeo doet dit ook niet).
- Spoor krijgt een LOD0 curve geometry type (en neemt dus niet het LOD0 GeometricComplex geometrietype over van CityGML voor het beschrijven van een netwerk).

- In tegenstelling tot CityGML ondersteunt CityGML-IMGeo geen volumerepresentatie voor Waterdeel; slechts surface geometrie voor Water Body. Uiteraard kan met CityGML principes de volumerepresentaties eenvoudig worden toegevoegd.

Gebruik van hogere LOD's

- CityGML-IMGeo ondersteunt voor sommige klassen volume of andere presentaties in 3D op LOD1, LOD2 en LOD3, namelijk voor:
 - Panden (BuildingPart);
 - Overige Bouwwerken (Building en BuildingInstallation);
 - Kunstwerken (OtherConstructions);
 - Inrichtingselementen (CityFurniture), met ook ondersteuning voor 'implicit representations';
 - Bomen (SolitaryVegetationObjects), met ook ondersteuning voor 'implicit representations'
- LOD4 is buiten de scope van IMGeo.

6.2.5 Topologische structuur van LOD0 representaties op maaiveldniveau

IMGeo 2.0 definieert topologische structuur als volgt:

"De volgende opdelende objecttypen bedekken op maaiveldniveau (niveau 0) het grondgebied van Nederland voor 100%:

- Terreindeel;
- Waterdeel;
- Wegdeel."

Dit principe is overgenomen in CityGML-IMGeo en aangepast aan de mogelijkheden en wensen voor de derde dimensie. Dat resulteert in de volgende regels voor topologie:

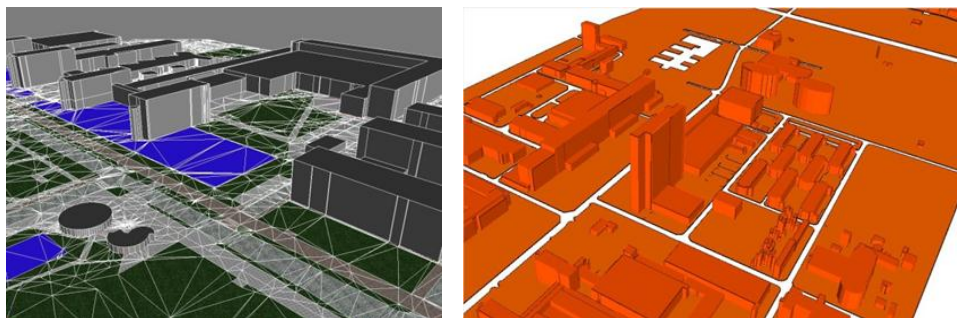
- Alle opdelende objecten op maaiveldniveau vormen te samen een 2.5D topologische gesloten structuur.
- De 2.5 D footprints voor de inrichtende elementen op maaiveldniveau vormen tezamen met de opdelende objecten een DTM. Deze 2.5D footprints, voor inrichtende elementen zijn namelijk nodig om de 3D variant van het object in het terrein te kunnen plaatsen.
- NB: Omdat de footprints van alle IMGeo vlakobjecten terugkomen in LOD0 zijn er geen aparte Terrain Intersection Curves nodig.

Met dit principe breidt CityGML-IMGeo het modelleerprincipe voor topologie dat CityGML hanteert voor Land Use uit naar andere klassen. Dit 2.5D topologieprincipe voor Land Use is in de CityGML specificaties als volgt omschreven (vertaald uit het Engels):

"De 2.5D surface geometrie (GML3 surface of multiSurface) van Land Use-objecten hebben 3D coördinaten met eventueel *appearance* eigenschappen. *Land Use* objecten kunnen worden gebruikt voor een coherente geometrische en semantische indeling van het aardoppervlak. Als deze optie wordt toegepast moeten de topologische relaties tussen twee buurobjecten expliciet worden gemaakt door deze één keer te noemen als *LineStrings* en hiernaar te verwijzen in de corresponderende *Polygons* door middel van *XLinks*."

Voor CityGML-IMGeo wordt hetzelfde principe gehanteerd maar nu uitgebreid met objecten uit andere klassen op maaiveldniveau die gemodelleerd zijn met een LOD0 representatie (soms extra ten opzichte van CityGML). Tegelijkertijd wordt de klasse Land Use beperkt tot Terreindeel zoals dat gebruikt is in IMGeo en worden waarden die feitelijk water, weg, spoor en dergelijke representeren genegeerd.

Figuur 34 toont zo'n 2.5D getrianguleerd oppervlak waarbij IMGeo objecten 3D coördinaten hebben gekregen. Dit 2.5D oppervlak per object (figuur 34, rechts) is het resultaat van een 'constrained triangulation' van laserpunt data, zoals AHN, waarbij als breaklines de 2D grenzen van IMGeo zijn gebruikt (figuur 34, links). Zie ook sectie 2.4.

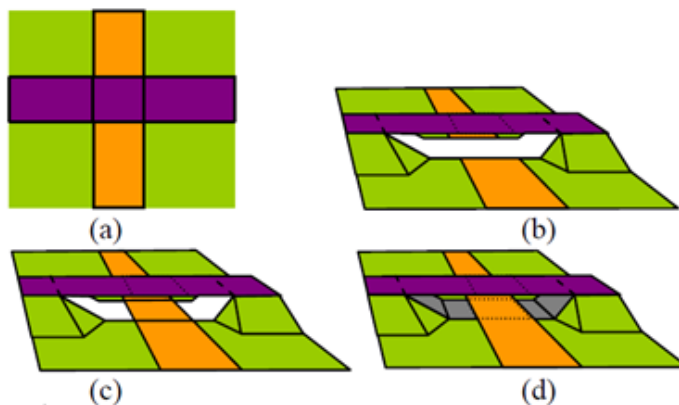


Figuur 34. Getrianguleerd terrein (links) met daarop gedefinieerd de IMGeo vlakken (rechts).

6.2.6 RelatieveHoogteligging gerealiseerd in CityGML-IMGeo

Het concept dat is gemodelleerd met IMGeo relatieveHoogteligging (om aan te geven dat objecten zich boven of onder het maaiveld bevinden) wordt in CityGML-IMGeo als volgt gemodelleerd (gevisualiseerd in figuur 35; overgenomen uit Oude Elberink 2010¹³). Vlakobjecten boven en onder het maaiveld worden met hun 2.5D LOD0 representatie in de derde dimensie geplaatst. Een belangrijke eis hierbij is de aansluiting op het 2.5D IMGeo-DTM dat het maaiveld representeert, zoals dat gedefinieerd is in de vorige sectie (ervan uitgaande dat de onder- en bovengrondse objecten ergens het maaiveld raken). Hiervoor kan het nodig zijn om nieuwe 2D grenzen toe te voegen welke een extra variatie in 3D kunnen beschrijven zoals te zien in figuur 35 (b). Ook kan het nodig zijn om terreinvlakken onder (of boven) deze objecten aan te brengen om te zorgen dat het DTM-IMGeo geen gaten bevat (figuur 35 c en d).

RelatieveHoogteligging is dus geen onderdeel van CityGML-IMGeo. Echter als wordt besloten dat CityGML-IMGeo ook 2D IMGeo zal vervangen zal het attribuut wel behouden blijven om de relatieve hoogte van objecten administratief te kunnen aangeven in een tot 2D beperkt gebruik van het model.



Figuur 35. Het concept relatieve-Hoogteligging in 3D.

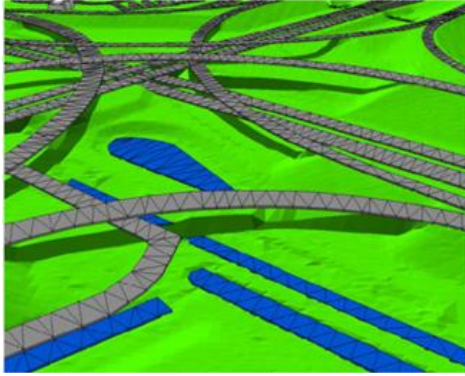
Figuur 36 laat twee voorbeelden zien waarbij dit principe is gerealiseerd.

6.2.7 Referentiesysteem

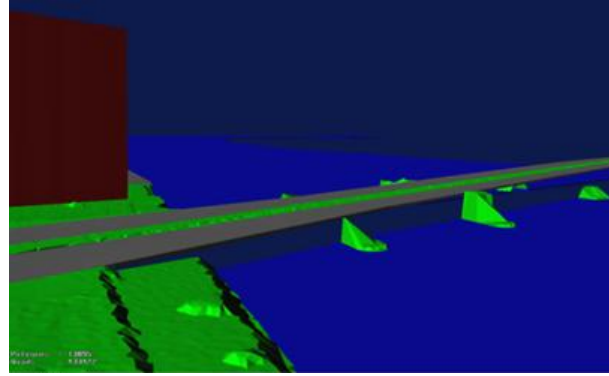
Voor CityGML-IMGeo wordt het Spatial Reference System EPSG:7415¹⁴ gehanteerd. Dit is een samengesteld SRS met RD voor de XY dimensie (EPSG:28992) en NAP voor de Z dimensie (EPSG:5709). Hiernaar moet expliciet gerefereerd worden in het CityGML bestand.

13. 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 Faculty of Geo-Information and Earth Observation ITC, 2010. ISBN: 978-90-6164-288-6.

14. Overeenkomstig het raamwerk van geo-standaarden, versie 2.1.



Voorbeeld van 3D surface representatie van (kruisende) wegdelen, waterdelen en terreindelen, overgenomen uit ¹³



3D model van 3D Pilot testgebied; gegenereerd door Oude Elberink, ITC U Twente op basis van AHN2 en TOP10NL

Figuur 36. Voorbeelden van surfaces onder en boven het maaiveld.

6.3 DTB en 3D IMGeo

Ook het Digitaal Topografisch Bestand (DTB)¹⁵ van Rijkswaterstaat heeft een soortgelijke aanpak voor een 2.5D modellering voor topografie. Voorbeelden hiervan uit bestanden beheerd door Rijkswaterstaat DID en Provincie Noord-Brabant zijn opgenomen in Bijlage II respectievelijk Bijlage III. Deze voorbeelden laten zien dat een dergelijke aanpak in de praktijk werkbaar is. Het DTB kent echter geen hoogte-informatie binnen de vlakken in tegenstelling tot de vlakgeometrieën van CityGML-IMGeo. Deze extra hoogte-informatie zou daarom een verrijking zijn.

6.4 3D Top10NL

Naast 3D IMGeo, is ook TOP10NL een potentiële kandidaat voor een 3D basisset topografie. Verschillende 3D Pilot deelnemers hebben dan ook TOP10NL data opgewaardeerd tot 3D TOP10NL, op basis van een combinatie van TOP10NL data en laserpuntdata, zie figuur 37. De resultaten hiervan zijn beschreven in zowel het eindrapport van de use cases als het eindrapport van de werkgroep Aanbod van 3D geo-informatie.

Vervolgonderzoek zal inzicht moeten geven in de haalbaarheid van 3D TOP10NL als 3D referentieset voor heel Nederland. 3D TOP10NL zal daarbij een combinatie zijn van topologisch gestructureerde 2.5D representaties van bepaalde klassen aangevuld met 3D representaties van andere klassen, zoals eerder is voorgesteld voor 3D IMGeo.

Het detailniveau van 3D TOP10NL sluit aan bij een 1:10 k representatie. Dat wil zeggen dat hiermee een fotorealistische representatie wordt uitgesloten.

De twee hoofdvragen voor het genereren van 3D TOP10NL zijn:

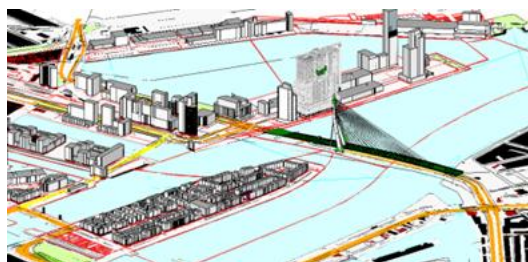
1. Waar moet 3D TOP10NL aan voldoen (met name qua inhoud)?
 - Wat is de definitie van 3D TOP10NL?
 - Hoe worden de diverse TOP10NL klassen gerepresenteerd in 3D?
 - Hoe sluiten de echte 3D representaties aan op de 2.5D representaties?
2. Hoe kan deze gedefinieerde inhoud automatisch worden gegenereerd op basis van een combinatie van TOP10NL en laserpuntdata (zoals AHN2) gebruikmakend van de eigenschappen van TOP10NL klassen (zoals water = vlak, wegdelen kunnen geen abrupt hoogteverloop hebben)?

Interessant in deze zijn de resultaten die zijn bereikt voor 3D topografie zoals hierboven al werd genoemd.

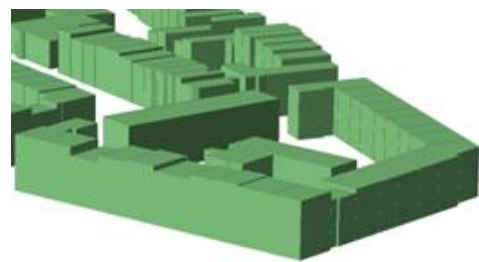
15. http://www.rws.nl/kenniscentrum/contracten/data_eisen/digitaal_topografisch_bestand/.

Door middel van aanvullende tests op andere testgebieden zullen deze onderzoeksresultaten in de nabije toekomst verder worden gefinetuned, zodat er een workflow komt voor heel Nederland en ook de bovenstaande twee vragen beantwoord kunnen worden.

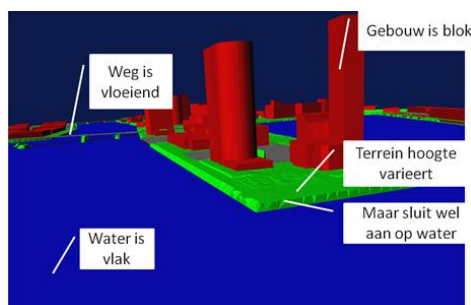
Naast het nader definiëren en genereren zal ook het beheer van een 3D TOP10NL dataset nader onderzoek vergen waarbij òf de 3D representatie expliciet wordt opgeslagen, òf TOP10NL en laserpuntdata apart waarbij de 3D representatie on demand kan worden gegenereerd (en de werkwijze nauwkeurig omschreven is). Tenslotte is uitwisseling een belangrijk aspect van 3D TOP10NL als referentieset. Omdat GML in principe ondersteuning biedt voor 2.5D en 3D representaties zou dit een goed uitleveringsformaat kunnen zijn. De ervaringen met CityGML-IMGeo kunnen vervolgens helpen bij het eventueel definiëren van een CityGML-TOP10NL.



3D TOP10NL, door Bentley.



TOP10NL gebouwen in 3D, door iDelft.



3D TOP10NL op basis van zinvolle combinatie met laserpuntdata, door ITC, U Twente.



Toekennen van z waarde aan elke TOP10NL vertex door Kadaster.

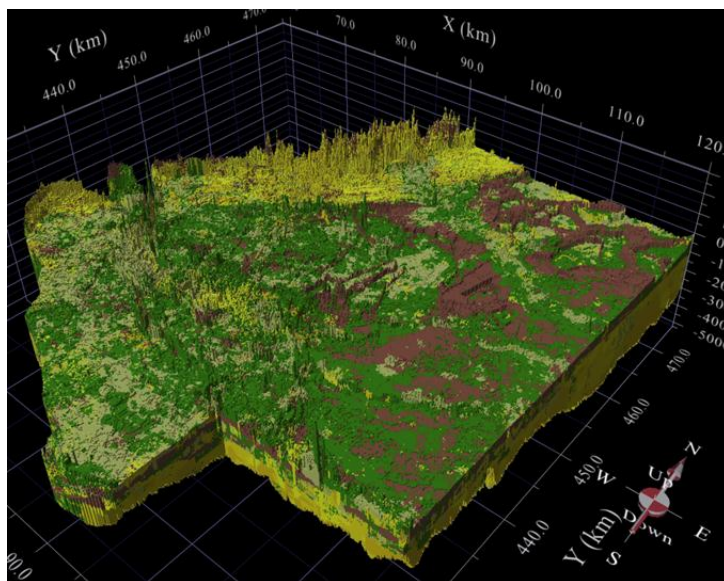
Figuur 37. 3D Top10NL.

7. Requirements vanuit de use case

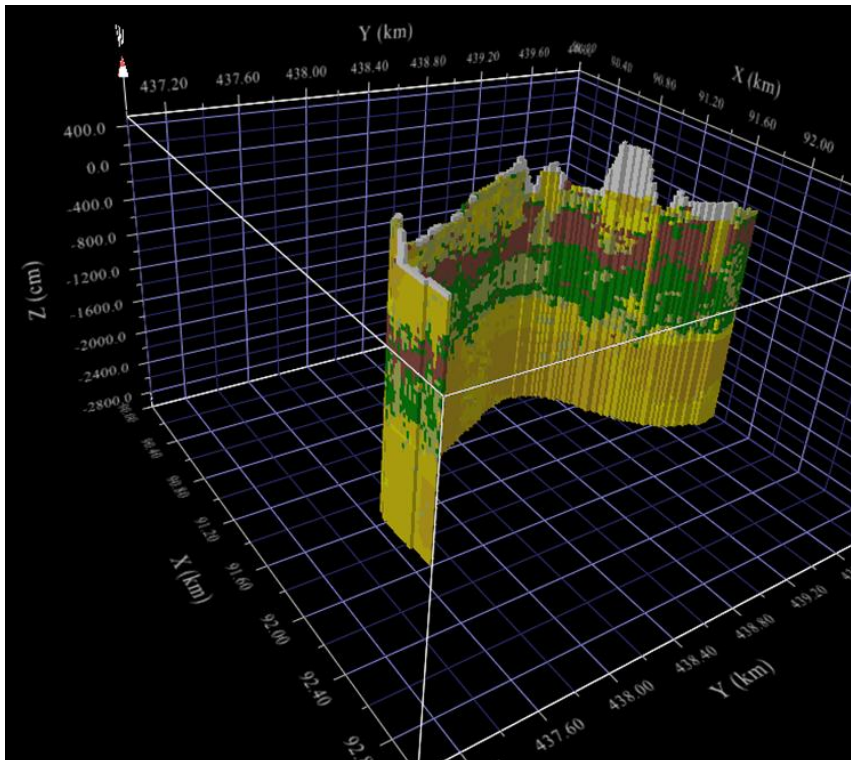
7.1 3D standaard voor voxels

De Geologische Dienst Nederland – TNO biedt verschillende modellen van de ondergrond aan, met verschillende functies en doelgroepen. Enerzijds zijn er de laagmodellen, waarin de positie en geometrie van verschillende discrete aardlagen zijn weergegeven, vaak als 2.5D raster. Anderzijds biedt TNO ook modellen aan die zowel continue als discrete velden weer kunnen geven in 3D. Dit gebeurt met modellen waarin de ondergrond is opgedeeld in voxels. Een goed voorbeeld hiervan is GeoTOP: een model waarin de ondergrond is opgedeeld in voxels van 100 m x 100 m x 0,5 m. Elke voxel heeft een waarde voor verschillende attributen: grondsoort, verschillende fysische en chemische eigenschappen alsook onzekerheden die uit het modelleerproces volgen.

Er komt steeds meer vraag naar deze 3D ondergrondmodellen. Bijvoorbeeld vanuit de bouwindustrie, waar de behoefte steeds groter wordt om de 3D gebouwde omgevingsobjecten te combineren met de 3D omgeving. Hieronder valt de ondergrond, maar ook de atmosfeer (bijvoorbeeld luchtstroommodellen) en waterlichamen (bijvoorbeeld temperatuursmodellen of saliniteitsmodellen). Om aan deze vraag te kunnen voldoen is TNO op zoek naar manieren om deze voxelmodellen van de ondergrond te kunnen uitdragen en delen met gebruikers. Het breed geaccepteerde CityGML zou hiervoor een logische keus zijn, aangezien CityGML voorzieningen biedt om 3D gebouwde objecten en hun relaties te modelleren. Op dit moment is er binnen CityGML echter geen mogelijkheid om voxels te representeren. Het mogelijk maken om met CityGML voxelmodellen te kunnen representeren zou tegemoet komen aan de huidige, maar vooral aan de toekomstige gebruikersbehoeften van de CityGML gemeenschap.



Figuur 38. Een uittreksel uit het GeoTOP model dat verschillende grondsoorten (klei, zand, veen) weergeeft.



Figuur 39. Een doorsnede van GeoTOP langs een traject van de RandstadRail.

8. Wijzigingsvoorstellen voor OGC CityGML standaard

In dit hoofdstuk zijn puntsgewijs de wijzigingsvoorstellen vanuit Nederland voor CityGML geformuleerd, welke naar voren kwamen bij het opstellen van het CityGML implementatieprofiel voor IMGeo. Deze wijzigingsvoorstellen zullen door de 3D Pilot bij OGC worden ingediend en tevens toegelicht tijdens de Standards Working Group (SWG) CityGML van OGC in september 2011.

8.1 Duidelijkere definities

CityGML is doelbewust vaag gehouden om het model generiek te houden. Maar het zou goed zijn om wel formele definities te hebben voor de objecttypen, attributen en codelijsten zodat de gebruiker meer context heeft om te begrijpen wat er met het concept wordt bedoeld.

8.2 Gebruik van codelijsten

Codelijsten kunnen alleen maar uitgebreid worden waarbij de reeds bestaande codes niet kunnen worden genegeerd. Maar zonder definities is het niet altijd duidelijk of een code hergebruikt kan worden of dat er een nieuwe code nodig is. Codelijsten kunnen verbeterd worden door zowel definities toe te voegen als de mogelijkheid geven om waarden uit de codelijsten te vervangen met andere waarden (en daarbij de CityGML waarde negeren).

8.3 Nauwkeurigheid vereisten van LOD's duidelijker maken

Het is niet duidelijk of de nauwkeurigheid die gegeven wordt in de specificaties per LOD harde eisen zijn (zie tabel 2).

8.4 Betere richtlijnen voor CityGML uitbreiding

Er bestaan geen richtlijnen om CityGML uit te breiden voor een specifiek domein zoals IMGeo. Bijvoorbeeld of dat gedaan moet worden via een ADE of via de methode van generic objects en generic attributes. Betere richtlijnen komen de interoperabiliteit ten goede omdat software hierop kan inspelen (ook ondersteuning voor uitbreidingen).

8.5 Alle CityGML klassen moeten een LOD0 representatie hebben

Uit het resultaat voor IMGeo-CityGML blijkt de meerwaarde om alle klassen te kunnen representeren in LOD0. Dat geeft namelijk de mogelijkheid om een 2D topologisch gestructureerd bestand op te waarderen naar een 2.5D terrein model in CityGML. Dit 2.5D terreinmodel moet ook een 2.5D topologische structuur ondersteunen op dezelfde manier zoals de huidige CityGML specificaties dat beschrijven voor Land Use.

8.6 Wijziging voor Land Use I

Land Use bevat momenteel waarden voor elk type terrein, ook waar het gaat om objecten die op andere LOD's met andere klasse worden gemodelleerd. Voor meer coherentie tussen de LOD's en betere specificatie mogelijkheden op LOD0 is in CityGML-IMGeo ervoor gekozen om Land Use te beperken tot IMGeo Terreindeel-typen. Ons voorstel is dat CityGML hetzelfde doet en LOD0 representaties voor de andere klassen toevoegt aan het model en tegelijkertijd functies die deze andere klassen specificeren verwijdert uit de Land Use function codelijst. Bijvoorbeeld de waarden Road, Railway, Track, River, Harbour, Sea, Shipping . Dit geldt ook voor waarden welke vegetatie beschrijven. Deze objecten kunnen beter met een LOD0 representatie van Vegetation worden gemodelleerd. Het opsplitsen van Land Use typen over andere klassen is niet alleen goed voor consistentie tussen LOD's maar geeft ook betere integratiemogelijkheden met externe data.

8.7 Wijziging voor Land Use II

Een andere verbeterpunt voor CityGML is het toevoegen van een extra codelijst voor landCover. In de function codelist staan waarden die zowel met fysiek voorkomen als met functie te maken hebben

terwijl het beter is Land Use te kunnen specificeren met een functie **en** het fysieke voorkomen (zoals ook in IMGeo gebeurt).

8.8 Klasse OtherConstruction toevoegen

Er bestaat geen CityGML klasse voor kunstwerken. We stellen daarom voor om een klasse OtherConstruction toe te voegen onder _site, die **niet** bestaan uit tunnels, bruggen en gebouwen (die zijn wel gemodelleerd in CityGML).

8.9 Klasse(n) voor voxels toevoegen

Op dit moment is er binnen CityGML geen mogelijkheid om voxels te representeren. Het mogelijk maken om met CityGML voxelmodellen te kunnen representeren zou tegemoet komen aan de behoefte om 3D modellen van ondergrond, atmosfeer (bijvoorbeeld luchtstromen) en waterlichamen (bijvoorbeeld temperatuursmodellen of saliniteitsmodellen) te combineren met een 3D model van de gebouwde omgeving.

9. Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusies en aanbevelingen vanuit de werkgroep 3D Standaard NL voor Nederland gedaan.

9.1 Conclusies

1. CityGML heeft de beste potenties om als uitgangspunt te dienen voor een uitbreiding van Nederlandse standaarden naar 3D. CityGML heeft de beste ondersteuning voor wat betreft semantiek, objecten, attributen en georeferentie, en kan gebruikt worden via het Web. Omdat CityGML een OGC standaard is, garandeert de aansluiting op deze standaard ook interoperabiliteit in een internationale context. Ook andere landen zoeken voor hun 3D modellering aansluiting bij CityGML. Een voorbeeld is het 'UTDS-CityGML Implementation Profile' voor Urban Topographic Data Store (UTDS)¹⁶ (waar in ons voorstel nauw bij aangesloten wordt). Ook Duitsland werkt op dit moment aan een 3D uitbreiding van ALKIS, het Duitse kadastrale model op basis van CityGML. Tenslotte wordt ook voor de INSPIRE specificaties¹⁷ voor Building (Annex 3) de aansluiting gemaakt met CityGML.
2. CityGML is een rijke standaard in een open formaat. Dit zorgt ervoor dat eenvoudige conversies mogelijk zijn naar bijvoorbeeld KML, Collada, X3D voor visualisatiemogelijkheden op het web ook met commerciële viewers zoals Google Maps, Google Earth en BING maps.
3. De IFC standaarden en CityGML standaarden zullen naast elkaar blijven bestaan waarbij IFC zich richt op 'local' informatie (alle informatie dat betrekking heeft op een gebouw en de bouwomgeving waar gezamenlijk wordt gewerkt aan ontwerp, uitvoering en beheer) en CityGML zich richt op de 'global' informatie (volledige 3D informatie van grotere gebieden zoals een stad, rijkswegennet, etc.). Conversie software van de een naar de ander of hybride omgevingen bestaan en zullen verbeterd worden. In de pilot is wel vastgesteld dat CityGML zich niet moet richten op LOD4 (dit is het domein van de IFC standaarden) en dat de Nederlandse gebruikers van IFC standaarden de IFC standaarden niet gaan uitbreiden voor 'global' informatie.
4. De meeste informatiemodellen uit de NEN 3610 piramide die zijn bekeken, zijn in grote lijnen goed te mappen naar CityGML of één van de bestaande ADE's. De objecttypen uit de Nederlandse informatiemodellen bevatten doorgaans meer attributen dan hun equivalent in CityGML. Deze kunnen doorgaans wel naar generic properties gemapt worden. Het komt ook voor dat objecttypen wel naar CityGML klassen te mappen zijn, maar er in de class, function en usage codelijsten geen geschikte waarden voor het objecttype bestaan. Deze CityGML codelijsten mogen en dienen op dit punt te worden uitgebreid.
5. Door de werkgroep 3D Standaard NL is IMGeo volledig gemodelleerd in CityGML om in detail te onderzoeken welke consequenties dit heeft voor IMGeo 2D en voor CityGML. Dit CityGML implementatieprofiel voor 3D IMGeo laat zien dat het mogelijk is om de afspraken die zijn vastgelegd in IMGeo te vertalen naar een CityGML codering. Het uitgewerkte model is zodanig van opzet dat het zowel 2D IMGeo als verschillende LOD's van CityGML ondersteunt. Deze nauwe integratie tussen CityGML en bestaande informatiemodellen is, ook internationaal gezien, een unieke afspraak voor standaardisatie in 3D. De directe aansluiting op CityGML zorgt ervoor dat clients die CityGML ondersteunen ook kunnen omgaan met 3D IMGeo. NB: Omdat CityGML een generieke standaard is en het IMGeo implementatieprofiel ook bestaat uit uitbreidingen en nadere afspraken, zal de CityGML-IMGeo data, en met name de IMGeo specifieke aspecten, (in eerste instantie) alleen bewerkt kunnen worden door CityGML- en IMGeo-aware software. Het CityGML implementatieprofiel voor 3D IMGeo heeft door de concrete uitwerking geleid tot 8 wijzigingsvoorstellen voor de CityGML standaard en aanbevelingen voor IMGeo 2D om nu al goed te kunnen aansluiten op CityGML.

16. OGC® OWS-6 UTDS-CityGML Implementation Profile, editor: Clemens Portele, version 0.3.0, OGC 09-037r1.

17. <http://inspire-forum.jrc.ec.europa.eu/pg/file/jgaffuri/read/32990/buildings-data-specifications-version-1>.

6. De ervaringen uit de use cases laten zien dat CityGML werkt. CityGML was inhoudelijk prima geschikt om de use cases te ondersteunen. CityGML bleek wel te beperkt qua opzet voor de ondergrond. Vanuit de use cases is een wens tot uitbreiding voor voxels om geologische data te kunnen modelleren naar voren gekomen (en hiertoe is een negende wijzigingsvoorstel geformuleerd). Kanttekeningen worden nog wel geplaatst bij de beperkte ondersteuning vanuit commerciële software en de moeilijkheid in de opbouw van CityGML files.
7. In zijn algemeenheid zijn 3D objecten geometrisch en topologisch minder expliciet gedefinieerd dan 2D objecten. Dit komt doordat de ervaring met 3D objecten vrij recent is gestart waardoor de geometrische en topologische beschrijving vaak nog onvoldoende door praktijkervaring zijn verbeterd. Een consequentie hiervan is dat beperkt gevalideerd kan worden op de geometrische en topologische juistheid van 3D objecten.

9.2 Aanbevelingen

1. De keus voor CityGML bevestigen in de volgende versie van het raamwerk van geostandaarden. Hierbij dient dan tevens de relatie te worden aangegeven met de andere 3D standaarden.
2. De negen in dit rapport beschreven wijzigingsvoorstellen die uit de 3D Pilot naar voren zijn gekomen indienen en begeleiden binnen OGC.
Concreet betekent dit dat de negen wijzigingsvoorstellen in de OGC online change request database worden opgevoerd en dat de wijzigingen in de OGC Standards Working Group (SWG) CityGML in september 2011 worden toegelicht. De verwachting is ook dat Geonovum capaciteit zal leveren om ervoor zorg te dragen dat de wijzigingen op de goede manier worden doorgevoerd in een volgende versie van CityGML.
3. Zorg dat IMGeo qua concepten en structuur zoveel mogelijk is aangesloten op CityGML.
Deze aanbeveling is inmiddels uitgevoerd doordat het CityGML implementatie profiel voor 3D IMGeo op 29 april 2011 is besproken in de stuurgroep IMGeo / begeleidingsgroep Informatiemodellen & Specificaties van het programma Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT). Deze groep heeft deze aanbeveling overgenomen en IMGeo 2.0 (inclusief BGT) zal op CityGML worden aangepast.
4. Zorg voor een goede afstemming met de IFC standaarden.
Dit dient op organisatorisch en technisch niveau plaats te vinden. Organisatorisch door het maken van afspraken met de bouwwereld. Het platform BIM omgeving lijkt hier het meest geschikt voor. Technisch door harmonisatieafspraken en mappings te maken tussen de IFC standaarden en het CityGML profiel voor IMGeo. Dit laatste kan het best plaatsvinden door een echte case te pakken van bijvoorbeeld een gemeente waarbinnen deze uitwisselbaarheid van belang is.
5. Zet een Spatial Interest Group (SIG) CityGML op.
Hiermee krijgen de ontwikkelingen rondom de 3D standaarden een duurzamere verankering. Zet de SIG CityGML bij voorkeur in samenwerking op met de in Duitsland reeds bestaande SIG¹⁸. Hierdoor is het effect groter (de ontwikkeling van CityGML komt vooral uit Duitsland) en is meer kennisdeling mogelijk.
6. Neem de resultaten van dit eindrapport met de aanbevelingen mee in het NEN 3610 stelseloverleg.
In het NEN 3610 stelseloverleg zitten de beheerders van de informatiemodellen uit de NEN 3610 piramide die kennis kunnen nemen van de resultaten uit de 3D Pilot en daardoor op dezelfde manier toekomstig gebruik kunnen maken van CityGML.
7. Ontwikkel implementatie instrumenten voor de toepassing van het CityGML implementatieprofiel 3D IMGeo. De gemeenten lijken hierbij het beste vertrekpunt omdat deze organisaties in de pilot hebben aangegeven hiermee verder te willen en er op dit moment een aantal gemeenten gestart zijn of voornemens zijn 3D data op te bouwen.

18. <http://www.sig3d.de/>.

Zorg bij deze ontwikkeling dat dit samen met het programmabureau BGT van het ministerie van Infrastructuur en Milieu vorm krijgt.

Voorbeelden van implementatieinstrumenten zijn:

- Validators.
- Het opbouwen en beheer van CityGML-IMGeo data: 'Op welke (verschillende) wijze(n) (onder andere gebruik van AHN) kan CityGML-IMGeo data worden gegenereerd?', 'Op welke wijze kan de data worden bijgehouden?', 'Op welke wijze kan 2.5D topologie worden opgebouwd en beheerd?'
- Besteksteksten voor het in de markt zetten van 3D dataopbouw.
- Voorbeelden waar 3D informatie gemeentelijke vraagstukken beter kan oplossen.
- Etc.

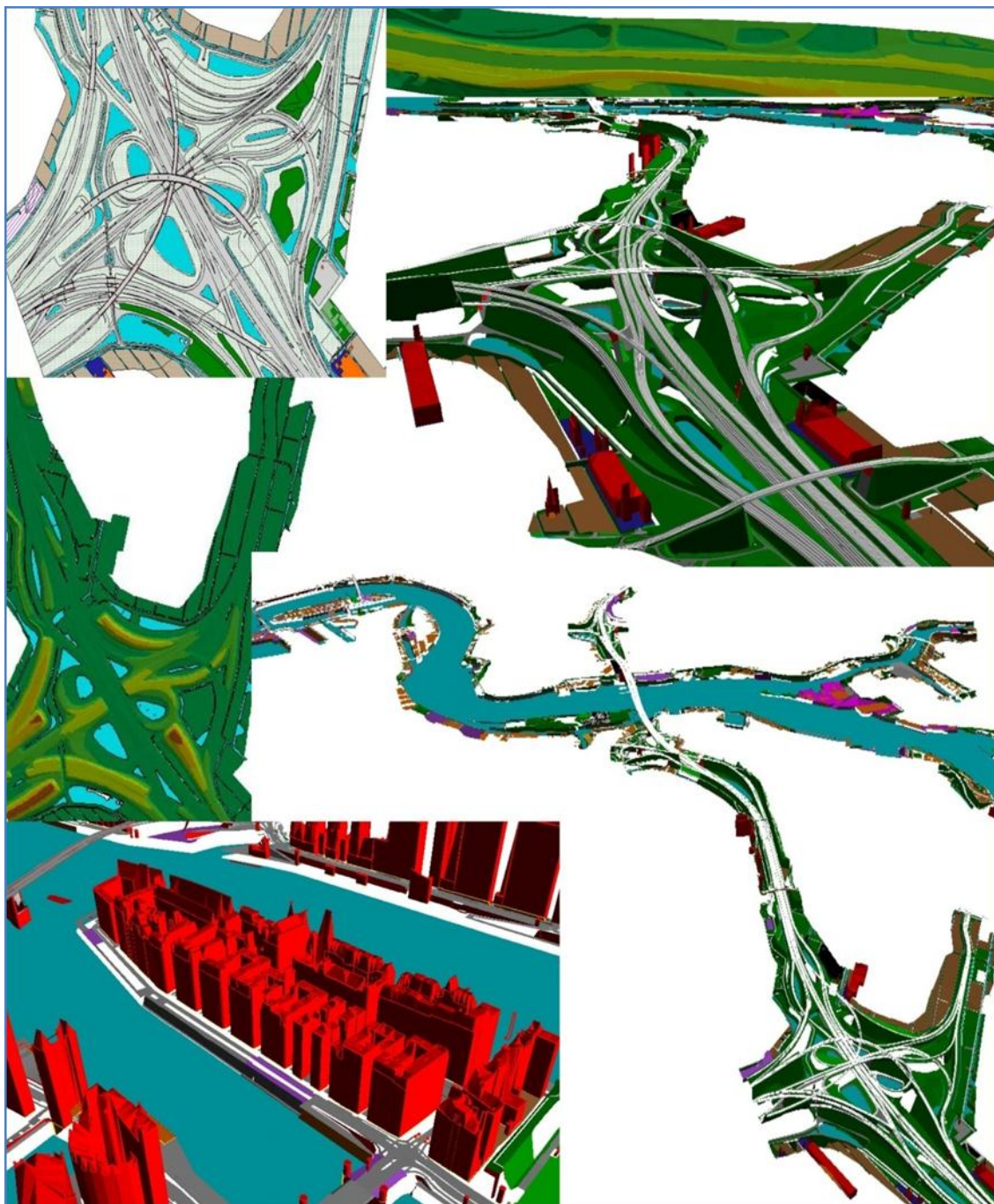
Bijlage I. Mapping tussen IMGeo Terreindeel en CityGML Land Use

Zie volgende pagina.

IMGEO 2.0 (gml 3.2.1) Terreindeel		CityGML (gml 3.1.1) LandUse		Enumeration / Codelist	E/C	m/o	Format	Attribute	xsd	Format	AbstractFeatureType	feature.xsd	Attribute	xsd	Format	Codelist
AbstractFeatureType					E		NilReasonType	boundedBy	feature.xsd		AbstractFeatureType	feature.xsd	boundedBy	feature.xsd		
IMGEOobject					E		string	status					location			LocationPropertyType
BGTobject BGT					C		CodeType	bronhouder	IMGEO-2.0.xsd		AbstractCityObjectType	building.xsd	_GenericApplicationPropertyOfCityObject creationDate			anyType
							dateTime	eindRegistratie					externalReference			ExternalReference
							boolean	identificatie	NEN3610ID				generalizesTo			GeneralizationRelation
							boolean	inOnderzoek					terminationDate			date
							MeekundigPunt	meetkundigPunt								
							dateTime	objectEindTijd			LandUse	landUse.xsd	_GenericApplicationPropertyOfLandUse			anyType
							integer	objectBeginTijd					class			LandUseClassType
							integer	relatieveHoogte					function			LandUseFunctionType
							dateTime	relatieveHoogte					lod0MultiSurface			MultiSurface
							dateTime	tijdstipRegistratie					lod1MultiSurface			MultiSurface
NEN3610ID							string	lokaalID	IMGEO-2.0.xsd				lod2MultiSurface			MultiSurface
							string	namespace					lod3MultiSurface			MultiSurface
							string	versie					lod4MultiSurface			MultiSurface
MeekundigPunt BGT							date	datumInwinning	IMGEO-2.0.xsd				usage			LandUseUsageType
							Point	geometrie								C
							NEN3610ID	identificatie								
					C		CodeType	inwinnendeInstantie								
					E		InwinningmethodeType	inwinningmethode								
							integer	nauwkeurigheid								
Terreindeel							LijnOfVlak	geometrie	IMGEO-2.0.xsd							
					E		FunctionType	functieTerrein								
					E		FysiekVoorkomenType	fysiekVoorkomen								
							Curve	kruintijdsgeometrie								
							boolean	waterbergend								
							boolean	waterkerend								
LijnOfVlak							Curve	lijn	IMGEO-2.0.xsd							
							Surface	vlak								

Bijlage II. Voorbeelden van 2.5D topologische modellering voor topografie, Rijkswaterstaat

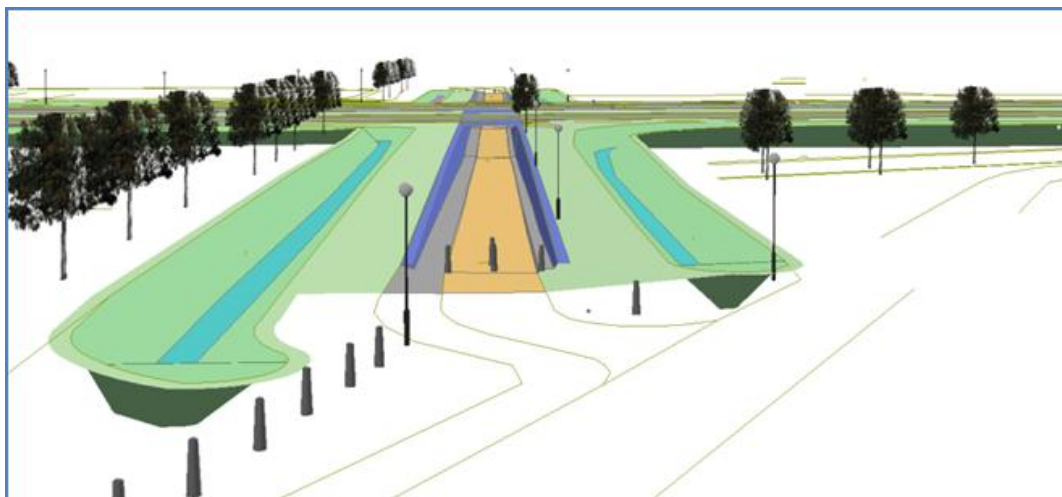
Bron: Rijkswaterstaat (met ook 3D gebouwen).

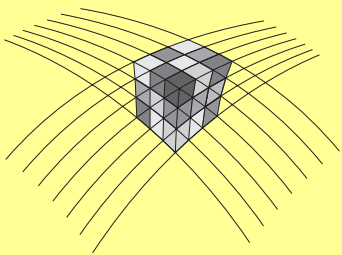




Bijlage III. Voorbeelden van 2.5D topologische modellering voor topografie, provincie Noord-Brabant

Bron: provincie Noord-Brabant.





KONINKLIJKE NEDERLANDSE
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN