



Den Haag



Gemeente Rotterdam

T3D

Naar een ontologie voor 3D omgevingsgegevens

Datum: 6 april 2023

Project: Totaal Driedimensionaal – Thesaurus/Ontologie

Projectleider/Hoofdredacteur: Hein Corstens

Ontwikkelaar: Marinus Vonhof

Projectteam/ Redactie:

- Hein Corstens (gemeente Den Haag)
- Bart den Dulk (VNG)
- Gerlof de Haan (VNG)
- Corné Helmons (gemeente Rotterdam)
- Rolf Jonker (gemeente Rotterdam)
- Eric Oosterom (RIONED)
- Yoni Roberti (gemeente Amsterdam)
- Marinus Vonhof (RIONED)
- Rachenie Voois Makoe (gemeente Den Haag)
- Rosan van Wilgenburg (gemeente Amsterdam)
- Guido Ypenburg (gemeente Den Haag)

Contactpersoon: Hein Corstens (hein.corstens@denhaag.nl; hein@corstens.nl)

Inhoud

1. INLEIDING	3
2. T3D-ONTOLOGIE	5
3. AANPAK SEMANTISCHE ANALYSE	8
4. GEOMETRIE	15
5. GEBOUW	23
6. WEG	27
7. KOLK	31
8. BOOM.....	33
9. BEVINDINGEN EN VERVOLGAANPAK	37
REFERENTIES	39
AFKORTINGEN	40

1. Inleiding

Achtergrond

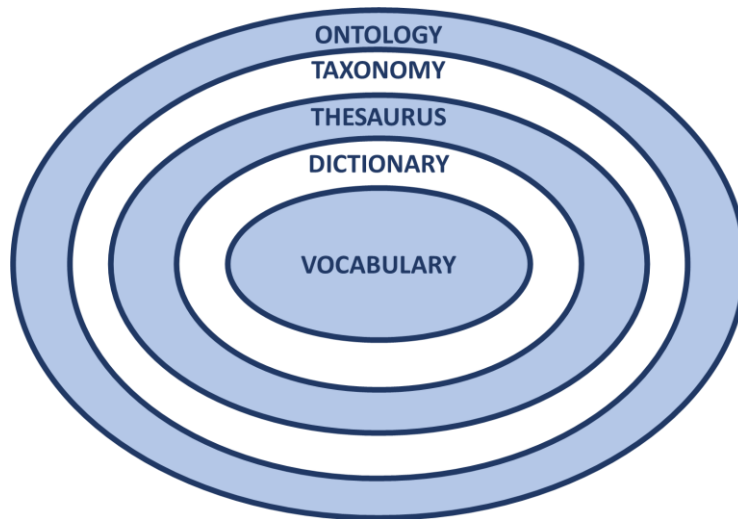
In het programma Totaal Driedimensionaal (T3D) werken de VNG en de gemeenten Amsterdam, Rotterdam en Den Haag samen aan praktische oplossingen voor ontsluiting, gebruik, registratie en inwinning van driedimensionale (3D) informatie over objecten in de fysieke leefomgeving. Totaal Driedimensionaal wil een doorbraak creëren op dat gebied door beschikbare 3D informatie op te nemen in overheidsregistraties. Deze informatie wordt vervolgens gebruikt voor de taken en uitdagingen waar de overheid voor staat.

T3D gaat uit van de keten inwinnen-bewaren-gebruiken. In de deelketen ‘bewaren’ is een informatiemodel geïmplementeerd als ruimtelijke database, gebaseerd op de OGC-standaard CityGML en het informatiemodel van de Samenhangende Objectenregistratie (SOR). De gegevens uit die database worden in de deelketen ‘gebruiken’ benut voor toepassingen, zoals vergunningverlening. In de deelketen ‘inwinnen’ worden gegevens ingewonnen als BIM-modellen, Sketch-upmodellen en puntenwolken, die geheel of gedeeltelijk getransformeerd worden naar CityGML.

Doel

Teneinde de data ook in een Linked Data-omgeving beschikbaar te krijgen, waardoor ze ‘FAIR’ (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) worden, is besloten een beproeving te doen met een ontologie. Een ontologie is een semantisch informatiemodel, dat geïmplementeerd kan worden op het semantisch web (Linked Data). Een ontologie is een expliciete specificatie van concepten in een bepaald domein. Een ontologie is gestructureerd opgebouwd. Er kunnen de volgende op elkaar voortbouwende lagen worden onderscheiden (zie figuur 1):

1. Vocabulaire: woordenlijst
2. Dictionary: gegevenswoordenboek: termen met definities
3. Thesaurus: dictionary, aangevuld met een beschrijving van relaties tussen termen
4. Taxonomie (ook wel aan te duiden als ‘soortenboom’): classificatie van begrippen, d.w.z. een ordening ervan in klassen en subklassen.
5. Ontologie: taxonomie, aangevuld met eigenschappen van en relaties tussen begrippen op een zo formeel mogelijke manier. Een belangrijke relatie is de samenstellingsrelatie ofwel deel-geheelrelatie.



Figuur 1 Van vocabulary tot ontology

De beproeving is tweeërlei:

1. Het laagdrempelig als ontologie beschikbaar stellen van het informatiemodel van T3D. Het resultaat is te vinden op Gemma online.
2. Semantische analyse, gericht op een klein aantal objecttypen in T3D en hierbinnen op het aspect geometrie. Verschillende relevante definities en informatiemodellen zijn geïnventariseerd en geanalyseerd. Doel is helderheid te verkrijgen in terminologie en definitie, zowel voor de mens als voor de computer. Het resultaat staat op <https://data.gwsw.nl/1.6/t3d/index.html>.

Overzicht van de inhoud

In hoofdstuk 2 wordt de eerste beproeving, de beschikbaarstelling van het informatiemodel als ontologie toegelicht. Deze wordt gezien als een onderdeel van de T3D-referentiearchitectuur, gespecificeerd in de standaardtaal Archimate.

De hoofdstukken 2 tot en met 8 behandelen de semantische analyse. De aanpak wordt uitgebreid toegelicht in hoofdstuk 3. In de hoofdstukken 4 tot en met 8 wordt de analyse achtereenvolgens toegepast op de begrippen Geometrie, Gebouw, Weg, Kolk en Boom.

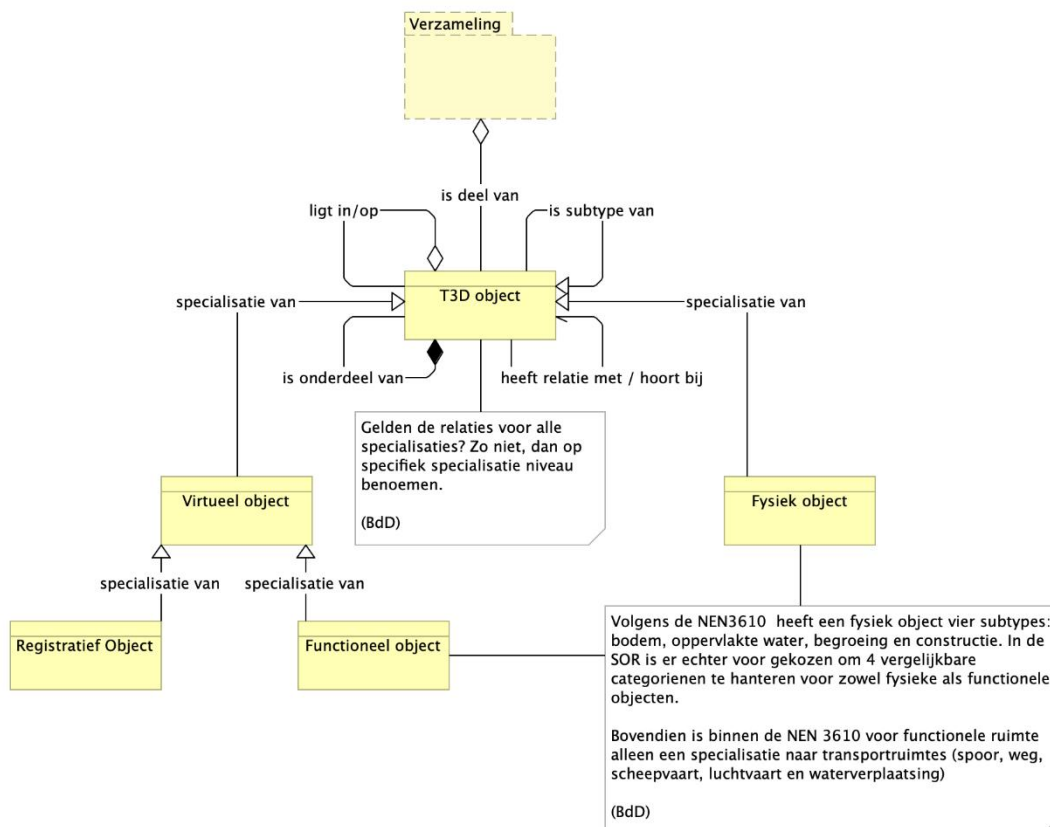
Het rapport wordt afgesloten met bevindingen en suggesties voor de vervolgaanpak in hoofdstuk 9.

2. T3D-ontologie

Binnen het T3D-programma is een architectuur opgesteld waarin een inrichtingsvrije beschrijving is gemaakt van (de samenhang binnen) de T3D-keten. Deze beschrijving bevat verschillende elementen (bedrijfsfuncties, bedrijfsprocessen, begrippen, referentiecomponenten) die als blauwdruk kunnen dienen voor de implementatie van een 3D objectenbeheerketen binnen een gemeente. Een architectuur kan ook worden gezien als een kennismodel voor een bepaald organisatorisch domein. De architectuur voor T3D is op GEMMA online gepubliceerd [1].

Archimate

De architectuur van T3D is vastgelegd in de standaardtaal Archimate. Archimate bevat zelf een vastgesteld metamodel [2]. Aanvullend kan er voor een specifiek domein waarvoor een architectuur wordt vastgesteld ook een metamodel worden opgesteld. Dit specifieke metamodel (ook wel: kennismodel) geeft een nadere duiding van de objecttypen die worden gehanteerd voor het specifieke domein. T3D volgt het kennismodel van de GEMMA [3].



Figuur 2 Kennismodel voor de begrippen in T3D; NB T3D-object is een Geo-object (NEN 3610)

T3D-begrippen

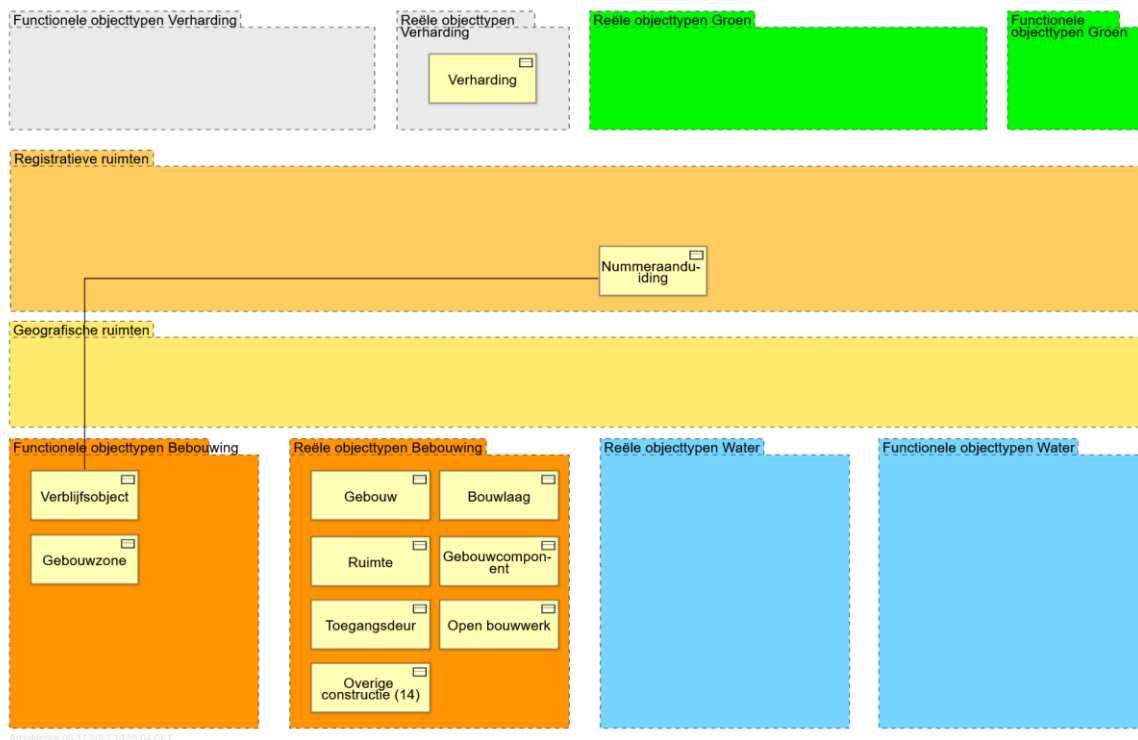
Begrippen worden binnen de architectuur weergegeven met behulp van het elementtype bedrijfsobject. Een bedrijfsobject wordt vastgelegd met behulp van de naam van het bedrijfsobject, de definitie van het bedrijfsobject en relaties met andere bedrijfsobjecten. Enerzijds kunnen relaties van een vastgesteld type zijn; binnen Archimate zijn de volgende relatietypen mogelijk tussen bedrijfsobjecten: compositie, aggregatie, specialisatie en associatie. Anderzijds kan een relatie zelf ook nog een definitie en eigenschappen bevatten. Bij voorkeur wordt dit in het kennismodel ook geïndiceerd. Het voor T3D gehanteerde kennismodel voor de begrippen is te zien in figuur 2.

T3D-begrippen in relatie tot SOR

Voor het T3D-begrippenmodel is uitgegaan van het actuele SOR-begrippenmodel [4]. Voor T3D is een subset van begrippen geselecteerd die voor de pilots relevant zijn geweest (zie figuur 3). Zie voor een verdere toelichting GEMMA online [5].

T3D-begrippenmodel in relatie tot MIM

Sinds kort is er binnen de Nederlandse overheid een nieuwe standaard vastgesteld voor het vastleggen van informatiemodellen, het Metamodel voor informatiemodellering ofwel de MIM-standaard [6]. Deze



Figuur 3 Begrippenmodel T3D

gaat vooral over afspraken met betrekking tot de metamodellering van de informatiemodellen. Daarbij wordt een relatie gelegd met vier niveaus van informatiemodellen:

- 1 Model van begrippen
- 2 Conceptueel informatiemodel
- 3 Logisch informatie- of gegevensmodel
- 4 Fysiek of technisch gegevensmodel.

De MIM-standaard richt zich op niveau 2 en 3. Tegelijkertijd is uit het voorgaande duidelijk geworden dat de gegevensarchitectuur van T3D zich richt op niveau 1 en 2: het gaat om een begrippenmodel, dat verder gespecificeerd is dan de informatiewijze die in MIM is beschreven. In feite is het een ontologie, namelijk een taxonomie en een meronomie, aangevuld met eigenschappen van en relaties tussen begrippen, op een zo formeel mogelijke manier. Een taxonomie heeft als definitie: classificatie van begrippen, d.w.z. een ordening ervan in klassen en subklassen. Een meronomie is een samenstelling van begrippen op basis van de deel-geheelrelatie. Gezien deze definitie is het begrippenmodel van T3D een ontologie. De begrippen (bedrijfsobjecten) kunnen worden geclassificeerd (zie figuur 2), kunnen eigenschappen hebben¹ en hebben onderlinge relaties. Bovendien is er een metamodel opgesteld waarmee er een formele beschrijving is gerealiseerd voor de vastlegging.

¹ In de huidige versie van het T3D begrippenmodel is dit nog niet meegenomen

3. Aanpak semantische analyse

Probleemstelling

Doel

Het project T3D-Semantische analyse heeft een doelstelling, die aansluit bij CB-NL, Conceptenbibliotheek Nederland. Het doel van CB-NL [7] is het brengen van eenheid in beschrijvingen en definities, die de verschillende partijen in het netwerk van ketens in de bouw hanteren. T3D wil de gemeente als partij in dat netwerk inpassen, gericht op het gebruik van driedimensionale modellen van de betrokken fysieke objecten. Dat betekent dat ook de definities van de gemeente moeten aansluiten op die van de omringende bouwwereld. Dit gebeurt nog onvoldoende. Sterker nog: binnen de (gemeentelijke) overheid is het niet moeilijk voorbeelden te vinden van verschil in definities van dezelfde objecten. Zo valt in de eindrapportage van het project Vergunningcontroleservice te lezen [8]:

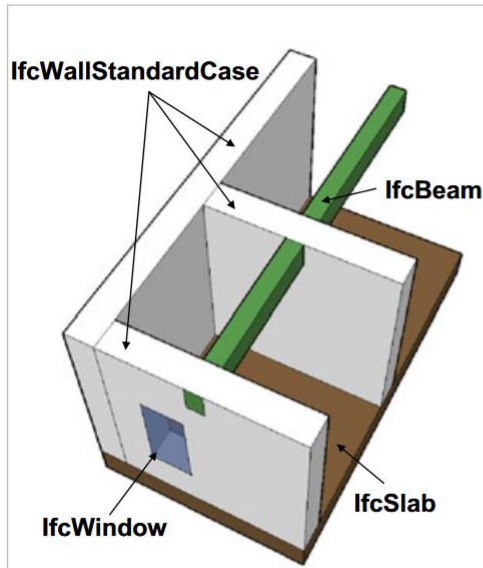
‘Voor dit project is de bron van de data voor bijvoorbeeld brandhydranten niet de BOR, in Obsurv, maar de LVZK (leidingen verzamelkaart Rotterdam). In de registraties van BOR en LVZK gebruikt men niet exact dezelfde definities. De data is daarmee niet makkelijk te combineren. Voor het gebruik van data maakt het voor de vergunningscontroleservice niet uit in welke registratie deze staat om te kunnen combineren. In dit prototype werd duidelijk dat het echter nog lang geen realiteit is dat data uit verschillende bronnen kan worden gecombineerd. Kijken we bijvoorbeeld naar de IMKL (informatiemodel kabels en leidingen) dan valt op dat een brandkraan/brandhydrant onder een ander objecttype valt en ook een andere definitie heeft dan in de IMBOR. De brandkraan gedefinieerd in IMBOR is een subtype van Put en kan uitgewisseld worden met IMGEO-put. In het IMKL is de Brandkraan een leidingelement en iets anders dan een put.’(par. 5.9.2).

Om die problemen op te lossen zijn er verschillende wegen: uniformering van definities, harmonisatie van definities en het ontwerpen en implementeren van ‘mappings’, afbeeldingen van de ene (set) definitie(s) op de andere of op een gemeenschappelijke noemer. In Nederland werkt CB-NL aan oplossingen in de vorm van een objectenbibliotheek (een ander woord voor ontologie) met uniforme afspraken, gericht op één gestandaardiseerde taal, gebaseerd op de internationale standaard RDF/OWL, die gericht is op de koppeling van data op het world wide web. Deze taal komt niet in de plaats van bestaande talen (zoals IFC, IMBOR, GWSW, enz.), maar is een ‘tussentaal’ tussen die bestaande talen, gericht op uniformering dan wel vertaling. De basis is ‘mapping’, het in kaart brengen van de overeenkomsten en verschillen tussen de concepten van de betrokken talen.

Het T3D-project vult in deze CB-NL nader aan of in. Om de T3D-keten te implementeren moeten objecten uit verschillende standaarden getransformeerd worden. Dat betekent dat ze niet alleen technisch geconverteerd worden, maar dat er ook een vertaling moet plaatsvinden. Een gebouw kan bijvoorbeeld in IFC net iets anders betekenen als een gebouw in CityGML. Op een hoger niveau kan ook besloten worden definities te harmoniseren en zo mogelijk te uniformeren. In beide gevallen – vertaling en harmonisatie – is eerst inzicht nodig in de overeenkomsten en verschillen in de definities. En precies daarop is het deelproject T3D-Semantische analyse gericht.

In figuur 4 is een voorbeeld te zien, waar het belang van zicht op betekenissen en definities in het kader van T3D duidelijk gemaakt wordt. Duidelijk is dat wanden, platen, balken en ramen vertaald moeten worden naar andere begrippen en dat daarbij ook de bijbehorende geometrische vormen aangepast moeten worden.

Building Information Modeling (e.g. IFC)
e.g. Constructive Solid Geometry



Semantic 3D City Modeling (e.g. CityGML)
Boundary Representation

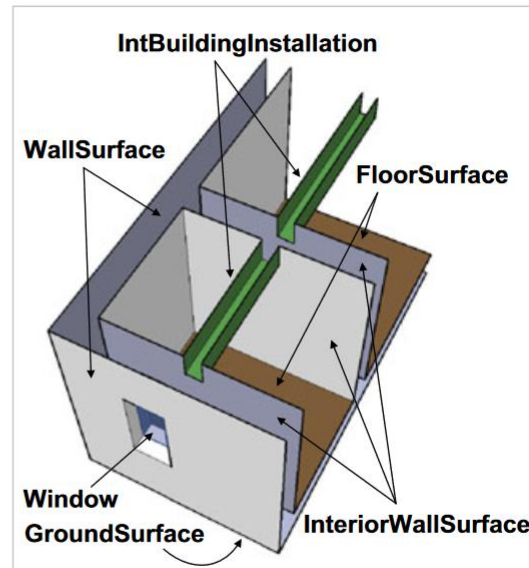
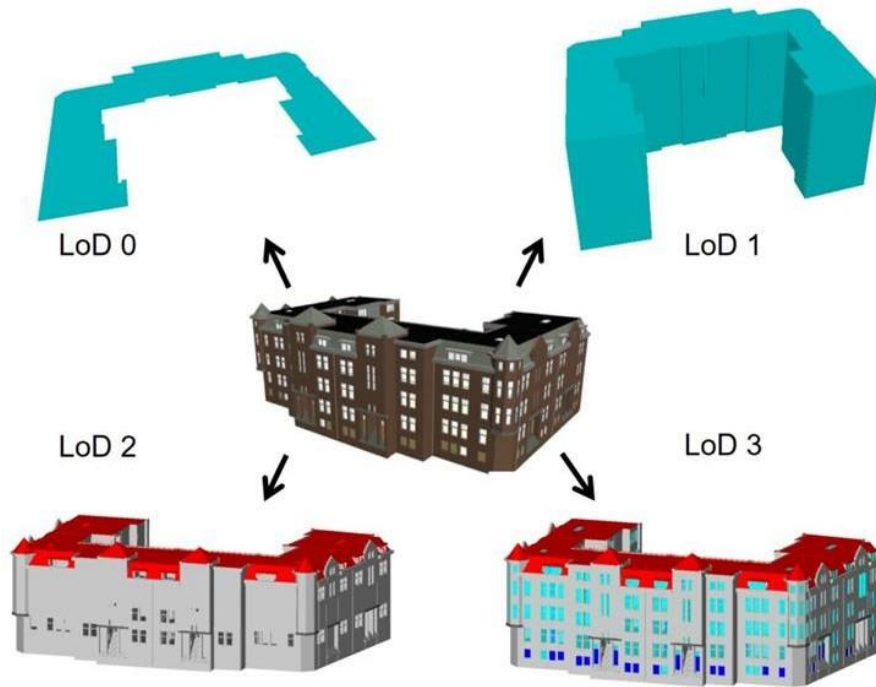


Fig. 34.7 Geometry modeling paradigms predominantly applied in BIM and semantic 3D city modeling (Nagel et al. 2009)

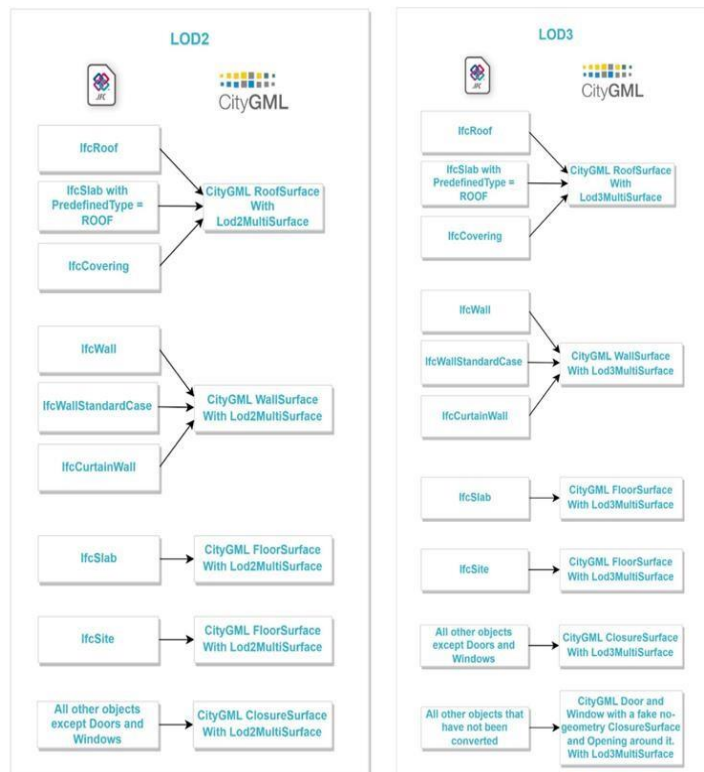
Figuur 4 Vergelijking van IFC-model en CityGML-model (bron: [9])

Om de problematiek op te lossen zijn er twee wegen, die parallel bewandeld kunnen worden:

1. Implementatie in een proces, zodat de vertaling geautomatiseerd kan plaatsvinden. Een voorbeeld hiervan is de vertaling van IFC naar CityGML door Future Insight in opdracht van de gemeente Den Haag in het kader van de T3D-usecase (binnenkant) Gebouwen [10]. De figuren 4 en 5 geven hiervan een indruk.
2. Doen van voorstellen voor harmonisatie van de definities aan de betreffende standaardisatie-organisaties. In NL bijvoorbeeld zou dat een voorstel aan het ministerie van BZK kunnen zijn om definities van 'Gebouw' in de Omgevingswet met bijbehorende besluiten en in BAG/BGT te uniformeren.



Figuur 5 Van IFC naar 3D-object in CityGML (verschillende LoD's)



Figuur 6 Voorbeeld mapping IFC naar CityGML 2.0 en CityGML 3.0

Uiteraard hoeft niet alles vertaald of geüniformeerd te worden. Zo zullen specifieke gedetailleerde gegevens wellicht nooit een rol spelen in gebiedsmodellen en zijn globale gebiedskenmerken niet relevant voor gebouwmodellen.

Limiet

Het project heeft mede ten doel het besef te bevorderen, dat er grenzen zijn aan uniformering en harmonisatie. Je kunt wellicht bijna 100% afstemming bereiken, maar nooit helemaal. Zo is een term een weergave van een concept van iets in je hoofd. Die term kun je netjes definiëren, maar die definitie (de zogenaamde ‘denotatie’) zal nooit meer dan een benadering zijn van het begrip in je hoofd (de ‘connotatie’). Maar ook in de denotatie zal een absoluut scherpe afbakening van klassen in de meeste gevallen onmogelijk zijn. De filosoof Ludwig Wittgenstein heeft dit al bijna een eeuw geleden heel duidelijk gemaakt. Dit deed hij aan de hand van het begrip ‘familiegelekenissen’. Volgens deze definitie kunnen objecten die in dezelfde groep zijn ingedeeld, aan elkaar worden gerelateerd door overlappende overeenkomsten in reeksen, zonder dat ze allemaal gemeenschappelijk zijn. Een voorbeeld wordt gevormd door spellen: er zijn kaartspellen, bordspellen, balspellen en nog vele andere spellen, maar een gemeenschappelijk kenmerk hebben ze niet. In onze analyse hebben we een interessant voorbeeld gevonden in het begrip ‘boom’: zie hoofdstuk 8.

Nevendoel

Als eenmaal duidelijk is (binnen de in de vorige paragraaf aangegeven limiet), welke kenmerken een object heeft, kan in principe uit de waarneming van een object afgeleid worden wat dat object is in welke standaard. Met andere woorden: neem een foto van een object en bepaal op grond van die foto of het hier gaat om een gebouw volgens de definitie van CityGML. Een perfectionering van ‘reverse image search’, zoals in Google Lens. Of van objectherkenning uit puntenwolken, waarbij zelflerende algoritmen al toegepast worden (zie bijvoorbeeld <https://www.geomaat.nl/artificial-intelligence-ai-in-puntenwolken/>). Beproeving van deze toepassingen laten we liggen voor de vervolgaanpak. Dat het hier niet gaat over triviale aangelegenheden illustreert figuur 7.



Figuur 7 Gereconstrueerde Nieuwe Delftse Poort Rotterdam

Aanpak

In het project zijn de volgende stappen ondernomen:

1. Inrichten van een tool om begrippen te beschrijven en te analyseren (o.a. door query's); dit conform de RDF/OWL standaard; er is gekozen voor de GWSW-toepassing ervan door de vriendelijke look en de mogelijkheid van flexibel 'onconventioneel' gebruik.
2. Inventarisatie en analyse van een beperkt aantal concepten: Gebouw, Weg, Kolk, Boom, met een accent op de geometrische eigenschappen. Ook Geometrie als zelfstandig concept wordt behandeld.
3. Analyse van de geïnventariseerde en geordende termen en definities en rapportage daarover.

In een zestal sprints van drie weken is een proefontologie ontwikkeld en geëvalueerd.

T3D-Onto-Website

De 3D objecttypen die zijn geanalyseerd op basis van beschikbare normen en modellen zijn:

- **Geometrie:** beschreven als mathematisch object en/of representatie van ruimtelijke objecten.
- **Boom:** beschreven als inrichtingselement en/of organisme.
- **Gebouw:** beschreven als bouwwerk en/of pand.
- **Kolk:** voorlopig alleen uitgewerkt volgens de GWSW-specificaties.
- **Weg:** beschreven vanuit het perspectief ontwerp, netwerk en gebruik (verkeer).

Met behulp van de GWSW-server is een website ingericht: <https://data.gsw.nl/1.6/t3d/index.html>.

Daarin worden de resultaten van de semantische analyse van de 3D-objecttypen gepresenteerd in een ontologievorm. Er is een beperking toegepast tot twee weergaven:

- soorten: toont een taxonomie, een verzameling klassen met daartussen alleen generalisatie- en specialisatielaties, leiden tot respectievelijk superklassen en subklassen (een voorbeeld: 'eik' heeft als superklasse 'boom' en 'eik' is subklasse van 'boom');
- samenstelling: toont een deel-geheelrelatie (een voorbeeld: de samenstellende elementen van 'boom' zijn: 'wortel', 'stam', 'tak' en 'blad').

Figuur 8 laat een voorbeeldpagina van de website zien.

In de ontologie worden de definities van de objecttypen Geometrie, Gebouw, Weg, Kolk en Boom weergegeven als in de bron. Bijvoorbeeld wordt een Boom IMBOR voorzien van de definitie 'Een houtachtig gewas (loofboom of conifeer) met een wortelgestel en een enkele, stevige en houtige stam, die zich boven de grond vertakt.'. Daaraan worden de supertypen (met definities) toegevoegd zoals ze in de bron zijn vastgelegd. In het voorbeeld van Boom IMBOR: NEN3610:ReëelObject (2X), NEN2660:DiscreteObject, NEN3610:Geo-object, IMBOR:Gebiedsindeling, IMBOR: BeheerdObject, NEN 2660:TechnischeEntiteit, NEN2660:Entiteit, NEN2660:ConcreteConcept, NEN2660:TopConcept, IMBOR:Vegetatieobject en NEN3610:Begroeiing. Op basis van die gegevens worden de verschillende definities van al dan niet schijnbaar dezelfde objecttypen vergeleken. Hiertoe wordt de definitie uiteengegafeld: zie daarvoor de velden Functie, Structuur, Uitvoering, Heeft deel en Heeft supertype.

Naast de definitie en de supertypen wordt de samenstelling ('meronomie') van het betreffende begrip beschreven De Boom IMBOR heeft als samenstellende delen een Wortelgestel, een Stevige en houtige stam, Ruimtelnwendig en Ruimtebegrenzing².

Als axioma worden de geanalyseerde klassen Gebouw, Weg, Kolk en Boom alle als subtypen gezien van Fysiek object volgens NEN2660, gedefinieerd als 'Object, dat bestaat of kan bestaan binnen de fysieke 4D

² Althans volgens de definitie, NIET volgens de modellering. Volgens de IMBOR Ontologie kan een boom uit een armatuur bestaan. Zie: <https://docs.crow.nl/onto-verken-ner/imbor/?#/view?uri=https%3A%2F%2Fdata.crow.nl%2Fimbor%2Fdef%2F83a942f7-5291-42f0-afb1-9a57d0fb2f15> bij relaties. Deze ontologie moet dus ook nog doorontwikkeld worden.

ruimte-tijd. Een fysiek object vormt een manifestatie en een afbakening van materie en/of energie, en is (in)direct waarneembaar door de zintuigen.’ Dit supertype kan voor de verschillende geanalyseerde objecttypen in één of meerdere stappen bereik worden, bijvoorbeeld voor de Boom IMBOR geldt:

- een Boom IMBOR is een Boom;
- een Boom is een Plant;
- een Plant is een meercellig organisme;
- een Meercellig Organisme is een Organisme;
- een Organisme is een Levensvorm;
- een Levensvorm is een Fysiek object.

De geometrische klassen worden alle als subtype gezien van ‘Ruimte’ in de (in GWSW opgenomen) definities van Gellish: ‘an inanimate physical object (a physical object that is not capable of life) that is volumetric and is enclosed by physical or imaginary boundaries and exists in time. This is distinguished from a volumetric spatial aspect and from a volume as a property.’.

De analyse wordt ondersteund met de mogelijkheid query’s te formuleren, waarmee uit eigenschappen van een individu (een instantie van een klasse) bepaald kan worden tot welke klasse(n) dit behoort. Zie <https://data.gws.nl/1.6/t3d>. Een voorbeeld: geef de klassen aan, waartoe een Boom behoort met de relatie ‘structuur’ en gerelateerd concept ‘aangeplant’. Resultaat: Boom IMBOR.

Door herhaald toepassen van query’s kunnen zo relaties tussen klassen en eigenschappen bepaald worden en daarmee overeenkomsten en verschillen tussen de definities. Het gaat hier natuurlijk om een eerste aanzet, die uit te breiden is tot meer rapportage- en analysemogelijkheden, eventueel door koppeling aan geschikte tools.

Soorten



 Vouw open

IfcObjectPlacement IFC

Beschrijving

Feature GeoS... / Geometrie NE... / Geometrische... / Geometrische... / Geometry Geo...

- Ding (datamodel T3D)
- ▷ ○ Activiteit
- ▲ ○ Fysiek object
 - ▷ ○ Bouwwerk
 - ▷ ○ Deelconstructie
 - GeoObject NEN 3610
 - ▷ ○ Levensvorm
 - ▷ ○ Open water object
 - ▷ ○ Put
 - ▷ ○ Wasteterminal
- ▷ ○ Informatiedrager
- ▷ ○ Kenmerk
- ▲ ○ Ruimte
 - Feature GeoSPARQL
 - ▷ ○ GM_Object
 - Geometrie NEN 3610:2022
 - GeometrischeEntiteit NEN2660-1
 - GeometrischeEntiteit NEN2660-2
 - Geometry GeoSPARQL
 - ▲ ○ IfcObjectPlacement IFC
 - IfcGridPlacement
 - IfcLinearPlacement
 - IfcLocalPlacement
 - IfcProductDefinitionShape IFC
 - IfcShapeRepresentation IFC
 - IfcTopologyRepresentation IFC
 - ImplicitGeometry CityGML
 - Metric space OntoMathPro
 - SpaceBoundary CityGML
 - ▷ ○ Space CityGML
 - Verbliffsobject
- ▷ ○ Topologisch element
- ▷ ○ Element NEN 2660

Naam	IfcObjectPlacement IFC
URI	IfcObjectPlacementIFC
Definitie	IfcObjectPlacement is an abstract supertype for the special types defining the object coordinate system. The IfcObjectPlacement has to be provided for each product that has a shape representation. The object placement can be given: absolute: by an axis2 placement, relative to the world coordinate system, relative: by an axis2 placement, relative to the object placement of another product, by grid reference: by the virtual intersection and reference direction given by two axes of a design grid, linear placement: by distance along a curve, with possible offsets. Definities vanuit supertypes: NONE
Datum start/wijz	2023-02-03 / 2023-02-03
Functie	+Vastleggen locatie
Is kenmerk van	Building IFC [inverse]
	Vegetation IfcGeographicElement [inverse]
Heeft supertype	Ruimte
	Geometrie
	Geometrie, locatie
Heeft subtype	IfcGridPlacement
	IfcLinearPlacement
	IfcLocalPlacement
Model details	
Heeft scope	Cof_GEO
Auteur start	Projectteam T3D Ontologie

Figuur 8 Pagina uit de T3D Ontologie website

4. Geometrie

‘Er bestaat geen koninklijke weg naar geometrie’, Euclides

Topologie, geometrie en geografie

Geometrie moet eigenlijk gedifferentieerd worden naar topologie en geometrie:

Topologie: geeft op een wiskundige manier de relaties weer tussen ruimtelijke objecten onafhankelijk van hun vorm; topologie als vakgebied wordt ook wel ‘kwalitatieve meetkunde’ genoemd: het is gericht op de eigenschappen van ruimtelijke objecten, die bij continue vervorming bewaard blijven; formeel is een topologische ruimte (X, τ) een verzameling X met daarop een functie τ , die aan ieder element van X een open verzameling toevoegt. Anders gezegd: een topologische ruimte is een verzameling punten met bij ieder punt een verzameling ‘neighbourhoods’. Intuïtief is een ‘neighbourhood’ van een punt een verzameling punten die dat punt bevat, waarbij men kan bewegen in iedere richting vanaf dat punt zonder de verzameling te verlaten (vrij naar [OntoMathPro](#)).

Geometrie uitbreiding van topologie (topologische ruimte) tot een geometrie (geometrische ruimte) door afstanden toe te kennen tussen de punten: een (geo)metrische ruimte is dan een verzameling Y met een functie d op $Y \times Y$, die tussen ieder paar punten van Y een reëel getal toekent, de afstand.

Zowel topologie als geometrie zijn subtype van mathematische ruimte (een verzameling met een of andere structuur).

Geografie De geometrie kan verder uitgebreid worden tot geografie door aan de in de beschouwing te betrekken fysieke objecten locaties toe te voegen, als waarden in een coördinaatreferentiesysteem of volgens een beschrijvende plaatsbepalingsmethode. In de gewereld bevat geometrie impliciet veelal geografie, ofwel de koppeling aan een locatie ten opzichte van het aardoppervlak.

Geometrie beschouwen we als een object, dat als eigenschap toegevoegd kan worden aan een ander object. In onze context gaat het dan met name om de toevoeging van geometrie als eigenschap aan fysieke objecten. De relatie is n:m:

- aan een fysiek object kunnen meerdere geometrieën toegevoegd worden; een weg kan bijvoorbeeld als een punt, een lijn, een vlak of een volume weergegeven worden;
- een geometrie kan meerdere fysieke objecten betreffen; neem bijvoorbeeld een voetpad, met één geometrie, maar benoemd als verkeersobject én als groenobject ([11], par 7.3.1).

In onze analyse-ontologie is vooralsnog gekozen voor het begrip ‘Ruimte’³ als supertype om enerzijds de (abstracte) geometrische concepten en anderzijds de (concrete, fysieke) objecten eronder te hangen. Dit

³ synoniem met Geometrische Entiteit in NEN 2660-1

moet later nog eens bekeken worden: wellicht is het beter vanaf de top de splitsing tussen abstract en concreet direct aan te brengen, zodat de splitsing tussen de te beschrijven objecten en de daartoe beschikbare geometrische objecten duidelijk is.

Inventarisatie

In onze analyse-ontologie is een eerste inventarisatie opgenomen van voor T3D relevante concepten. Daarbij is uitgegaan van de gehanteerde standaarden: CityGML, IFC, NEN 2660 en NEN 3610. Al onderzoekend komt men dan op weer andere standaarden, te weten Inspire, ISO 19107 en geoSPARQL. Hieraan wordt summier aandacht besteed. Het gaat in dit document echt om een eerste aanzet, die aangevuld en verbeterd moet worden. Daartoe behoort ook de evaluatie van het gebruik van de geometrische concepten in de informatiemodellen voor de basisregistraties (IMBAG, IMGeo, enz.).

Bevindingen

CityGML

SpaceCityGML

A space is an entity of volumetric extent in the real world.

supertypen: AbstractSpace → AbstractCityObject → AbstractFeatureWithLifeSpan → AbstractFeature → AnyFeature

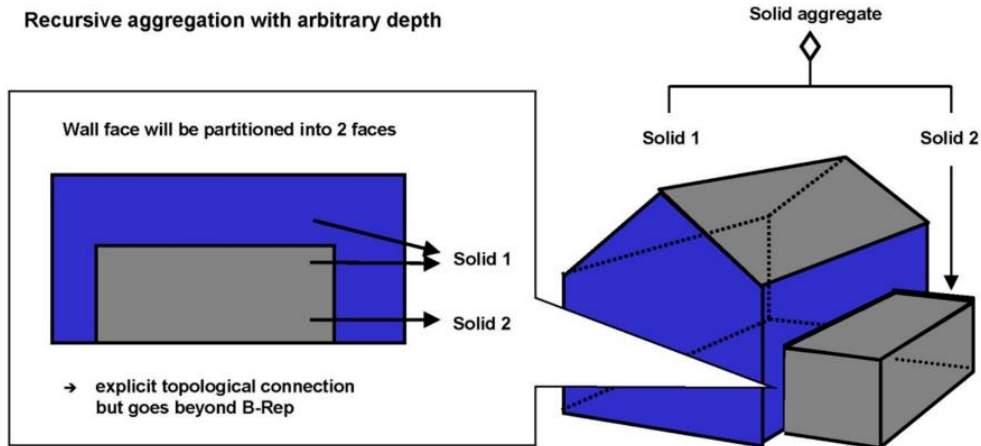
De relatie van fysieke objecten en geometrie in CityGML is helder: de ruimtelijke eigenschappen van alle CityGML-objecttypen worden weergegeven met behulp van de geometrische klassen van ISO 19107, nul-, een-, twee- of driedimensionaal, afhankelijk van het objecttype en het LOD. CityGML maakt naast primitieve geometrieën zoals Point, Curve, Surface en Solid gebruik van verschillende soorten aggregaties zoals ruimtelijke aggregaten (MultiPoint, MultiCurve, MultiSurface, MultiSolid) en samenstellingen (CompositeCurve, CompositeSurface, CompositeSolid). Vormen worden in ISO 19107 voorgesteld overeenkomstig de zogenaamde Boundary Representations (B-Rep).

Merk op dat het conceptuele schema van ISO 19107 het mogelijk maakt om samengestelde geometrieën te definiëren door een recursieve aggregatie voor elk primitief type van de corresponderende dimensie. Met dit aggregatieschema kunnen geneste aggregaties (hiërarchie van componenten) worden gedefinieerd. Een gebouwgeometrie (CompositeSolid) kan bijvoorbeeld worden samengesteld uit de huisgeometrie (CompositeSolid) en de garagegeometrie (Solid), terwijl de geometrie van het huis verder wordt ontleend in de dakgeometrie (Solid) en de geometrie van het huislichaam (Solid).). Dit wordt geïllustreerd in figuur 9.

Van belang is dat in CityGML ieder object **absoluut geogerefereerd** is.

CityGML 3.0 maakt onderscheid tussen ruimten en ruimtegrenzen:

- ruimte: volume-entiteiten zoals gebouwen, waterlichamen, bomen, kamers en verkeersruimten;
- ruimtelijk grensvlak: oppervlakte-entiteit; begrenst en verbindt ruimten: wand- en dakvlakken die een gebouw begrenzen, het wateroppervlak als grens tussen waterlichaam en lucht, het wegdek als grens tussen grond en verkeersruimte, of het digitale terreinmodel dat de ruimtegrens weergeeft tussen de boven- en ondergrondse ruimte.



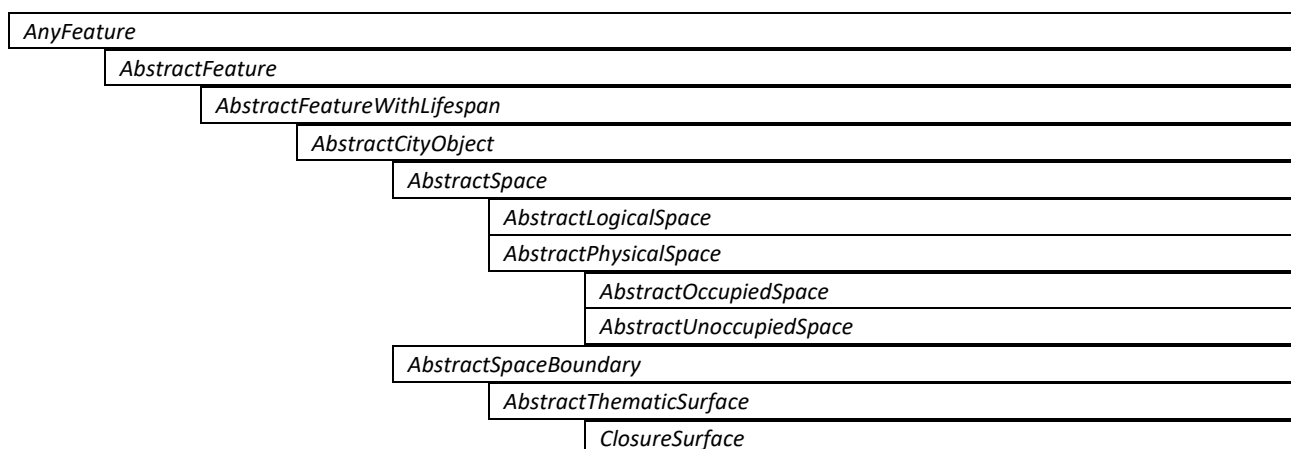
Figuur 9 (bron: [7], par 7.3.1)

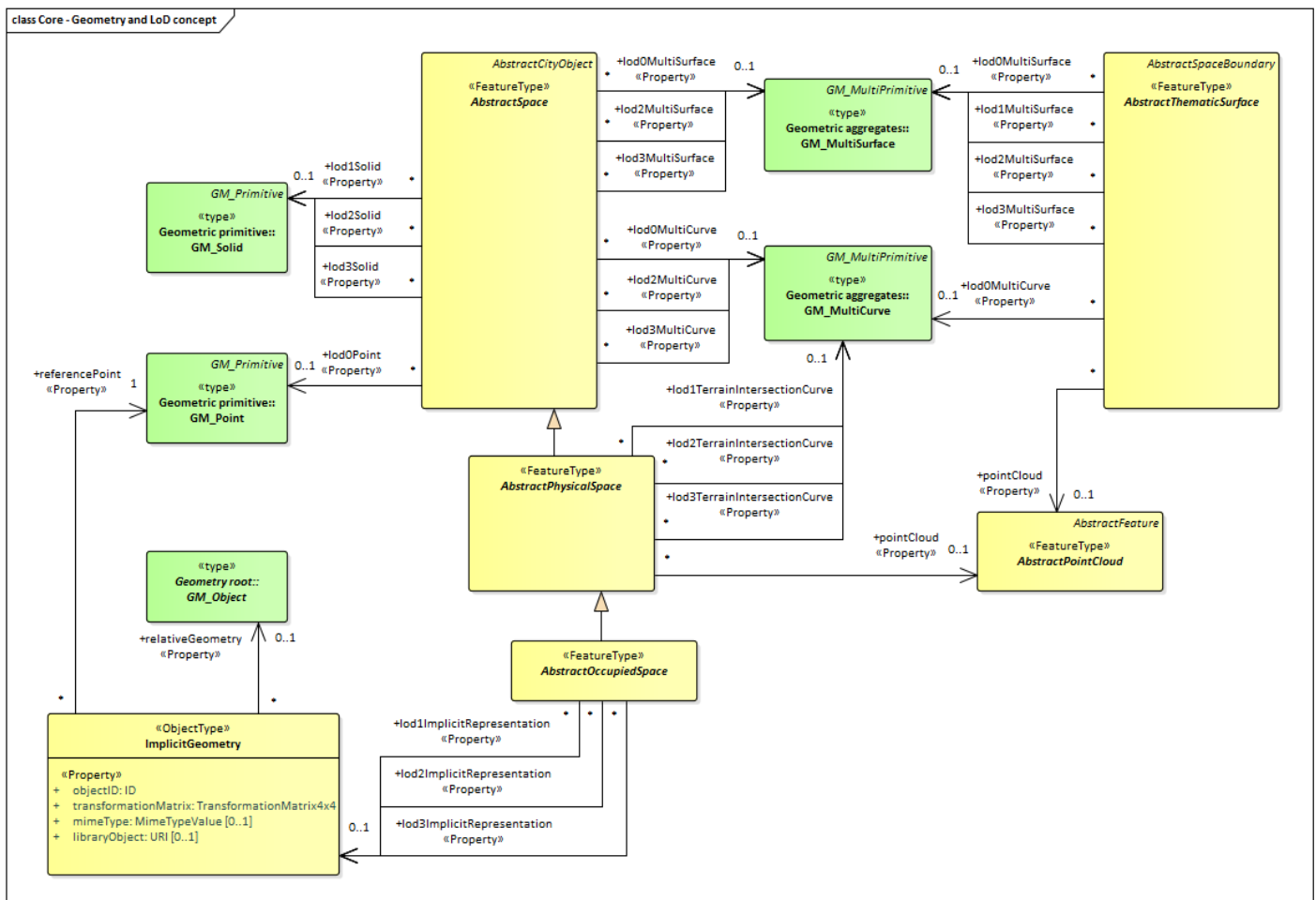
Figuur 10 toont de geometrie- en LOD-klassen van CityGML. We zien dat er drie soorten zijn:

1. Ruimten: AbstractSpace met subtypen AbstractPhysicalSpace en AbstractOccupiedSpace;
2. Oppervlakken: AbstractThematicSurface
3. Geometrische primitieven: GM_Object, GM_Primitive, GM_Point, GM_Solidi, GM_MultiCurve en GM_MultiSurface.

Coherente semantisch-geometrische modellering: een model bestaat uit twee hiërarchieën: de semantische en de geometrische, waarin de corresponderende objecten door relaties met elkaar verbonden zijn. Als beide hiërarchieën voor een specifiek object bestaan, moeten ze coherent zijn (d.w.z. er moet voor worden gezorgd dat ze overeenkomen en bij elkaar passen). Als een gebouw bijvoorbeeld semantisch wordt ontleed in muuroppervlakken, dakoppervlakken enzovoort, moeten de polygonen die deze thematische oppervlakken representeren (in een specifieke LOD) deel uitmaken van de vaste geometrie die het hele gebouw voorstelt (voor hetzelfde LOD).

Uit de overige UML-diagrammen kan de volgende taxonomie worden afgeleid:





Figuur 10 UML Geometrie- en LOD-concepten in CityGML

GeoSPARQL

GeoSPARQL is een standaard van de OGC, die het weergeven en opvragen van ruimtelijke gegevens op het Semantisch Web ondersteunt (<https://www.ogc.org/standard/geosparql/>). GeoSPARQL definieert een vocabulaire voor het weergeven van ruimtelijke gegevens in RDF en het definieert een uitbreiding op SPARQL voor het verwerken van die gegevens.

GeoSPARQL definieert een Feature als 'A discrete spatial phenomenon in a universe of discourse'. Een Feature heeft een Spatial Object als Supertype. Een Spatial Object is : 'Anything spatial (being or having a shape, position or an extent)'. Opvallend is dat (1) in de definitie van Feature het ruimtelijk aspect al zit 'ingebakken' en (2) geen onderscheid gemaakt wordt tussen geometrie en geografie: alle features zijn geografisch. Ook het concept 'Geometry' wordt direct aan de geografie gekoppeld: het is een 'coherent set of direct positions in space. The positions are held within a Spatial Reference System (SRS)'. Ook Geometry heeft Spatial Object als supertype.

De definitie van Geometry sluit overigens naadloos aan bij de standaard ISO 19107. Een Geometry of GM_Object is dan de 'Root class of the geometric object taxonomy and supports interfaces common to all geographically referenced geometric objects. GM_Object instances are sets of direct positions in a particular coordinate reference system. A GM_Object can be regarded as an infinite set of points that satisfies the set operation interfaces for a set of direct positions, TransfiniteSet. Since an infinite collection class cannot be implemented directly, a Boolean test for inclusion shall be provided by the GM_Object interface. This international standard concentrates on vector geometry classes, but future work may use GM_Object as a root class without modification.'

Een GM_Object is een supertype van een groot aantal typen Geometrische representaties. Een glimp:

GM_Object			
	GM_Primitive		
		GM_Point	
		GM_Curve	
		GM_Surface	
		GM_Solid	
	GM_Complex		
		GM_Composite	
			GM_Composite_Point
			GM_Composite_Curve
			GM_Composite_Surface
			GM_Composite_Solid
	GM_Aggregate		
		GM_MultiPrimitive	
			GM_MultiPoint
			GM_MultiCurve
			GM_MultiSurface
			GM_MultiSolid

IFC

Uit de definitie van IfcproductDefinitionShape (een subtype van IfcProductRepresentation) blijkt dat in IFC een product (een abstracte representatie van een object) meerdere geometrische representaties kan hebben. Dit kunnen allerlei geometrische vormen (2D, 3D, enz.) zijn, al dan niet aangevuld met weergegevens. Ook topologie valt hieronder inclusief de weergave daarvan (met punten, krommen en oppervlakken). Een product kan 0, 1 of meer geometrische of topologische representaties hebben én een representatie kan betrekking hebben op meerdere producten.

In IFC wordt netjes onderscheid gemaakt tussen de topologie, de geometrie en de plaatsing van een object. De gehanteerde definities zijn:

IfcTopologyRepresentation	IfcTopologyRepresentation represents the concept of a particular topological representation of a product or a product component within a representation context. This representation context does not need to be (but may be) a geometric representation context. Voorgedefinieerde typen: vertex, edge, path, face, shell Supertypen: IfcShapemodel, IfcRepresentation, IfcLayerditem
IfcShapeRepresentation	The IfcShapeRepresentation represents the concept of a particular geometric representation of a product or a product component within a specific geometric representation context. The inherited attribute RepresentationType is used to define the geometric model used for the shape representation (e.g. 'SweptSolid', or 'Brep'), the inherited attribute RepresentationIdentifier is used to denote the kind of the representation captured by the IfcShapeRepresentation (e.g. 'Axis', 'Body', etc.). supertypen: IfcShapemodel → IfcRepresentation → IfcLayereditem
IfcObjectPlacement	IfcObjectPlacement is an abstract supertype for the special types defining the object coordinate system. The IfcObjectPlacement has to be provided for each product that has a shape representation. The object placement can be given: absolute: by an axis2 placement, relative to the world coordinate system, relative: by an axis2 placement, relative to the object placement of another product, by grid reference: by the virtual intersection and reference direction given by two axes of a design grid, linear placement: by distance along a curve, with possible offsets.

De representatiemogelijkheden in IFC zijn zeer uitgebreid. een glimp:

IfcGeometricRepresentationItem						
	IfcAlignment2DHorizontal					
	IfcAlignment2DVertical					
	IfcAlignment2DSegment					
	IfcVector					
	IfcCurve					
		IfcBoundedCurve				
			IfcCompositeCurve			
				IfcCompositeCurveOnSurface		
					IfcBoundaryCurve	
						IfcOuterBoundaryCurve
	IfcSurface					
	IfcPoint					
		IfcPointOnCurve				
		IfcPointOnSurface				
		IfcCartesianPoint				
	IfcPlacement					
		IfcAxis1Placement				
		IfcAxis2Placement2D				
		IfcAxis2Placement3D				
	IfcDirection					
	etc.etc.					
IfcTopologicalRepresentationItem						
	IfcConnectedFaceSet					
	IfcEdge					
	etc.etc.					

NEN 3610:2022

NEN 3610 heeft een beperkte opvatting van geometrie. Deze wordt gedefinieerd als ‘Locatie van een ruimtelijk object vastgelegd in een ruimtelijk referentiesysteem’. In feite gaat het hier om het maken van een al dan niet geometrisch object. Supertype van Locatie is ‘Georeferentie’: ‘Locatie van een ruimtelijk object vastgelegd in een ruimtelijk referentiesysteem’. Dit lijkt enigszins beperkt, immers een geometrische identificatie met een beschrijving (BPS) is net zo belangrijk (ambulances maken er gebruik van!). E.e.a. is afgeleid uit figuur 9 van NEN 3610:2022.

NEN 2660-1:2022

Het centrale relevante begrip in NEN 2660 is 'Geometrische entiteit', een 'Benoemd concept, dat een daadwerkelijke of virtuele afbakening vormt in een concrete (fysieke, driedimensionale) ruimte, die we in de werkelijkheid ervaren'. Deze definitie lijkt zich onnodig te beperken tot een concrete ruimte, immers het voordeel van een puur wiskundige definitie, die algemeen gelden voor abstracte ruimten is dan weg.

Voorlopige conclusies

1. Vrijwel alle standaarden maken n:m-relatie van objecten en geometrische representaties mogelijk.
2. De invalshoeken van IFC en CityGML verschillen wezenlijk: IFC definieert geometrie (en topologie) in principe locatie-onafhankelijk, terwijl CityGML (en alle andere geo-standaarden) altijd een locatie (als geo-referentie) in de definities hebben ingebakken.

Aanbevelingen

1. Streef in de geostandaarden naar scheiding van topologie, geometrie en geografie.
2. Ontwikkel een gemeenschappelijk overkoepelend model voor IFC en CityGML óf streef op zijn minst naar meer afstemming.

5. Gebouw

Als uitgangspunt is gekozen voor Bouwwerk als supertype voor alle Gebouwtypen. Qua definitie wordt aangesloten bij de Omgevingswet: een Bouwwerk is een ‘Constructie van enige omvang van hout, steen, metaal of ander materiaal, die op de plaats van bestemming hetzij direct of indirect met de grond verbonden is, hetzij direct of indirect steun vindt in of op de grond, bedoeld om ter plaatse te functioneren, met inbegrip van de daarvan deel uitmakende bouwwerkgebonden installaties.’ Hierover is veel discussie mogelijk, maar die valt buiten de scope van deze analyse. Een Bouwwerk is op zijn beurt een subtype van Fysiek object.

Vergelijking

In tabel 1 op de volgende bladzijde worden per standaard de kenmerkende eigenschappen weergegeven. Vooraf zij opgemerkt dat in de opbouw van de ontologie van definitie naar afzonderlijke kenmerken persoonlijke interpretatie een rol gespeeld. Niettemin komen we tot aardige inzichten.

De meest voorkomende kenmerken zijn in volgorde van frequentie weergegeven in tabel 2.

discreet (aaneengesloten en vormvast)	12	
reëel (tastbaar, zichtbaar)	11	
constructief zelfstandig	9	
overdekt	8	
geheel/gedeeltelijk omsloten met wanden	8	waarvan één expliciet geheel omsloten met wanden: Gebouw INSPIRE
functie: beschermen	7	
faciliteren fabricage of diensten	7	
functie: onderbrengen, onderbrengen mensen, dieren, goederen	6	
duurzaam verbonden/direct indirect verbonden/	5	waarvan twee expliciet direct verbonden: DbPedia, GR AR Gebouw
menstoegankelijk	3	
vrijstaand	3	
samengesteld	2	
bovengronds/ondergrond	2	
heeft objectplaatsing	1	
heeft pilaren	1	
gefundeerd	1	
artefact (artificieel)	1	

Tabel 2 Voorkomen van kenmerken van het objecttype Gebouw

Standaard	Kenmerk	CityGML	NEN 3610	SOR	INSPIRE	DbPedia	GR_AR	domOS	BRT	Bbl	IFC	NEN 2660	Place Schema
Naam		Building	Gebouw	Ge- bouw	Gebouw	Building	Gebouw	Building	Ge- bouw	Gebouw	Buil- ding	Gebouw	
Functie	Faciliteren fabricage of diensten												
	Beschermen												
	Onderbrengen												
	Onderbrengen mensen												
	Onderbrengen dieren												
	Onderbrengen goederen												
Structuur	Duurzaam verbonden												
	Artefact												
	Reëel												
	Discreet												
	Direct verbonden												
	Direct/indirect verbonden												
	Samengesteld												
Uitvoering	Geheel/gedeeltelijk omsloten met wan- den												
	Geheel omsloten met wanden												
	Menstoegankelijk												
	Vrijstaand												
	Constructief zelfstandig												
	Overdekt												
	Gefundeerd												
	Heeft objectplaatsing												
	Heeft pilaren												
	Bovengronds												
	Ondergronds												
	Afsluitbaar												

Tabel 1 Inventarisatie van kenmerken van het objecttype Gebouw volgens de verschillende standaarden

1. Het lijkt niet moeilijk inhoudelijk⁴ overeenstemming te bereiken over een aantal kenmerken, namelijk: discreetheid (aaneengeslotenheid en vormvastheid), realiteit (tastbaarheid en zichtbaarheid), constructieve zelfstandigheid, overdekte, omslotenheid met wanden, duurzame/ directe/ indirecte verbondenheid met de aarde en de functies beschermen, faciliteren van fabricage of diensten en onderbrengen van mensen, dieren en goederen. In een aantal gevallen zal scherper beschreven moeten worden wat met een bepaalde definitie bedoeld is.
2. Interessante verschillen bij de ad 1 genoemde kenmerken:
 - 2.1. Bbl geeft in de definitie geen enkele functie als kenmerk van gebouw, waarmee de definitie ruimer lijkt dan die van de andere standaarden; Bbl is daarmee wellicht op meer gebouwen van toepassing dan die in de SOR registrabel zijn;
 - 2.2. IFC geeft eigenlijk als enige functie 'beschermen'; dit is natuurlijk erg ruim ten opzicht van de andere definities; theoretisch kunnen er dus heel wat gebouwen bestaan in IFC, die niet passen in bijvoorbeeld CityGML; het zou interessant zijn dit met praktijkvoorbeelden nader te onderzoeken;

Standaard	Kenmerk	CityGML	BGT/IMGeo	IMBAG
Naam		BuildingPart	Pand	Pand
Functie	Faciliteren fabricage of diensten			
	Beschermen			
	Onderbrengen			
	Onderbrengen mensen			
	Onderbrengen dieren			
	Onderbrengen goederen			
Structuur	Duurzaam verbonden			
	Artefact			
	Reëel			
	Discreet			
	Direct verbonden			
	Direct/indirect verbonden			
	Samengesteld			
Uitvoering	Geheel/gedeeltelijk omsloten met wanden			
	Geheel omsloten met wanden			
	Menstoegankelijk			
	Vrijstaand			
	Constructief zelfstandig			
	Overdekt			
	Gefundeerd			
	Heeft objectplaatsing			
	Heeft pilaren			
	Bovengronds			
	Ondergronds			
	Afsluitbaar			

Tabel 1 Inventarisatie van kenmerken van het objecttype Pand volgens de verschillende standaarden

3. Interessant is dat een aantal uitgesproken kenmerken slechts in een beperkt aantal standaarden voorkomt. Hierover kunnen belangwekkende discussies gevoerd worden:
 - 3.1. menstoegankelijkheid: dit lijkt een essentiële eigenschap van een gebouw; wellicht dat deze eigenschap in vele gevallen impliciet aanwezig geacht wordt;

⁴ in tegenstelling tot organisatorisch!

- 3.2. vrijstaandheid: dit is een karakteristiek kenmerk, dat bijvoorbeeld voor CityGML Gebouwen geldt: gevolg is dat als je gebouwen naar CityGML wilt vertalen moet weten of ze vrijstaand zijn of niet; zo niet dan moeten het BuildingParts worden;
- 3.3. samengesteldheid: een kenmerk, dat IFC Building expliciet meeneemt;
- 3.4. heeft objectplaatsing: een kenmerk dat IFC meeneemt; uiteraard enorm belangrijk in verband met de relatie met de bouw van een gebouw! het lijkt hier niet te gaan om een essentieel gebouwkenmerk;
- 3.5. heeft pilaren; merkwaardig kenmerk;
- 3.6. gefundeerd; dit lijkt wel essentieel, hoewel dit gezien kan worden als een afgeleid kenmerk van duurzame verbondenheid;
- 3.7. artefact: essentieel: hopen, bomen en andere natuurlijke ruimten kunnen gebruikt worden voor bewoning e.d., maar worden in het algemeen toch niet als gebouw gezien.

Kortom: over de kenmerken 'reëel, discreet, constructief zelfstandig, omhuld, bescherming bieden aan mensen, dieren en goederen, faciliterend voor fabricage en het verrichten van diensten en duurzaam verbonden met de aarde lijkt overeenstemming te kunnen bestaan. 'Artefactueel' wordt slechts één keer genoemd, maar wellicht komt dit, omdat kenmerk impliciet is. Dit zou nader geanalyseerd moeten worden.

Van belang is dat in de BAG en de BGT het begrip Gebouw niet bestaat: gebouwwachtige dingen worden Panden genoemd. Over de definities daarvan staat meer in tabel 3.

Daaruit is te concluderen:

1. nauwelijks functies;
2. verbondenheid met de aarde essentieel;
3. als geheel overeenkomend met 'gebouw';
4. interessant: kenmerk 'afsluitbaarheid'; vreemd dat dit kenmerk niet voorkomt bij 'gebouw';
5. de SOR zou onderscheid 'gebouw' en 'gebouwdeel' moeten maken (nu zijn alle panden volgens BAG en BGT gebouwen).

en aan te bevelen:

1. ga door met de analyse en breng partijen met elkaar in contact, gericht op:
 - 1.1. verkrijgen van overeenstemming over de lijst kenmerken per standaard, waaraan gebouwen moeten voldoen om gebouw te zijn op zo'n manier dat er een lijst kenmerken bestaat met per standaard j/n
 - 1.2. geleidelijk uitbreiding van in de beschouwing te betrekken aangrenzende concepten, zoals gebouwdeel, verblijfsobject, bouwcomponent, enz.
 - 1.3. uitbreiding van de tool T3D zodat tabellen zoals bovenstaand gegenereerd kunnen worden (op basis van uitgebreide SPARQL-query's) en analyses uitgevoerd kunnen worden (door middel van koppeling met data-analysesoftware).

6. Weg

Het concept Weg

Voor het concept Weg zien wij drie verschillende begrippen.

1. De weg als ruimte, waar men doorheen kan rijden.
2. De weg als constructie, die men aan kan leggen of op kan breken.
3. De weg als links en knooppunten waarmee men een route kan maken⁵.

Het is daarmee voor mens en machine niet duidelijk als iemand zegt “de weg is weer open”. De context van het gebruik van deze zin maakt helder welke situatie men met deze tekst bedoelde (zie figuur 11).



Figuur 11 De weg is open. De weg is dicht.

Het InformatieModel Beheer Openbare Ruimte maakt onderscheid in de verschillende begrippen van de term weg. Een Imbor:Weg kent de definitie:

‘Gebaand gedeelte van het terrein ten behoeve van het verkeer te land, in lengte- en dwarsrichting begrensd door weggrenzen.’

Het concept Imbor:Asfaltverharding definieert het fysieke object. Namelijk:

‘Gesloten verharding bestaande uit asfaltbeton of andere met bitumen gebonden materialen’

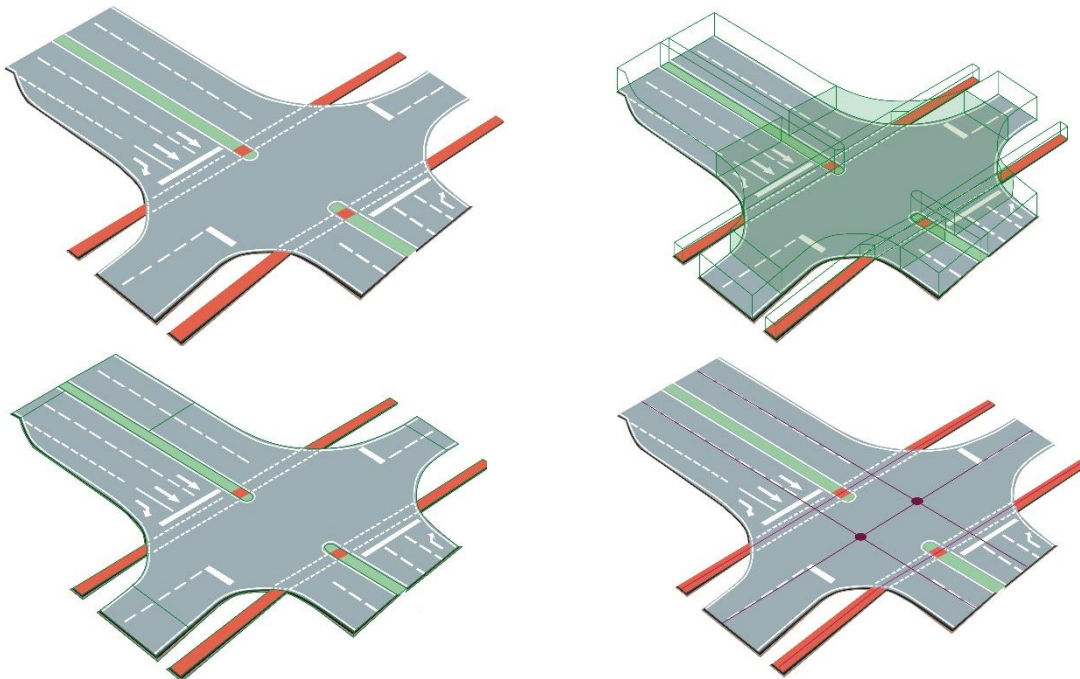
Ook het begrip ‘Road’ uit de industry foundation class (ifc) gaat van een gebouwde, fysiek object uit, en niet van de ruimte.

⁵ Of de ruimte van het kruispunt een 3D representatie van de link-node representatie is en zo ja hoe, wordt nog nader geanalyseerd. Die analyse kon niet meer binnen het T3D-project afgerond te worden.

Het concept inspire:Road definieert onder andere de weg als een link. Namelijk:

‘Een verzameling weglinksequenties en/of individuele weglinks gekenmerkt door een of meer thematische identifiers en/of eigenschappen.’

Dat deze concepten op een verschillende manier naar een weg kijken is hieronder weergegeven. Een kruispunt is ruimtelijk begrensd door de rijbanen. Daarnaast kunnen verschillende ruimtes elkaar kruisen zoals het fietspad. Wanneer men kijkt vanuit het wegconstructieconcept duidt men de asfaltconstructie. Het kan zijn dit kruispunt als geheel op een bepaald tijdstip is aangelegd of vernieuwd. Dit kan de grenzen van het fysieke object bepalen. Tenslotte kan men het kruispunt zien als lijnen en knooppunten. De relatie tussen het kruispunt als constructie, ruimte en knooppunt is aanwezig, maar de concepten representeren niet hetzelfde ding.



Figuur 12 Verschillende representatie van een kruispunt

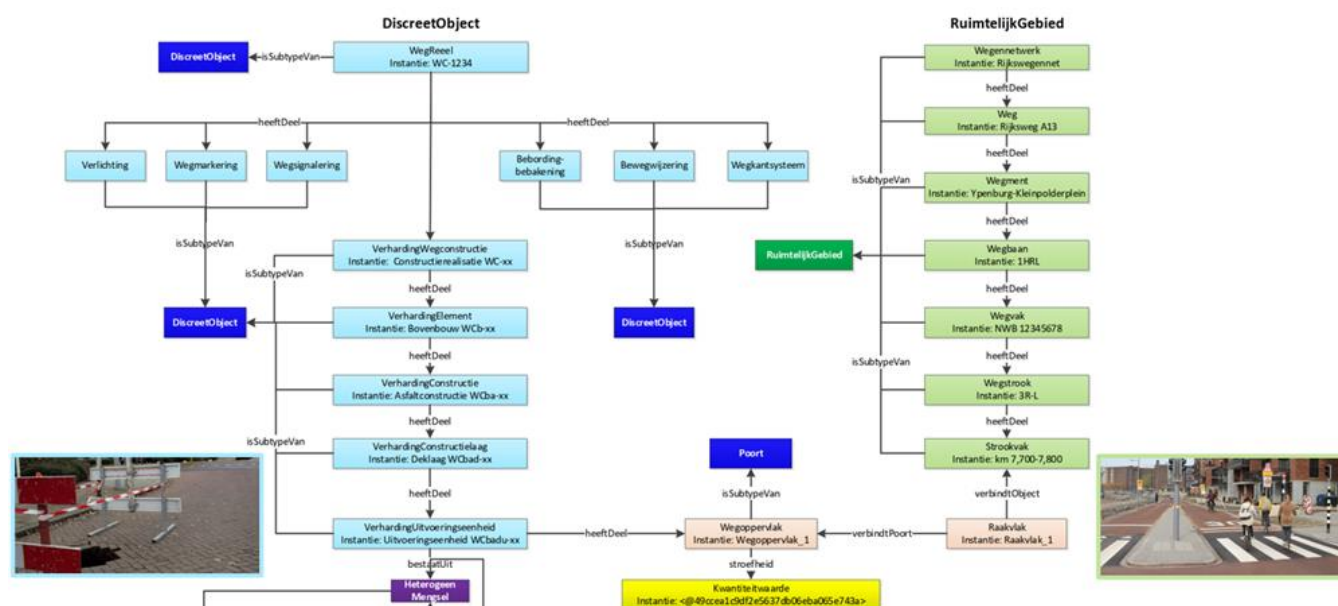
Naast verschil in structuur is verschil ontdekt in uitvoering en functie. De BGT:Rijbaan en IMBOR:Weg spreken van een gebaande uitvoering terwijl de IFC:Road en IMBOR:Asfaltverharding een uitvoering definiëren die op land gebouwd moet zijn of waar een ondergrond aanwezig moet zijn.



Figuur 13 Overlappende en afwijkende begrippen m.b.t. Weg

Ten slotte zien we een verschil in functie die een weg vervult. Een BGT:Wegdeel kan ook voor vliegverkeer of treinen zijn maar niet voor voetgangers. Een IFC:Road is wel voor voetgangers en wegverkeer maar expliciet niet voor spoorvervoer. Er zit overlap in de begrippen uit de verschillende vocabulaires maar de begrippen wijken ook sterk van elkaar af. Het is van belang deze begrippen goed te kennen

wanneer deze gebruikt worden. De NEN 2660 gebruikt ook het ruimtelijk en fysiek concept van weg (zie figuur 14).



Figuur 13

Vergelijking

Tabel 4 geeft de geïnventariseerde kenmerken in de definities per standaard weer.

Standaard	Kenmerk	BGT	IMBOR	IMBOR	INSPIRE	IFC	BRT	Oslo	DBPedia	NWB	CBNL
Naam		Rijbaan	Weg	Asfalt-verharding	Road	Road	Weg-deel	Weg	Road	Wegvak	Weg
Structuur	Reëel										
	Discreet										
	Begrensd										
	Duurzaam verbonden										
	Ruimtelijk gebied										
	Artefact										
	Ruimtelijke structuur										
	Netwerk										
	Topografisch										
Uitvoering	Vrijstaand										
	Constructief zelfstandig										
	Gebaand										

Standaard	Kenmerk	BGT	IMBOR	IMBOR	INSPIRE	IFC	BRT	Oslo	DBPedia	NWB	CBNL
	Bitumen gebonden materialen										
	Op land gebouwd										
	Heeft ondergrond										
	Verruwd en verstevigd										
Functie	Zelfstandig										
	Verbinden										
	Transport netwerk										
	Verkeer te land										
	Voorziening in reizen										
	Vliegtuigen										
	Fietzers										
	Treinen										
	Voetgangers										
	Wegverkeer										
	Snelverkeer										
Samenstelling	Heeft deel				Weglink (min 1 max n)			Weglink (min 1 max n)	Verharding (min 0 max 1)		
	Is deel van						Weg (min 1, max 1)			Wegenet (min 1, max 1)	
	Heeft kenmerk										

Tabel 4 Inventarisatie van kenmerken van het objecttype Weg volgens de verschillende standaarden

7. Kolk

Voor het concept kolk merken we allereerst op dat hier twee verschillende soorten objecten mee worden bedoeld⁶:

1. Een ding voor opvangen en afvoeren van hemelwater (IMBOR, OTL Amsterdam, Waternet OTL, GWSW, BGT, IFC).
2. Een klein meertje of plas, al dan niet direct naast een dijk (Aquo, BRT).

Voor het uitwerken van de definities is gewerkt met het eerste type object. De definitie hiervan luidt:

‘Een reservoir bestemd voor de opvang van hemelwater afkomstig uit daarop aangesloten oppervlakken, het laten bezinken van in dit water meegevoerde bezinkbare stoffen en de afvoer van dit water naar een rioolstelsel of naar de ondergrond.’

Deze is identiek voor IMBOR, OTL Amsterdam, GWSW en Waternet OTL, waarbij Waternet nog een toevoeging heeft gedaan, namelijk:

‘... en zodoende niet bestemd is voor menselijke toegang tot een leidingstelsel.’

De BGT houdt er een andere definitie op na:

‘Deksel van een op het riool aangesloten voorziening voor de opvang van hemel- en afvalwater afkomstig van erop aangesloten oppervlakken.’

Er wordt hier niet expliciet gesproken van een reservoir, maar wel van een voorziening die deels dezelfde functie heeft als de eergenoemde definitie, namelijk het opvangen van hemelmater. Ook dient de kolk volgens de BGT voor de opvang van afvalwater. De BGT stelt vervolgens niets over het bezinken of afvoeren van het water. Een deksel is volgens BGT een onderdeel dat in de eerdere definitie niet wordt genoemd.

NB: De BGT is gebaseerd op alles aan de oppervlakte, dus alleen de deksels van de onderliggende constructies. Daarom zou het beter zijn om niet over Kolk/Put te spreken maar over Kolkdeksel/Putdeksel.

IFC bevat twee relevante definities: van een type (gullysump) en subtype (gullytrap).

IfcWasteTerminal.GULLYSUMP: Pipe fitting or assembly of fittings to receive surface water or waste water, fitted with a grating or sealed cover.

IfcWasteTerminal.GULLYTRAP : Pipe fitting or assembly of fittings that receives surface water or waste water; fitted with a grating or sealed cover that discharges water through a trap.

Interessant is dat het onderdeel ‘deksel’ uit de BGT hier ook terug te vinden is in de definitie ‘a grating or sealed cover’. Verder wordt in IFC zowel hemelwater als afvalwater expliciet benoemd, net als in de BGT.

Specifiek voor ‘gullytrap’ wordt ook de afvoer van water benoemd, zoals we in de eerdere definitie ook zagen.

⁶ afgezien van ‘Sluiskolk’

Wanneer we de definities willen opdelen in afzonderlijke criteria, dan komen we tot de volgende lijst:

- Taxonomie: is een subtype van reservoir (ja/nee);
- Meronomie: bevat een deksel (ja/nee);
- Functie: opvangen van **hemelwater**, afkomstig uit daarop aangesloten oppervlakken;
- Functie: opvangen van **afvalwater**, afkomstig uit daarop aangesloten oppervlakken; deze functie wordt geërfd, hemelwater is een specialisatie van afvalwater;
- Functie: laten bezinken van in het water meegevoerde bezinkbare stoffen;
- Functie: afvoeren van het water naar een rioolstelsel of ondergrond;
- Functie: niet bedoeld voor het bieden van toegang voor mensen tot een leidingstelsel.

8. Boom

Voor het begrip boom is gekeken naar de concepten uit IMGEO, IMBOR, een Plant Ontology (PO), IFC, Wikidata en de CB-NL. De IMGEO, IMBGT definieert een boom vanuit de structuur en uitvoering. Namelijk dat het een tastbaar, duurzame structuur heeft en dat het een solitair ding is in de uitvoering. Wel bestaat er verschil in welke structuur en uitvoering het ding zou moeten hebben. Dit leidt tot problemen.



Figuur 15 Bomen (struiken?) aan het Weena in Rotterdam

Een IMBOR:Boom heeft een enkele, stevige en houtige stam. Een IMGEO:Boom is een gehele plant. Het voorbeeld in figuur 15 is een meerstammige boom op het Kruisplein in Rotterdam. Hiervoor gebruikt de gemeente Rotterdam het concept 'boom'. Volgens de definitie van IMBOR is dit niet juist. Volgens de definitie van IMGEO wel. IMBOR stelt verder dat een IMBOR:Boom overeenkomt met IMGEO:Boom. In het geval van de in figuur 14 getoonde instantie geeft dit problemen. Het sluit beter aan bij de definitie van IMBOR:Struik, maar dat komt weer niet overeen met IMGEO:Boom.

Vanuit de DBPedia wordt een boom veel meer vanuit de functie gedefinieerd. Namelijk dat het iets is dat fotosynthese uitvoert, voedsel kan produceren, beschutting kan bieden en hout kan produceren. De definitie van DBPedia voor het begrip Boom stelt dat de uitvoering op land moet zijn.

Vergelijking

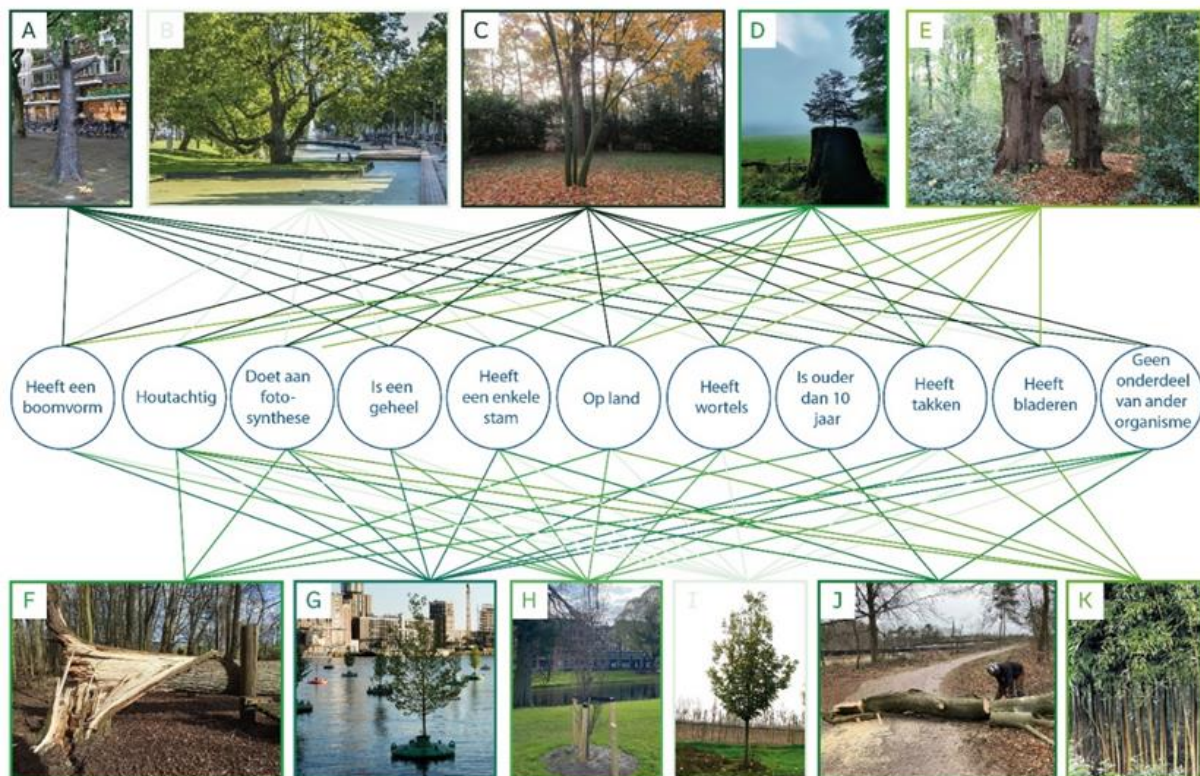
Standaard	Kenmerk	IMGEO	IMBOR	Plant Ontology	IFC	DBPedia	CBNL
Naam		Boom	Boom	Whole Plant	Ifc GeographicElement type Vegetation	Boom	Boom
Structuur	Reëel						
	Discreet						
	Duurzaam verbonden						
	Aangepland						
	Anatomisch						
	Organisme						
	Meercellig						
	Natuurlijk ontstaan						
	Topografisch						
Uitvoering	Solitair						
	Geen onderdeel van andere beplanting						
	Bedekking						
	Markant						
	Houtachtig						
	Vertakkend						
	Op land						

Standaard	Kenmerk	IMGEO	IMBOR	Plant Ontology	IFC	DBPedia	CBNL
	Voortplantingsorganen						
	Relatief hoog						
	Beperkte omvang						
Technologie	Fotosynthese						
Functie	Voedselbron						
	Beschermend						
	Nestgelegenheid biedend						
	Grondstof						
Samenstelling	Heeft deel		Wortelgestel (min 1 max 1) Stevige houtachtige stam (min 1 max 1)				

Tabel 5 Inventarisatie van kenmerken van het objecttype Boom volgens de verschillende standaarden

Vooral de definities over de uitvoering geven conflicten bij het gebruik van meerdere ontologieën. Wellicht dat er niet aan elk aspect van de definitie voldaan hoeft te worden om toch het ding te zijn. Om dit te onderzoeken is een familiegelijkenis van het concept boom gemaakt.

Binnen het OTL-onderzoek hebben we geen sluitende definitie van het concept boom kunnen verkrijgen. Het probleem blijft bestaan dat het moeilijk te zeggen is welke individuen nu wel of niet bij een



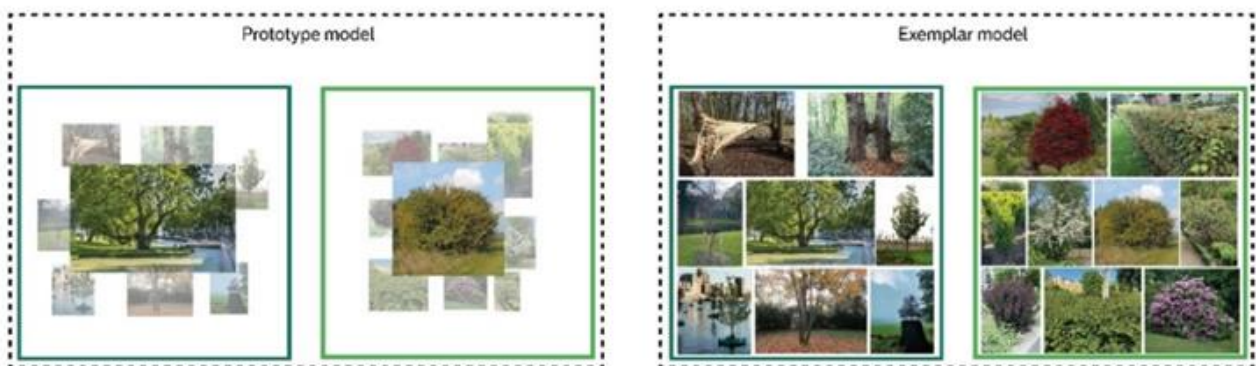
Figuur 16 Familiegelijkenissen

bepaalde definitie horen. De familiegelijkenis uit Wittgensteins filosofische overwegingen zoekt hier antwoord op. Volgens de familiegelijkenis kunnen objecten die in dezelfde groep zijn ingedeeld, aan elkaar worden gerelateerd door overlappende overeenkomsten in reeksen, zonder dat ze allemaal gemeenschappelijk zijn. Zo ontstaat een complex web van overlappende en kruisende overeenkomsten: soms algemene overeenkomsten. Zo overlappen veel van de kenmerken van onderstaande bomen. Maar niet allemaal (zie figuur 16).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
heeft boomvorm											
is houtachtig											
doet aan fotosynthese											
is een geheel											
heeft een enkele stam											
op land											
heeft wortels											
is ouder dan 10 jaar											
heeft takken											
heeft bladeren											
geen onderdeel van ander organisme											
% match	64	100	82	64	82	64	82	91	91	45	55

Sommige individuen hebben meer kenmerken die overeenkomen met de groep 'bomen' dan anderen. Zo kan men volgens de prototype theorie een typisch of atypisch geval hebben. Een boom die heel erg op het beeld van een boom in ons hoofd lijkt en een boom die daar toch sterk van afwijkt (bijvoorbeeld D of F in figuur 17). In tegenstelling tot het proto-

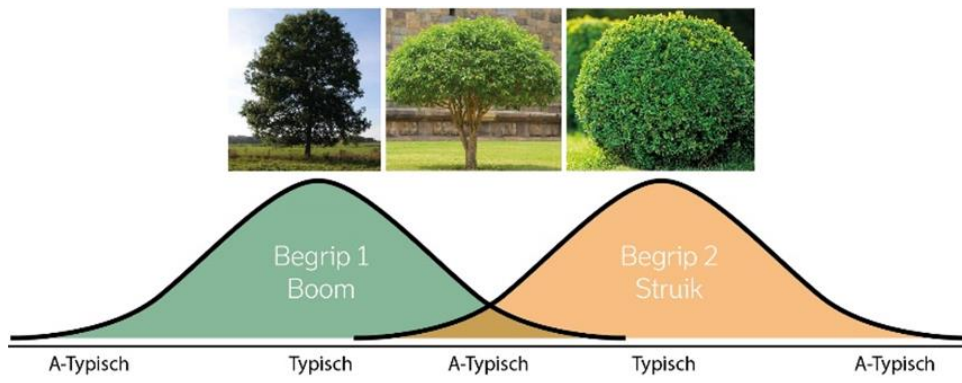
Figuur 17 Relatie kenmerken - individuen



Figuur 18 Prototypemodel en exemplaarmodel

typemodel kan men ook het exemplarenmodel hanteren waar niet gezocht wordt naar een typisch concept maar waar alle leden van de groep 'Boom' het begrip vormen. Op deze manier kan iets een percentage van imbor:Boom zijn en een percentage van imgeo:Boom.

In het onderzoek naar wat een boom is volgens de OTL T3D zien we dat de begrippen in elkaar overlopen. Er zijn voorbeelden van instanties waar men discussie over zal krijgen of het van het type boom of van het type struik is. Dit zijn a-typische instanties van het concept.



Figuur 19 Overlappende begrippen

9. Bevindingen en vervolgaanpak

Bevindingen

1. Met het T3D-begrippenmodel op GEMMA Online is een basis gelegd voor een ontologie van het 3D domein. De noodzakelijke vervolgstappen zijn: een nadere analyse van de begrippen en uitbreiding met alle begrippen uit het T3D-informatiemodel, alsmede attributen en relaties.
2. Gezien de vele en grote verschillen in definities van voor 3D relevante objecten, in relatie tot de wens gegevens correct en efficiënt uit te wisselen, is een semantische analyse ervan en op basis daarvan afstemmingsafspraken van groot belang. Zo'n semantische analyse betekent het integraal in kaart brengen van overeenkomsten en verschillen tussen definities van gelijksoortige objecten volgens verschillende standaarden.
3. De GWSW-server heeft ons in staat gesteld een aantal voorbeeldbegrippen netjes als ontologie weer te geven en een basis te bieden voor de verdere analyse van de definities.
4. Geometrie: (1) Vrijwel alle standaarden maken n:m-relatie van objecten en geometrische representaties mogelijk. (2) De invalshoeken van IFC en CityGML verschillen wezenlijk: IFC definieert geometrie (en topologie) in principe locatie-onafhankelijk, terwijl CityGML (en alle andere geo-standaarden) altijd een locatie (als geo-referentie) in de definities hebben ingebakken.
5. Over een groot aantal kenmerken van Gebouw lijkt overeenstemming te bestaan: reëel, discreet, constructief zelfstandig, omhuld, bescherming biedend aan mensen, dieren en goederen, faciliterend voor fabricage en het verrichten van diensten en duurzaam verbonden met de aarde, maar over een aantal essentiële kenmerken niet, zoals 'vrijstaandheid'. Het onderscheid tussen Gebouw en Gebouwdeel of ook Pand is essentieel en moet nader onderzocht worden.
6. Weg: er zit overlap in de begrippen uit de verschillende vocabulaires maar de begrippen wijken ook sterk van elkaar af
7. Kolk: met 'kolk' kunnen heel verschillende concepten bedoeld worden, maar ook als duidelijk is wat met het concept bedoeld is, zijn er verschillen, zoals de verschillen in definitie van een kolk in IMBOR en andere organisaties enerzijds en de BGT anderzijds.
8. Boom: over het begrip Boom bestaat geen overeenstemming over de kenmerken in de verschillende definitiestelsels. Binnen het OTL-onderzoek hebben we geen sluitende definitie van het concept boom kunnen verkrijgen. Een typisch geval van familiegelekenissen: een complex web van overlappende en kruisende overeenkomsten.

Vervolgaanpak

1. Werk de T3D-begrippenontologie tot een complete 3D ontologie.
2. Doe experimenten met 'terugvertaling', de afleiding van objecttypen volgens een bepaalde standaard uit afbeeldingen van objecten.
3. Gebruik bestaande datasets (met daarin individuen) voor de vergelijkende toets.
4. Breid de query-, presentatie- en analysemogelijkheden uit, zo mogelijk tot een complete 'data-harmonisator'.
5. Geef in de ontologie bij bestaan van verschillende definities een geprefereerde definitie aan.
6. Perfectioneer de invulling van de analyses van Geometrie, Gebouw, Weg, Kolk en Boom.
7. Geometrie: (1) Streef in de geostandaarden naar scheiding van topologie, geometrie en geografie. (2) Ontwikkel een gemeenschappelijk overkoepelend model voor IFC en CityGML óf streef op zijn minst naar meer afstemming.

8. Gebouw: ga door met de analyse en breng partijen met elkaar in contact, gericht op: (1) verkrijgen van overeenstemming over de lijst kenmerken per standaard, waaraan gebouwen moeten voldoen om gebouw te zijn op zo'n manier dat er een lijst kenmerken bestaat met per standaard j/n, (2) geleidelijke uitbreiding van in de beschouwing te betrekken aangrenzende concepten, zoals gebouwdeel, verblijfsobject, gebouwcomponent, enz., (3) uitbreiding van de tool T3D zodat tabellen zoals bovenstaand gegenereerd kunnen worden (op basis van uitgebreide SPARQL-query's) en analyses uitgevoerd kunnen worden (door middel van koppeling met data-analyse-software).
9. Weg: werk door aan verdere uitbreiding en perfectionering van de analyse.
10. Boom: werk door aan verdere uitbreiding en perfectionering van de analyse, met name gericht op de methode van classificatie.

Referenties

- [1] GEMMA online: Thema Totaal 3D: https://www.gemmaonline.nl/index.php/Thema_Totaal_3D.
- [2] The Open Group, 'ArchiMate® 3.1 Specification', 2019, <https://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/>
- [3] GEMMA Kennismodel: <https://www.gemmaonline.nl/index.php/GEMMAkennis-model/1.0/id-ddb2f330-a3ff-4b40-a08f-5c6066696134>.
- [4] Geonovum, 'DiS Geo: Eisen aan model samenhangende objectenregistratie', <https://docs.geostandaarden.nl/disgeo/emso/>
- [5] GEMMA online: Thema Totaal 3D: T3D begrippen: https://www.gemmaonline.nl/index.php/Thema_Totaal_3D/T3D_begrippen.
- [6] Geonovum, 'MIM - Metamodel Informatie Modellerings', vastgestelde versie, 17 februari 2022 (<https://docs.geostandaarden.nl/mim/mim/>)
- [7] BIM loket, 'Over CB-NL', <https://www.bimloket.nl/p/877/Over-CB-NL>)
- [8] Gemeente Rotterdam, 'Eindrapportage Digitale Stad: Omgevingswet Pilot 3 – Vergunningen – Fase 3 – De vergunningcontroleservice', 2022
- [9] T.H. Kolbe, A. Donaubouer, 'Semantic 3D City Modeling and BIM', April 2021, https://www.researchgate.net/publication/350698176_Semantic_3D_City_Modeling_and_BIM
- [10] T3D/Hein Corstens m.m.v. Marloes Graaumans, Gerlof de Haan, Jan van Velsen, Guido Ypenburg, 'T3D Usecase (Binnenkant) Gebouwen', 3 februari 2023
- [11] OGC, 'OGC City Geography Markup Language (CityGML) 3.0 Conceptual Model Users Guide', 2021

Afkortingen

BAG	Basisregistratie adressen en gebouwen
Bbl	Besluit bouwwerken leefomgeving
BGT	Basisregistratie grootschalige topografie
BOR	Beheer openbare ruimte
BZK	Binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties
CB-NL	Conceptenbibliotheek Nederland
FAIR	Findable, accessible, interoperable, reusable
GWSW	Gegevenswoordenboek stedelijk water
IFC	Industry Foundation Classes
IMBOR	Informaitemodel beheer openbare ruimte
LoD	Level of Detail
MIM	Metamodel Informatiemodellering
OGC	Open Geospatial Consortium
OTL	Object Type Library
OWL	Web Ontology Language
RDF	Resource Description Framework
SPARQL	SPARQL Protocol and RDF Query Language
SOR	Samenhangende objectenregistratie
T3D	Totaaldriedimensionaal
VNG	Vereniging van Nederlandse gemeenten