



Ministerie van Binnenlandse Zaken en
Koninkrijksrelaties



HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

Blue Print 3D-Dataroom voor Waterschappen



in opdracht van:

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Datum 15 maart 2019
Versie 0.9
Status Concept - living document
Kenmerk
Auteur(s) Peter de Graaf, Geodan.
Contact: 020-5711311
Redactie Ceciel Fruijtier e.a.

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doel van dit document	6
1.3 Begrippenlijst	7
1.4 Leeswijzer	8
2. Context	9
2.1 De BRO en het stelsel van basisregistraties	10
2.2 Modellen van de ondergrond	12
2.3 Digital twin en 3D-dataroom	18
2.4 BIM-modellen	20
2.5 Uitgangspunten en randvoorwaarden	24
3. Business Benefits	25
3.0 Ontstaan van de ondergrond	26
3.1 Efficiënt plannen van grondonderzoek	27
3.2 Het beoordelen van dijkvakken	28
3.3 Het aanleveren van betere informatie in aanbestedingstrajecten	30
3.4 Het benutten van informatie in het ontwerpproces	31
3.5 Het beheersen van risico's	32
3.6 Transparante communicatie met inzet van 3D-visualisaties	33
3.7 Het overdragen van informatie over de ondergrond	34
4. Functionaliteit: Use cases	36
4.1 Use case 1: Raadplegen 3D-data	37
4.2 Use Case 2: Onderzoek naar problematische locaties	38
4.3 Use Case 3: Overstromingsscenario's	39
4.4 Use case 4: Geotechnisch lengteprofiel in 3D	40
4.5 Use case 5: 3D-meetbestek	41
4.6 Use case 6: 3D-data visualiseren in VR	41
4.7 Use case 7: Uitvoer naar rekeninstrumentarium Deltares	42
4.8 Use case 8: Integratie BIM	43
4.9 Use case 9: Koppeling project informatie beheer	44
4.10 Use case 10: ArcGIS Online voor omgevingsmanagers	44
5. Web services en Data	46
5.1 Overzicht van Webservices en Datasets	47
5.2 Webservices	49
5.3 Datasets	56

6. Systemen 3D-Dataroom	71
6.1 Architectuur 3D-Dataroom Waterschap	71
6.2 Benodigde Software	73
6.3 Benodigde Hardware	74
6.4 Architectuur BRO	75
7. Organisatie en Processen	76
7.1 Beheerorganisatie	76
7.2 Beheerprocessen voor data management	77
7.2.1 Beheren data en services	77
7.2.2 Toevoegen/inlezen data	78
7.2.3 2D-data verrijken naar 3D-data	78
7.2.4 Publiceren 3D data in ArcGIS Online	79
7.3 Beheerprocessen voor techniek	79
8. Checklist Implementatie 3D-Dataroom	81
9. Tenslotte	83
Bijlage 1: Dikes, levees and dams	85
Bijlage 2: Verslag Workshop Piping	86
Bijlage 3: Werkwijze inlezen BIM (Civil3D-bestanden)	89
Bijlage 4: Analyse afhankelijkheid City Engine	94
Bijlage 5: Overzicht van ontwikkelde scripts	95
Bijlage 6: Overzicht Registratie-objecten BRO	96

Samenvatting

De introductie van de BRO is van substantiële meerwaarde voor infrastructurele projecten. Vrijwel altijd bevinden de grootste risico's van infrastructurele werken zich in de ondergrond. Een beter begrip van de ondergrond draagt dan ook in hoge mate bij aan het mitigeren van deze risico's. Met de BRO komt een schat aan gevalideerde gegevens over de ondergrond beschikbaar waarmee infrastructurele werken voordeel kunnen behalen. Deze voordelen vertalen zich onder meer naar een beter risicomanagement en slimmere, slankere en efficiëntere ontwerpen.

Met de feitelijke introductie van de BRO op 1 januari 2018 brak het moment aan de beloftes rondom deze voordelen in te lossen. Deze zijn onderzocht en geïdentificeerd in een voorstudie. De resultaten van deze voorstudie staan opgenomen in dit document. U vindt ze in hoofdstuk 3.

De resultaten uit de voorstudie gaven aanleiding tot het realiseren van een concrete informatievoorziening (de 3D-dataroom) waarbij 3D gegevens van de ondergrond geïntegreerd zijn met gegevens van de omgeving en ontwerpen van keringen. De Sterke Lekdijk tussen Amerongen en Schoonhoven heeft gediend als casus voor de realisatie van de eerste 3D-dataroom. Het resultaat is een operationele 3D GIS-omgeving waarin operators de huidige en de toekomstige situatie kunnen raadplegen, analyseren en visualiseren. Er is zo een waarheidsgetrouwe kopie van de werkelijkheid gecreëerd die ontwerpers, geotechnici en omgevingsmanagers nieuw instrumentarium en daarmee nieuwe mogelijkheden aanreikt. Dit instrumentarium stelt hen in staat de beloftes in te lossen.

Dit document schetst in de eerste twee hoofdstukken aanleiding, doel en context van het afgelegde traject. Vervolgens gaat het in op de voordelen die gebruik van een 3D-dataroom in de praktijk van infrastructurele activiteiten rondom waterkeringen heeft. Hoofdstuk 4 beschrijft de functionaliteiten vanuit het perspectief van verschillende gebruikers. Uiteraard functioneert een 3D-dataroom niet zonder data; de gebruikte/aangeroepen data, alsmede hun bronnen, formaten en gehanteerde scripting bevinden zich in hoofdstuk 5. De 3D-dataroom functioneert op een eigenstandige infrastructuur. De architectuur hiervan staat beschreven in hoofdstuk 6. Het werken met een 3D-dataroom stelt eisen aan de organisatie en functionarissen die ermee werken. Dit is opgenomen in hoofdstuk 7. Hoofdstuk 8 tot slot bevat een checklist voor toekomstige gebruikers van andere 3D-datarooms. Het aflopen van deze checklist geeft hen inzicht in de mate waarin zij klaar zijn voor implementatie als ook de inspanningen die zij hiervoor moeten treffen.

Dit document geeft een goed overzicht op de opbrengsten van het werken met een 3D-dataroom. Het verschaft eveneens inzicht in de wijze van opbouw van een 3D-dataroom en hoe deze is samengesteld en functioneert. Het document richt zich zo op meerdere gebruikers. In de leeswijzer staat opgenomen welke hoofdstukken voor welke doelgroepen het meest interessant zijn.

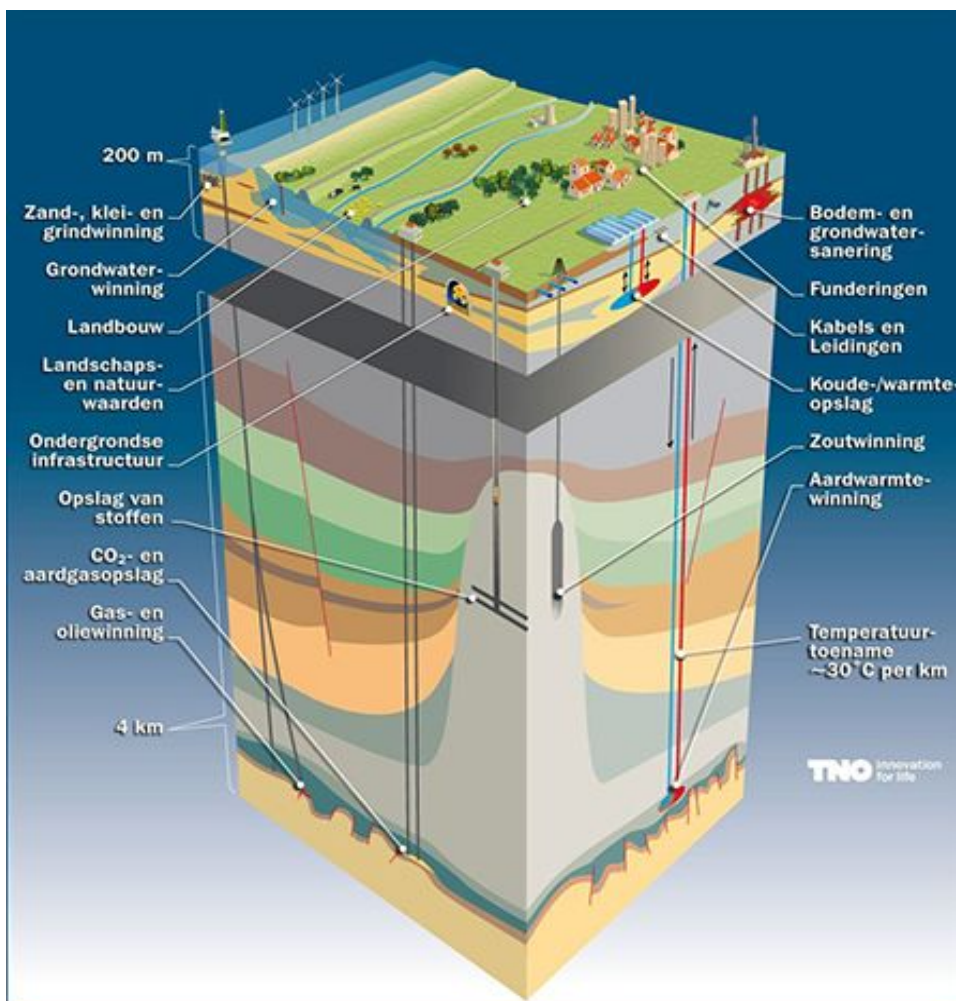
Tot slot is het goed een nuance te plaatsen bij de maturiteit van deze 3D-dataroom. Dit is de eerste concrete implementatie van een dergelijke voorziening. Doorontwikkeling en verbeteringen zullen ongetwijfeld nodig zijn en plaatsvinden. Om die reden is het versienummer van dit document voorlopig 0.9. Dat laat niet onverlet dat de inzet van de 3D-dataroom de wijze van beoordelen, ontwerpen, realiseren en beheren van onze primaire waterkeringen definitief zal veranderen.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

De waterveiligheid van Nederland is geborgd in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Waterkeringen die niet aan de norm voldoen moeten worden versterkt. Bij het versterken van waterkeringen is kennis van opbouw en genese van de ondergrond essentieel. Met de inwerkingtreding op 1 januari 2018 van de wet Basisregistratie Ondergrond (BRO) komt een schat aan informatie vrij die grote waarde heeft in het ontwerpproces van waterkeringen.

De BRO is de centrale database met publieke gegevens van de Nederlandse ondergrond. De BRO beoogt vrijwel alle gegevens van de ondergrond gestandaardiseerd op te vragen en aan te bieden aan overheden en andere partijen. Het gebruik van gegevens uit de BRO is verplicht voor overheden bij projecten die zich afspelen in (een deel) van de ondergrond. De BRO is onderdeel van het stelsel van Basisregistraties en draagt bij aan een efficiëntere en betere dienstverlening door de overheid.



Figuur 1: Activiteiten in de ondergrond.

De figuur toont een overzicht van alle activiteiten in zowel ondiepe als diepe ondergrond. Voor de 3D-dataroom zijn vooral de activiteiten in de ondiepe bovengrond van belang. Deze bevinden zich in het bovenste gedeelte van het blokdiagram.

Het vanuit de BRO beschikbaar komen van ondergrondgegevens is aanleiding geweest te onderzoeken welke toegevoegde waarde de gegevens uit de BRO hebben in het ontwerpproces. Eind 2017 heeft bij Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden een voorstudie plaatsgevonden naar de toegevoegde waarde. Een belangrijk deel van de uitkomsten van de voorstudie staat opgenomen in hoofdstuk 3: business benefits. Deze uitkomsten waren voor het BRO-programma aanleiding opdracht te verlenen tot het realiseren van een 3D-dataroom bij Stichtse Rijnlanden voor het versterkingsprogramma van de Sterke Lekdijk.

1.2 Doel van dit document

Dit document is een blue print voor implementatie van 3D-datarooms bij andere waterschappen. De 3D-dataroom die voor de Sterke Lekdijk is ingericht vormt de concrete uitgangssituatie voor nieuwe implementaties van gelijksoortige 3D-datarooms bij andere waterschappen. Primair zijn dit waterschappen die een versterkingsopgave kennen.

Afhankelijk van de lezer kent dit document verschillende doelen:

- Het voorlichten van bestuurders en voor dijkversterking verantwoordelijke managers over de werking van een 3D-dataroom alsmede de motivaties en opbrengsten van de inzet van een 3D-dataroom in dijkversterkingstrajecten;
- Het aanreiken van informatie en 3D-tooling aan omgevingsmanagers. Zij benutten deze informatie en tooling in voorlichtingssessies en communicatie-uitingen;
- Het aanreiken van informatie en 3D-tooling over de werking van de 3D-dataroom aan technisch managers en geotechnici. Zij benutten deze informatie en tooling in beoordelings- en ontwerpprocessen;
- Het aanreiken van informatie over de wijze waarop de kennis van de ondergrond ingezet kan worden in contractmanagement;
- Het beschrijven van architectuur en werking van de infrastructuur voor IT-beheerders en informatiemanagers;
- Het beschrijven van de werking van de use cases voor de operators van de 3D-dataroom;
- Het beschrijven van de data en databeheerprocessen voor de gegevensbeheerders.

Dit document zorgt ervoor dat elke lezer vanuit zijn/haar perspectief doorgrondt wat de werking van de 3D-dataroom behelst, welke eisen dat aan zijn/haar werk stelt, en welke voordelen het werken met de 3D-dataroom met zich meebrengt.

Een 3D-dataroom is een samenhangend geheel van IT-infrastructuur, data, software, beheer- en bedieningsprocessen. De hier beschreven 3D-dataroom onderscheidt zich vooral door het gebruik van 3D-data/technologie en inzet van ondergrondgegevens.

1.3 Begrippenlijst

Begrip	Betekenis
HDSR	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden; dit is het eerste waterschap waar de 3D-Dataroom is geïmplementeerd.
Blueprint	Een gestandaardiseerd ontwikkelde en gedocumenteerde werkwijze waarmee waterschappen informatie uit de Basisregistratie Ondergrond in 3D kunnen raadplegen en benutten. Onderdeel van de Blueprint zijn tooling en scripts waarmee data kan worden ingelezen, ontsloten en gevisualiseerd.
Cleanroom	Een van het reguliere productie netwerk afgescheiden netwerkomgeving waar projectmatig ontwikkeld en geëxperimenteerd kan worden zonder de productie omgeving te verstoren.
3D-dataroom	Een 3D-dataroom is een samenhangend geheel van IT-infrastructuur, data, software, beheer- en bedieningsprocessen. De hier beschreven 3D-dataroom onderscheidt zich vooral door het gebruik van 3D-data/technologie en inzet van ondergrondgegevens.
Digital twin	Een digital twin is een digitale kopie in 3D van de werkelijkheid. Digital Twins zijn uitermate geschikt om waarheidsgetrouw scenario's te simuleren en te begrijpen hoe omgevingen en/of systemen functioneren. In vergaande vormen van digital twinning communiceren sensoren in de echte wereld met de digital twin om situaties te monitoren en gecontroleerde interventies op (on)verwachte gebeurtenissen te plegen.
ETL	Extract-Transform-Load: een IT-term die beschrijft hoe data vanuit een externe bron wordt opgehaald, getransformeerd (verrijkt, verarmd, gecombineerd, arithmetische bewerkingen) en tenslotte geladen wordt in de werkomgeving, hier de 3D-dataroom. Het downloaden, bewerken en opnemen van het GeoTOP bestand is een voorbeeld van een in de 3D-dataroom toegepaste ETL-procedure.
WBI	W ettelijk B eoordelings I nstrumentarium; het WBI is het instrumentarium waarmee beoordeeld wordt of keringen voldoen. Het bestaat uit een suite van 17 tools die de functie van de keringen berekenen en daar een oordeel over geven.
OI	O ntwerp I nstrumentarium; dit instrumentarium wordt gebruikt in de verkenningsfase van HWBP-projecten om alternatieve oplossingsrichtingen met verschillende ontwerputgangspunten en tijdhorizonnen uit te werken.

1.4 Leeswijzer

Dit document heeft meerdere soorten lezers als doelgroep. Voor elke doelgroep zijn andere hoofdstukken van primair belang. Hieronder staat per doelgroep aangegeven welke hoofdstukken voor hen van welk belang zijn.

Doelgroep	Hoofdstukken	Motivatie
Bestuurders	Samenvatting, Tenslotte, hoofdstuk 1 en 3,	De samenvatting spreekt voor zich; tenslotte verschaft een retrospectief en een blik op de toekomst. Hoofdstuk 1 bevat aanleiding en doel. Hoofdstuk 3 is voor de verder geïnteresseerde bestuurder. Dit werkt uit wat de meerwaarde van de 3D-Dataroom is en hoe deze verzilverd wordt
Programmamanagers	Samenvatting, Tenslotte, hoofdstuk 1, 2, 3 en 8.	Zie hierboven; daarnaast gaat hoofdstuk 2 specifiek in op de context van de 3D-Dataroom en bevat hoofdstuk 8 een checklist die van belang is secuur door te nemen voorafgaand aan implementatie
Technisch managers	Hoofdstukken 2, 3 en delen van hoofdstuk 4	Deze hoofdstukken beschrijven context, omgeving en werking respectievelijk meerwaarde van de 3D-Dataroom
Omgevingsmanagers	Hoofdstukken 2, 3 en selectieve delen van hoofdstuk 4	Deze hoofdstukken beschrijven context, omgeving en werking respectievelijk meerwaarde van de 3D-Dataroom
Contractmanagers	Hoofdstukken, 3 en selectieve delen van hoofdstuk 4	Deze hoofdstukken beschrijven context, omgeving en werking respectievelijk meerwaarde van de 3D-Dataroom
Operators	Hoofdstukken 4 en 5	Deze hoofdstukken beschrijven de werking en de daarbij gebruikte datasets
Functioneel beheerders	Hoofdstukken 4, 5 en 7	Zie hierboven. Hoofdstuk 7 bevat daarnaast de beheerprocessen
Databeheerders	Hoofdstukken 5 en 7	Hoofdstuk 5 beschrijft de data waarvan de 3D-dataroom gebruikt maakt. Hoofdstuk 7 beschrijft de beheerprocessen.

2. Context

Dit hoofdstuk beschrijft de omgeving en ontwikkelingen rondom de 3D-dataroom. Een aanzienlijk deel van de gegevens en functionaliteit waarin de 3D-dataroom voorziet of gaat voorzien heeft zijn herkomst in andere ontwikkelingen. De belangrijkste van deze ontwikkelingen worden in dit hoofdstuk beschreven en geduid op hun relevantie. Het gaat om ontwikkelingen die zich nog volop ontploppen en zeker nog niet uitgekristalliseerd zijn in de vorm van eindproducten.

Bij de implementatie van de 3D-dataroom is de verbinding gezocht met deze ontwikkelingen. In een aantal gevallen kon dit reeds uitgewerkt worden naar use cases, zoals bijvoorbeeld het koppelen met de basisregistraties. Andere ontwikkelingen zoals het uitwisselen tussen 3D-BIM en GIS staan nog in de kinderschoenen en konden om die reden nu nog niet gevat worden in volwassen use cases.

Het betreft de volgende vier ontwikkelingen:

1. De BRO en het stelsel van Basisregistraties. De 3D-dataroom maakt gebruik van dit stelsel die, met inbegrip van de BRO, intussen allemaal operationeel zijn. Hierbij moet worden aangetekend dat nog niet alle registratie-objecten van de BRO volledig operationeel zijn; deze treedt de komende jaren in vier tranches in werking.
2. Ondergrondmodellen: nergens ter wereld is de ondergrond beter gekarteerd dan in Nederland. TNO heeft een aantal modellen van de ondergrond ontwikkeld. Het model GeoTOP is hier één van. Dit model geeft op een schaalniveau van 100 x 100 x 0.5 meter een inschatting van de samenstelling van de ondergrond tot een diepte van maximaal 50 meter onder NAP. Dat is reeds zeer waardevol. Met aanvullende en nieuw ingewonnen data kan dit model nog verder verfijnd worden ten behoeve van digital twinning voor het beoordelen, ontwerpen en realiseren van waterkeringen.
3. Digital twinning: Voortschrijdende technologie, toegenomen rekenkracht en de introductie van 3D-tooling maken het mogelijk een digitale kopie van de werkelijkheid te creëren. In zo'n digital twin kunnen scenario's worden doorlopen en steeds betrouwbaardere prognoses worden opgesteld van bijvoorbeeld maatgevende omstandigheden bij hoog water.
4. BIM-modellen: Infrastructurele werken worden vrijwel altijd ontworpen in CAD-omgevingen waarbij steeds meer van 3D-technieken gebruik wordt gemaakt. Hierbij wordt steeds vaker gebruik gemaakt van Bouw Informatie Modellen (BIM). Een BIM is een digitale representatie van alle fysieke en functionele kenmerken van een werk. Afnemende organisaties als waterschappen beheren de versterkte of gereviseerde situatie veelal in GIS. Op het eerste oog zijn er veel overeenkomsten maar zodra er gepoogd wordt informatie uit te wisselen vallen vooral de verschillen op. Ten tijde van de implementatie van de 3D-dataroom is een eerste uitwisseling opgezet en is de aanzet gegeven tot het ontwikkelen van een uitwisselstandaard die ervoor moet zorgen dat de uitwisseling tussen BIM en GIS soepel en zonder verlies van informatie verloopt.

2.1 De BRO en het stelsel van basisregistraties

De komst van de BRO zorgt ervoor dat alle authentieke gegevens van de Nederlandse ondergrond gevalideerd ontsloten worden vanuit één centrale informatievoorziening. Dat maakt het overbodig dat ondergrondgegevens onderling uitgewisseld worden tussen overheden en belanghebbenden. De BRO zorgt ervoor dat alle gegevens in de vorm van kaarten, grafieken, modellen en profielen gevalideerd ontsloten worden vanuit één authentieke realisatie. De BRO bevordert hergebruik van gegevens en voorkomt dat onnodig en opnieuw dezelfde gegevens worden ingewonnen. Voorts is de BRO een rijke bron van informatie die naast gegevens ook modellen over de ondergrond ontsluit.

De Basisregistratie Ondergrond is geen eigenstandige registratie, maar maakt deel uit van het Stelsel van Basisregistraties. Een basisregistratie is een door de overheid officieel aangewezen registratie met daarin gegevens van hoogwaardige kwaliteit. Opname in het stelsel stelt hoge eisen aan de registratie in termen van standaardisatie, opslag en ontsluiting. Tegelijkertijd biedt het grote voordelen als het gaat om de betrouwbaarheid, authenticiteit en herbruikbaarheid van gegevens.

Basisregistraties bevatten authentieke en niet-authentieke gegevens. Het verplicht gebruik door overheidsinstellingen geldt voor de authentieke gegevens in een basisregistratie. In de wet van een basisregistratie ligt vast welke gegevens authentiek zijn. Door reeds bekende gegevens te delen, kan de overheid efficiënter opereren en de dienstverlening verbeteren. Zo hoeft een burger of bedrijf bepaalde gegevens niet steeds opnieuw aan te leveren, maar is één melding toereikend.

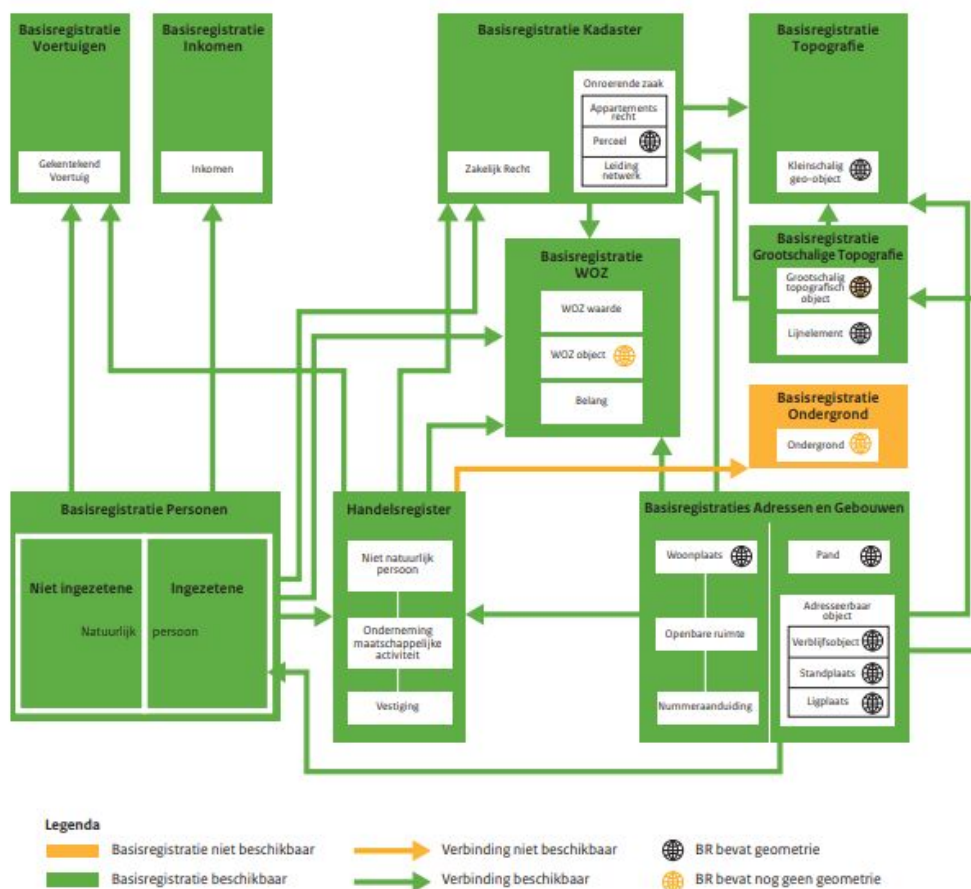
Het Stelsel van Basisregistraties speelt een belangrijke rol in het aanpakken van maatschappelijke vraagstukken. Of het nu gaat om de toetsing van vergunningaanvragen, het garanderen van veiligheid of het beschermen van belangen; alle betrokkenen hebben baat bij slim gebruik van openbare gegevens zoals adressen, kadastrale informatie, gegevens over de ondergrond en geo-informatie.

De wet BRO is op 1 januari 2018 van kracht geworden. Als gevolg van de wet BRO worden in vier tranches de registratie-objecten van de BRO opgenomen en ontsloten. Op deze locatie - <https://www.basisregistratieondergrond.nl/gegevens-in-de-bro/documenten/publicaties/2019/01/21/20190121-lijst-registratieobjecten> - bevindt zich een overzicht van registratie-objecten en de tranche en datum waarop deze in werking treedt. Opname in het stelsel van Basisregistraties vraagt invulling van een aantal rollen. Voor de BRO zijn deze rollen als volgt belegd:

- Opdrachtgever: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- Toezichthouder: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- Bronhouders: Bestuursorganen zoals gemeenten, provincies, waterschappen, Rijkswaterstaat en Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Verstrekker: TNO (beheerder landelijke voorziening BRO) en PDOK.
- Afnemers: Bestuursorganen zijn verplicht gebruik te maken van de BRO. Verder kan een ieder de gegevens kosteloos gebruiken. Dat betekent in de praktijk dat vooral adviesbureaus, maar ook burgers gebruik kunnen maken van de gegevens uit de BRO.

In onderstaande figuur zijn de posities en relaties van de verschillende basisregistraties weergegeven. Daarbij valt op dat de BRO slechts één - nog niet gerealiseerde - relatie met een andere basisregistratie kent, het handelsregister. Er is dus geen directe relatie met de Basisregistraties Grootchalige Topografie (BGT) of Adressen en Gebouwen (BAG). Deze verschillende basisregistraties maken gebruik van hetzelfde geografische coördinatenstelsel (RD) en kunnen daardoor wel ruimtelijk worden gecombineerd. De toekomstige relatie van de BRO met het Handelsregister zal rechtspersonen of natuurlijke personen bevatten aan wie een vergunning is verleend voor activiteiten in de ondergrond.

Stand 31-12-2017



Figuur 5: Het stelsel van Basisregistraties met daarin onder andere de positie van de BRO

2.2 Modellen van de ondergrond

In de BRO zijn naast gegevens ook modellen als registratie-object opgenomen. Drie daarvan, die de BRO vanaf 1-1-2020 beschikbaar stelt, zijn als dataset toegevoegd in de 3D-dataroom. Dit zijn de bodemkaart, de geomorfologische kaart en GeoTOP. Voor deze registratie-objecten is het begrip "model" gebruikt omdat statistiek en expertkennis zijn toegepast om modelwaarden te bepalen voor locaties waar geen feitelijke waarnemingen beschikbaar zijn.

Bodemkaart

De Bodemkaart van Nederland wordt door Wageningen Environmental Research (Alterra) als open data ter beschikking gesteld en zal deel gaan uitmaken van de BRO. Deze kaart is gebaseerd op boorprofielen die zijn verkregen door bemonsteringen van de bodem tot ongeveer 1 meter diepte, met daarnaast inzet van extra gegevens verkregen uit satellietwaarnemingen en het Actueel Hoogtebestand Nederland. De bodemkaart heeft een schaal van 1 : 50 000 en kan goed gebruikt worden voor lokale situaties (1 cm op de kaart is 500 m in werkelijkheid).

De bodemkundige informatie die deze kaart verstrekt heeft betrekking op de aard en samenstelling van de bovengrond (grondsoort) met een verdere onderverdeling naar bodemvorming, veensoort, afwijkende lagen in het profiel, aanwezigheid van kalk en verstoringen door vergraving en egalisatie. Men onderscheidt daarbij 19 hoofdklassen (indeling naar moedermateriaal en bodemvorming), onderverdeeld in ruim 300 bodemcodes. In aanvulling op de bodemtyperingen is er informatie beschikbaar over bijvoorbeeld de textuur en het organische stofgehalte in de bodem. De kaart geeft meestal geen bodemkundige informatie in stedelijke gebieden.

Geomorfologische kaart

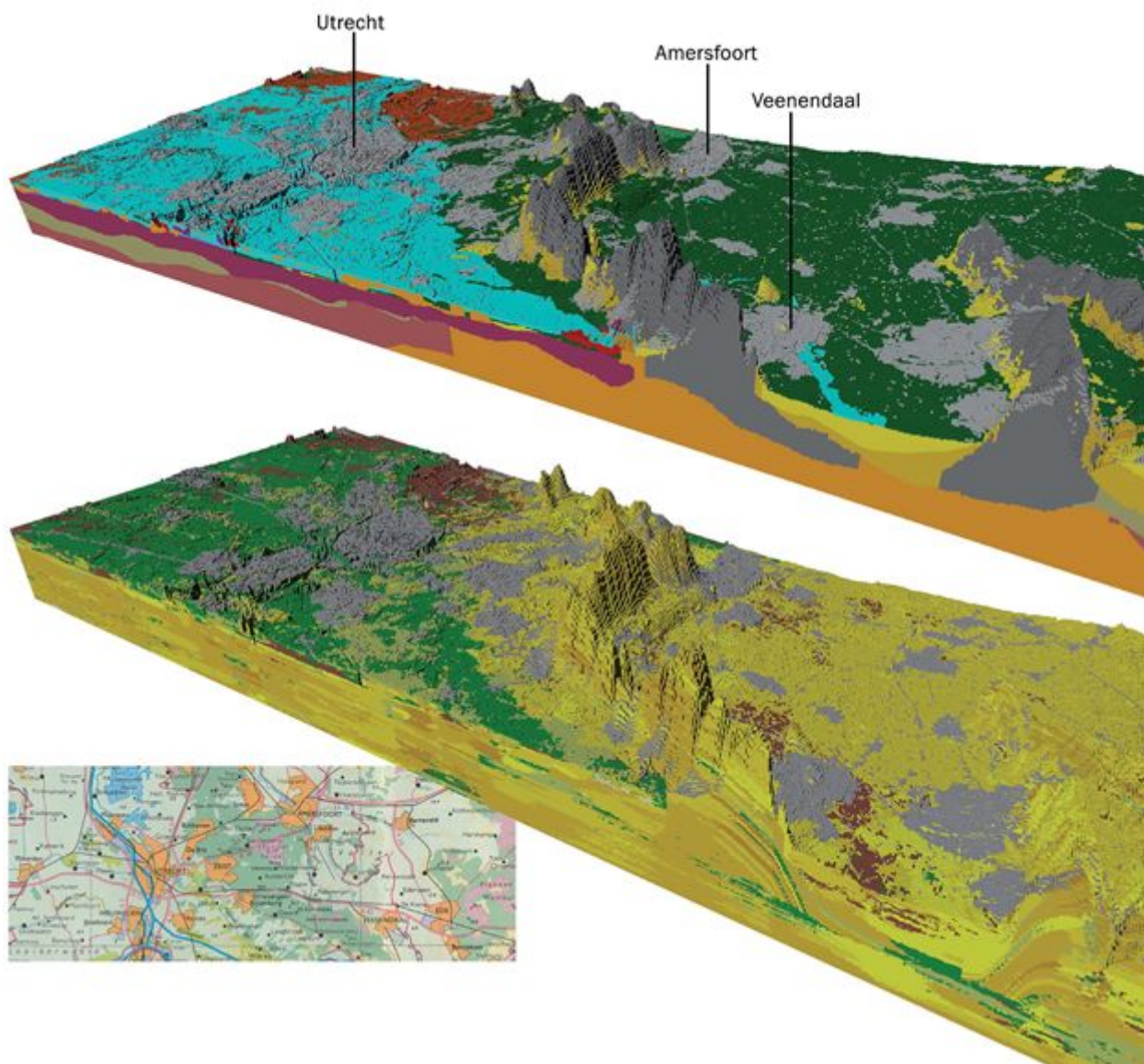
De Geomorfologische kaart van Nederland geeft op een schaal van 1:50 000 aan waar in Nederland welke landvorm voorkomt, plus de ontstaanswijze en ouderdom daarvan. Dankzij de beschikbaarheid van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN), dat voor elke vierkante meter tot op 10 cm nauwkeurig de hoogte weergeeft, kunnen de grenzen tussen de verschillende geomorfologische eenheden zeer nauwkeurig worden vastgesteld. De Geomorfologische kaart wordt als open data gepubliceerd op de geodatavoorziening van de rijksoverheid Publieke Dienstverlening op de Kaart (PDOK) en zal worden opgenomen in de BRO.

Van elke eenheid op de kaart wordt beschreven waartoe die eenheid wordt gerekend. Daarbij worden drie niveaus gehanteerd. Het hoogste niveau onderscheidt 11 landvormgroepen die in hun uiterlijke gedaante bepaalde kenmerken gemeenschappelijk hebben zoals bijvoorbeeld terrassen, dalen en vlakten. Deze landvormgroepen worden op basis van hun ontstaanswijze verder onderverdeeld in landvormsubgroepen. Zo wordt de vormgroep 'vlakten' onderverdeeld in bijvoorbeeld dekzandvlakten, vlakten van getij-afzettingen en rivierkomvlakten. Deze subgroepen worden op basis van de mate van het reliëf verder onderverdeeld in landvormeenheden.

Per landvormeenheid wordt indien van toepassing nog aanvullende informatie gegeven. Dat betreft de aard en morfologie van eventueel aanwezige afdekkende sedimentpakketten die van invloed zijn op de landvorm, eventuele lokale bijzonderheden in het reliëf, en tenslotte of de landvorm onder invloed staat van actieve geomorfologische processen zoals stuivende kust- en landduinen en sedimentatie dan wel erosie in en langs de grote rivieren en op slikken en schorren.

GeoTOP

GeoTOP is een driedimensionaal model van de ondergrond waarbij de ondergrond in de vorm van voxels van 100 x 100 x 0.5 meter wordt weergegeven tot een diepte van 50 meter onder NAP. Een voxel is de driedimensionale uiting van een pixel. Een verzameling aaneengesloten en gestapelde voxels doet denken aan pizzadozen. Om die reden wordt het GeoTOP model in de spreektaal ook wel aangeduid als het “pizzadozenmodel”. Elke voxel bevat kenmerken zoals de waarschijnlijke geologische eenheid (lithostratigrafie) en de waarschijnlijke grondsoort (lithoklasse). Figuur 3 toont in de onderste helft de waarschijnlijke lithoklasse (bijvoorbeeld zand, klei of veen), en in de bovenste helft de waarschijnlijke geologische eenheid (bijvoorbeeld stuwwallen of rivierafzettingen die tot een bepaalde geologische formatie behoren). Het gebied in kwestie is het zuidoosten van de provincie Utrecht.

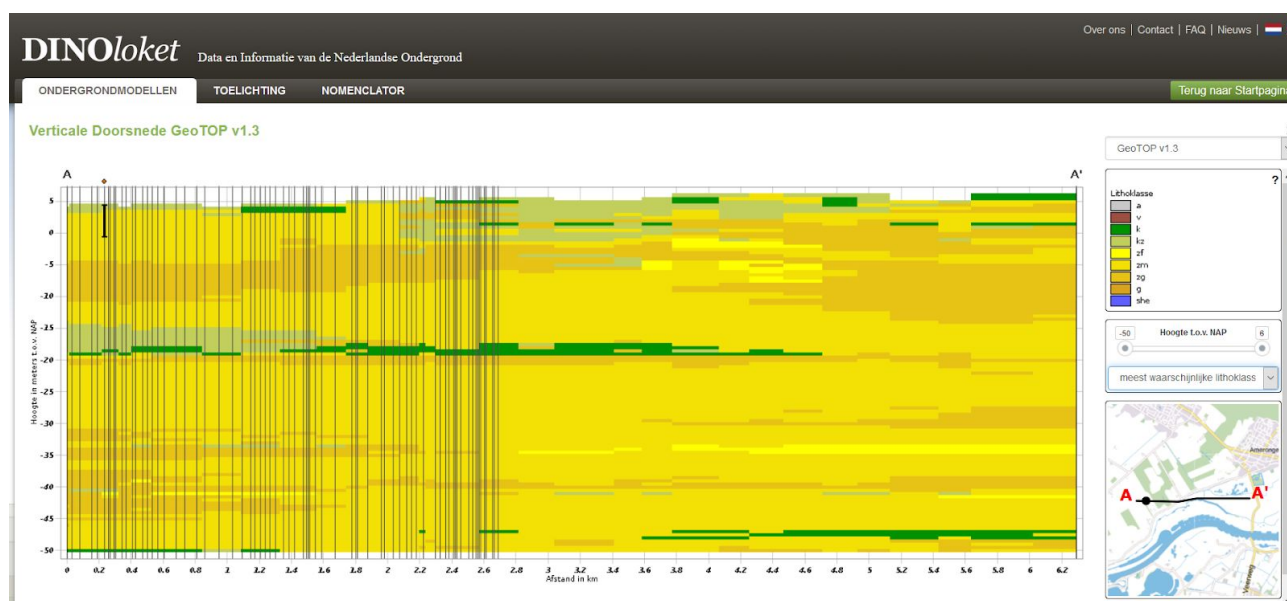


Figuur 3: Weergave van het GeoTOP model van zuid-oost Utrecht.

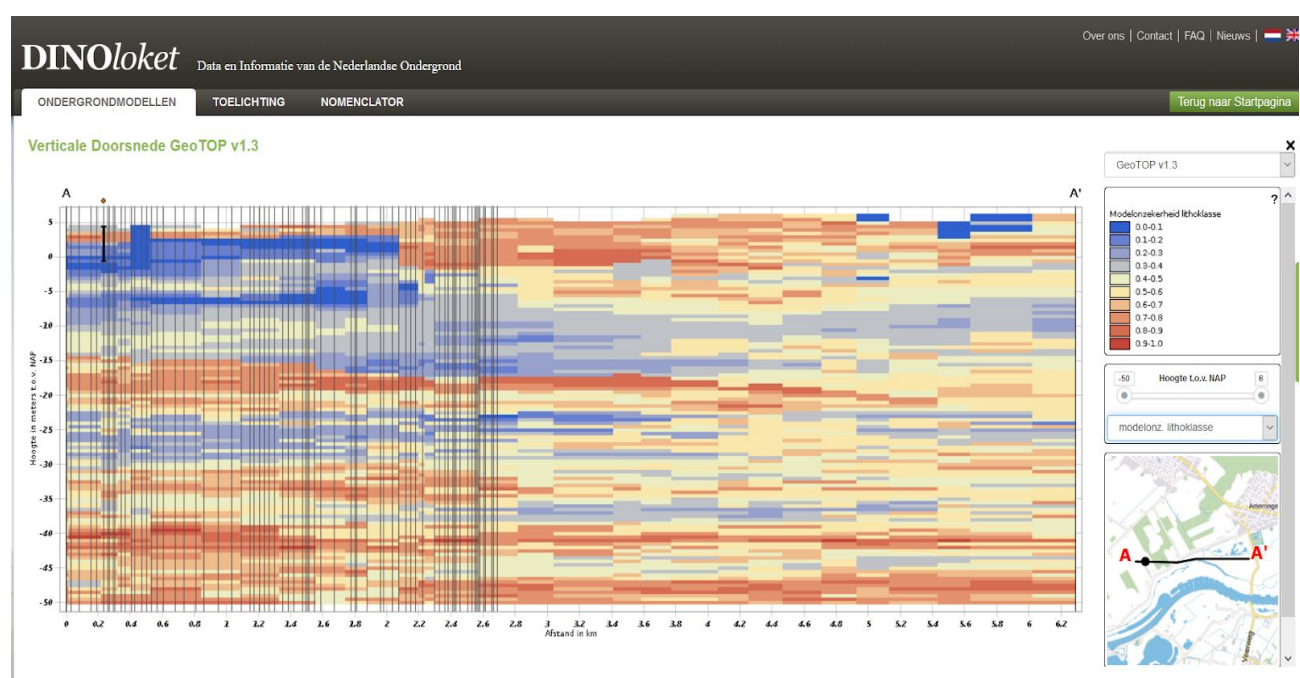
Het GeoTOP model is primair gebaseerd op vele duizenden boormonsters en in de toekomst zal de BRO de gegevens van steeds meer boringen bevatten. GeoTOP tracht een realistische inschatting van de ondergrondse geologische voorkomens te geven. Het betreft een inschatting aangezien het aantal waarnemingen (boringen) ten aanzien van de omvang van het gemodelleerde gebied gering is. Ook al gaat het anno 2019 om meer dan 425.000 boringen, op maaiveld niveau is iets minder dan 10% van de voxels doorboord. Men kijkt als het ware door een aantal rietjes naar de toestand van de ondergrond en creëert daarvan een model. Om het model te genereren benut men naast interpolatietechnieken ook informatie uit sonderingen (er zijn veel meer sonderingen dan boringen), op inzicht gebaseerde aannames, karteringen, en kennis van de opbouw van de Nederlandse ondergrond.

De gebruiker van GeoTOP dient zich er goed bewust van te zijn dat het om een *model* gaat. Daaraan is inherent dat GeoTOP de samenstelling van de ondergrond niet met absolute zekerheid weergeeft. Het model is immers gebaseerd op een gelimiteerd aantal directe waarnemingen. Met behulp van geavanceerde geostatistiek is de modelonzekerheid van GeoTOP gekwantificeerd. Daarbij wordt onder andere rekening gehouden met het feit dat sommige geologische eenheden sterker in samenstelling variëren dan andere. Zo kan de gebruiker zien hoe waarschijnlijk het is dat de betreffende voxel inderdaad volledig uit de aangegeven lithoklasse bestaat.

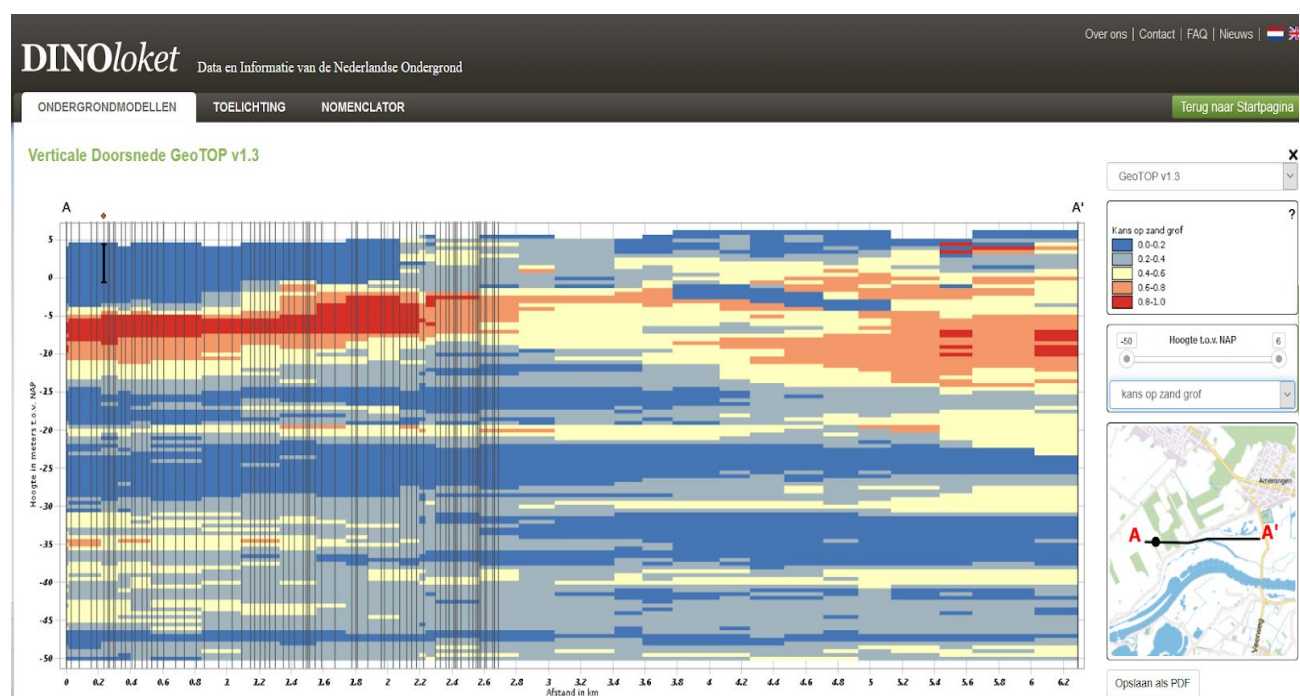
Vanzelfsprekend geldt in principe: des te meer boringen er in het betreffende gebied zijn gedaan, des te groter de modelzekerheid. Aangezien de meeste boringen niet zo ver de diepte in gaan, neemt de modelonzekerheid doorgaans met de diepte toe. Bij een grote modelonzekerheid in de bovenste 10 meter zijn er of rond die plek weinig boringen gedaan (wat eenvoudig kan worden nagegaan in de BRO) of er is sprake van een grote zijdelingse variabiliteit in de samenstelling van de ondergrond. Dat is op zichzelf reeds een waardevol gegeven.



Figuur 4.1: GeoTOP model (profiel ten zuidwesten van Amerongen); per “pizzadoos” (voxel) wordt de meest waarschijnlijke lithoklasse aangegeven (groen = klei, licht groen = kleilig zand, geel = zand, van fijn (licht geel) naar grof (oranje geel)).



Figuur 4.2: GeoTOP model (profiel ten zuidwesten van Amerongen). In deze representatie geven de voxels (de “pizzadozen”) aan hoe zeker het is dat een bepaalde voxel de aangegeven lithoklasse bevat. Bij blauwe voxels is dat vrijwel zeker, bij rood is de onzekerheid groot.



Figuur: 4.3: GeoTOP model (profiel ten zuidwesten van Amerongen); per voxel kan worden weergegeven hoe groot de kans is dat die bepaalde voxel een bepaalde lithoklasse bevat. In dit geval is gekozen voor de weergave van de kans dat er grof zand in de bodem zit. Bij rode voxels is dat vrijwel zeker het geval, bij blauwe vrijwel zeker niet. Eenzelfde beeld kan worden gegenereerd voor de kans op het voorkomen van klei, veen, fijn zand, enzovoort.

GeoTOP leent zich voor inzet bij infrastructurele werken met name op een groter schaalniveau, en kan als zodanig in de verkenningsfase van grote waarde zijn. Het kent ook goede toepassingsmogelijkheden bij het beoordelen, ontwerpen, realiseren en beheren van waterkeringen. Zo geeft GeoTOP een goede indicatie van het voorkomen van zandbanen in de ondergrond en de diepteligging van de pleistocene zandbasis. Niettemin is verfijning van de ruimtelijke schaal gewenst voor het beoordelen en ontwerpen van waterkeringen.

Het aanbrengen van een verfijning van het GeoTOP model is een reële mogelijkheid mits van het te verfijnen gebied voldoende data beschikbaar is. De hoeveelheid en kwaliteit van de data bepalen de mate van verfijning. Op basis van de data uit onderstaande tabel is dit voor de Sterke Lekdijk een voxelgrootte van 25 m. x 25 m. x 0,25 m. TNO voert deze verfijnde modellering uit.

Type	Naam dataset	Inhoud	Bron
Boringen	Bodemkundige boringen	Boringen tot 1.20 m.	BRO
	Staf boringen	lithologische bemonstering tot min. 2 m diepte en vervolgens tot op vast zand	Universiteit Utrecht
	Studenten boringen gedigitaliseerd	lithologische bemonstering tot min. 2 m diepte en vervolgens tot op vast zand	Universiteit Utrecht
	Studenten boringen analoog	lithologische bemonstering tot min. 2 m diepte en vervolgens tot op vast zand	Universiteit Utrecht
	Historische boringen	Lithologische bemonstering	Waterschap
	Recente boringen	Lithologische bemonstering tot 2 m.	Waterschap
	Geologisch booronderzoek		DinoLoket
Sonderingen	Sonderingen		BRO
	Historische sonderingen		Waterschap
	Recente sonderingen		Waterschap
Informatieproducten	Zand in banen	hoogteligging bovenkant stroomgordel	Prov. Gelderland
	Zandbanenkaart	ligging zandbanen	RCE
	Wielen	ligging oude dijkdoorbraken	Waterschap

Een tweede keuze die bij het verfijnen van het ondergrondmodel moet worden gemaakt betreft de aan te brengen parameters (eigenschappen). Het bepalen van deze parameters volgt uit het gebruiksdoel van het model. Veelal dienen de parameters als input voor berekeningen. Hoewel dit per situatie kan verschillen, zullen dit vaak sterkte parameters van de lithologische klassen zijn. Bij de verfijning van het ondergrondmodel ten tijde van de implementatie voor de Sterke Lekdijk zijn de parameters uit onderstaande tabel aangehouden. Hierbij is rekening gehouden met de twee faalmechanismen macrostabiliteit en piping.

Berekeningen voor macrostabiliteit worden gedaan in DGeostability voor twee situaties:

1. Ongedraineerd (onder de freatische lijn; dat is een variabele parameter die varieert met de rivierwaterstand, droogte en neerslag. De freatische lijn is de grens waaronder alle holten en poriën van de grond gevuld zijn met water).
2. Gedraineerd (boven de freatische lijn. In dat geval wordt de freatische lijn ingevoerd in de berekening).

Bij deze berekeningen worden onderstaande parameters en waarden gebruikt:

Ongedraineerd (onder de freatische lijn)

<i>Benaming SLD</i>	<i>Benaming WTI-SOS</i>	<i>Volumegewicht kN/m3</i>	<i>m</i> -	<i>S (kar waarde) kPa</i>
Klei zwaar	H_Rk_k	17,4	0,87	0,30
Veen	H_vhv_v	10,6	0,88	0,36
Veen kleiig	H_Rk_k&v	11,4	0,87	0,31
Klei licht		15,3	0,87	0,25

Gedraineerd (boven de freatische lijn = droge grond)

<i>Benaming SLD</i>	<i>Volumegewicht droog/nat kN/m3</i>	<i>c kPa</i>	<i>Phi graden</i>
Klei dijksmateriaal	18,8 / 18,8	0	31,6
Klei zwaar	18,8 / 18,8	0	31,6
Zand	18 / 20	0	26,1
Zand kleiig	17 / 19	0	26,1
Zand Pleistoceen	18 / 20	0	28,6

Voor pipingberekeningen met DGeoflow zijn van alle lagen de dikte nodig. Deze moeten af te leiden zijn uit het verfijnde model. Van zandlagen is de doorlatendheid (k waarde) en de korreldiameter (D70 waarde) nodig.

Voor de afdekkingen van klei (en soms ook veen) is buitendijks de doorlatendheid (k waarde) nodig. Binnendijks is dit het volumegewicht. De doorlatendheid is een nader te bepalen waarde die sterk kan variëren in het voorland gebied (het gebied tussen het water en de kering). Deze waarde is voorlopig op 1 m/dag gesteld. Nieuwe inzichten geven aan dat gelaagdheid in zand kan resulteren in verschillende k-waarden. Dit aspect is onderwerp van onderzoek en nog niet meegenomen bij de verfijning van het ondergrondmodel.

2.3 Digital twin en 3D-dataroom

Het beoordelen en ontwerpen van waterkeringen is een proces waarin de toestand van de kering centraal staat. Deze toestand wordt beschreven met informatie over locatie, dimensionering, opbouw, eigenschappen en omgeving. Elk van deze informatietypen verschilt per locatie. Waterkering en omgeving zijn niet homogeen van samenstelling of lineair in horizontale, verticale en ondergrondse opbouw.

Dit maakt het beoordelen en ontwerpen van waterkeringen maatwerk. Locatie en ter plekke voorkomende omstandigheden zijn sturend voor de uitkomst van de beoordeling en de maatvoering van toekomstige ontwerpen. De berekeningen die hieraan ten grondslag liggen gaan veelal uit van een situatie die maatgevend wordt verklaard voor een tracé of dijkvak, waarbij de heterogeniteit van ondergrond en omgeving maar beperkt wordt ingezet. De maatgevende situatie gaat uit van het worst case scenario en doet lang niet altijd recht aan locaties waar dit helemaal nooit aan de orde zal zijn. Dit leidt tot overdimensionering of onnodige maatregelen. Het kon echter moeilijk anders omdat de informatie en kennis om het beter te doen eenvoudigweg ontbrak of niet toegankelijk was.

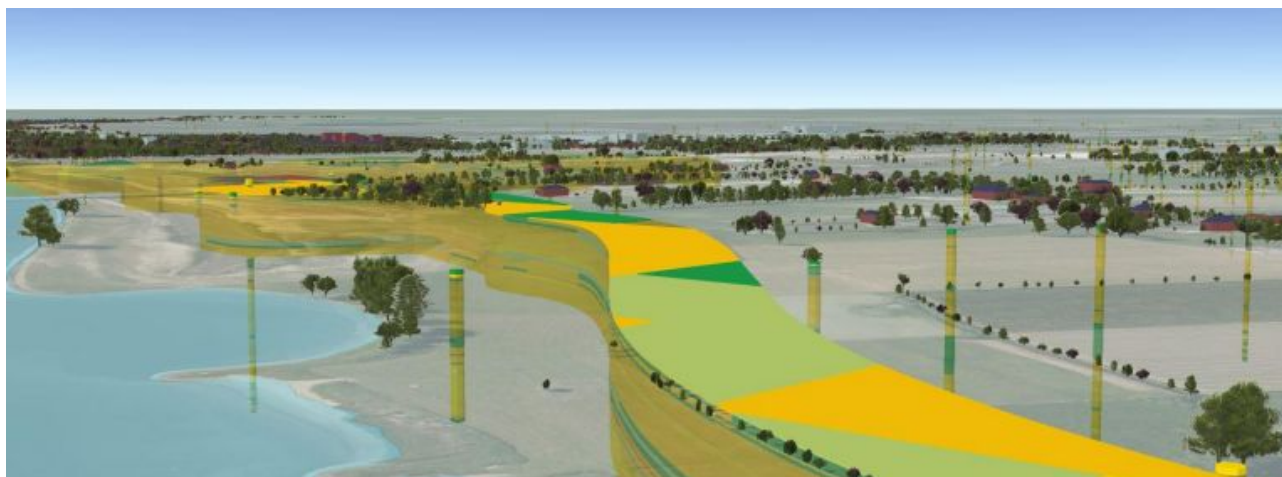
De invoering van de BRO brengt hier een belangrijke verbetering in aan. Veel gedetailleerdere informatie dan voorheen komt nu via het stelsel van basisregistraties beschikbaar. Veel van deze informatie is beschikbaar in 3D of kan opgewerkt worden tot 3D. Dit betekent een belangrijke verandering ten opzichte van de situatie waarin benodigde informatie niet op een plek aanwezig is.

Er bestaat veel informatie over dijklichaam en omgeving. Al deze informatie is echter versnipperd over verschillende informatiedragers. Denk hierbij aan:

- Analoge documenten
- Analoge kaarten
- Digitale registers (e.g. beheerregister en AHN)
- Basisregistraties (e.g. BRO, BGT & BRK)
- Portalen (e.g. DINOloket en het Geo-portaal van RCE)
- Spreadsheets (veelal Excel)
- Losse bestanden als tekstdocumenten (.docs en PDF's)
- Gescande documenten

Deze grote hoeveelheid informatie is echter niet binnen één omgeving beschikbaar. Dit heeft veelal zijn herkomst in de wijze waarop de informatie gemodelleerd is. Het ontbreken van de onderlinge samenhang tussen de verschillende standaarden, formaten, definities, geocodering en scripts maakte het praktisch onmogelijk om bovenstaande informatie in één omgeving raadpleegbaar te ontsluiten. Met het ontsluiten en integreren van alle informatie wordt het mogelijk een digital twin te genereren.

Een digital twin is een driedimensionale digitale kopie van de werkelijkheid, waarin alle beschikbare informatie in onderlinge samenhang bij elkaar is gebracht. Deze driedimensionale virtuele omgeving visualiseert gegevens in onderlinge samenhang. Een digital twin is volledig afgestemd op doelgroepen en laat ze ruimtelijke vraagstukken virtueel zelf ervaren. Ze helpen begrijpen hoe omgevingen en/of systemen functioneren. In vergaande vormen van digital twinning communiceren sensoren in de echte wereld met de digital twin om situaties te monitoren en gecontroleerde interventies op (on)verwachte gebeurtenissen te plegen. Een digital twin is het concept waarvan een 3D-dataroom de concrete implementatie is.



Figuur 5: Een digital twin van de ondergrond van de Sterke Lekdijk

De in deze digital twin gerealiseerde omgeving bevat de ligging, dimensionering en eigenschappen van de huidige waterkering evenals mogelijke toekomstige ontwerpen van een versterkte kering in 3D. Wat deze digitale twin uniek maakt is dat naast de bovengrondse situatie ook de ondergrond integraal deel uitmaakt van de digital twin. Het is daarmee voor het eerst dat ondergrond en bovengrond gelijktijdig in één omgeving kunnen worden geraadpleegd en geanalyseerd. De introductie van de BRO en het bijbehorend gestandaardiseerd ontsluiten van gegevens en modellen heeft er in belangrijke mate aan bijgedragen dat dit nu mogelijk is.

Steeds meer processen kunnen wiskundig worden beschreven en zodoende in de digital twin worden gesimuleerd. Dat maakt het mogelijk scenario's door te rekenen en zo voorspellingen te doen over mogelijk optredende omstandigheden en de waarschijnlijke uitkomst daarvan. Dit kunnen de maatgevende omstandigheden zijn die aangehouden zijn bij het ontwerpen van de kering. Het kunnen ook omstandigheden zijn ten tijde van het optreden van hoogwater.

2.4 BIM-modellen

Het uitwisselen tussen 3D BIM (vanuit CAD-bestanden) en GIS was een belangrijk doel bij het inrichten van de 3D-dataroom. Deze uitwisseling gaat gepaard met meerdere vraagstukken. Zo is de werkwijze van ontwerpers en GIS-gebruikers en -beheerders wederzijds nog onvoldoende begrepen. Voor een succesvolle uitwisseling is het nodig dat zij elkaars werkwijze leren doorgronden en als concreet resultaat daarvan komen tot een beschreven uitwisselstandaard waarmee zij onderling informatie (geometrieën en attributen) uitwisselen zonder dat hierbij informatie verloren gaat.

Om de naam BIM te kunnen dragen stelt dit de volgende eisen aan model en bestand:

- Het model is digitaal en kan worden gedeeld.
- Informatie van een BIM is interoperabel; bestanden zijn uitwisselbaar en bruikbaar in verschillende systemen.
- Uitwisseling is gebaseerd op standaarden.
- Er is eenduidigheid over de opbouw van geometrieën en de inhoud van attributen.

In de 3D-dataroom is het gelukt Civil3D bestanden naar een 2D-shape bovenaanzicht te exporteren. Het is bij de realisatie van de 3D-dataroom eveneens gelukt 3D-geometrieën vanuit Civil3D naar GIS te exporteren en visualiseren. Als gebruik gemaakt wordt van polylines en vlakken komt ook de attribuutinformatie mee. Bij het werken met 3D-solids is dit nog niet het geval. In dat geval worden uitsluitend geometrieën geïmporteerd en wordt geen attribuutinformatie van de betreffende geometrieën uitgewisseld. De 3D-lijnen zijn als het ware van de ene omgeving naar de andere omgezet. Dit was een mooi eerste resultaat dat de opmaat vormde naar het opstellen van een uitwisselstandaard waarbij in de toekomst informatie naadloos wordt uitgewisseld.

Voor het opstellen van de uitwisselstandaard is een aantal workshops gehouden waarin ontwerpers van ingenieurbureaus en GIS-deskundigen kennis hebben gemaakt met elkaars werkwijze. Dit heeft geleid tot het opstellen van een aantal randvoorwaarden en uitgangspunten voor het opstellen van een uitwisselstandaard. Dit betreft “work in progress”; wellicht worden deze randvoorwaarden en uitgangspunten nog aangepast:

- De basis voor het ontwerp van de dijk staat in het document “Basisspecificatie Sterke Lekdijk”.
- Deze template is gebaseerd op NLCS. Dit is daarmee de facto de standaard waarmee ontwerpen gecodeerd worden.
- Voor ruimtelijke vastlegging is het Rijksdriehoeksstelsel de referentie.
- Het waterschap legt objecten in hun beheerregister vast met de DAMO-standaard.

In de uitwerking van de uitwisselstandaard moet oog zijn voor de volgende vier aspecten:

1. Het vastleggen en uitwisselen van geometrieën;
2. Het opzetten van een gemeenschappelijke model (semantisch en modelmatig) voor de codering van objecten en attributen. Hierbij komen ongetwijfeld de overeenkomsten en verschillen tussen NLCS en BSD aan de orde;
3. Conventies met de naamgeving op het vlak van identificatie (locatie, objecten, bestanden, afkortingen etcetera);
4. Technisch formaat.

Ad 1: Dit aspect gaat sec over de wijze van vastleggen en exporteren van geometrieën. Zaken waar afstemming over plaats moet vinden staan in onderstaande tabel. Dat betreft vooral de opbouw van de geometrie. Hierbij verdienen voor- en nadelen van het werken met TIN's en corridors aandacht. Zo kan GIS niet vanzelfsprekend omgaan met corridors en kunnen TIN's geen coderingen bevatten. Het vraagt onderzoek hier de goede keuzes in te maken. Ook is het goed afspraken te maken over undershoots, overshoots en aansluitingen.

CAD-wereld	GIS-Wereld	Opmerkingen
Lines (2D, 3D) · Polyline · Feature line · Line · 3D-poly line	Lijnen	Goed werkende conversie
Toevoegen surfaces aan BIM-model	Nvt	Dit is een noodzakelijke actie in CAD om er voor te zorgen dat de import in GIS soepel verloopt.
Multipatches	Multipatches	Deze conversie verloopt goed mits de CAD zijde InfraWorks gebruikt
Solids	Volumetrieën	Vraagt vervolgonderzoek naar uitvoering met Data Interoperability Tool

Ad 2: Er zijn verschillende datamodellen die beschrijven hoe een waterkering is opgebouwd. Er kan er maar één als basis dienen. Dat is de "Basisspecificatie Sterke Lekdijk". Dit betekent dat onderzocht moet worden hoe deze specificatie zich verhoudt tot de inhoud uit de RHDHV template en DAMO. Het ligt voor de hand dat er verschillen bestaan tussen deze modellen. Dit kan met het opstellen van mappings ondervangen worden. Een mapping is een vertaaltabel tussen twee verschillende modellen; een vaak gehanteerde werkwijze om verschillende modellen met elkaar te laten communiceren. Het opstellen van de inhoud van een mapping tabel gebeurt in samenwerking en instemming met materiedeskundigen.

De scope voor de objecten is afgeleid uit de Basisspecificatie Lekdijk. Deze kent de volgende objecten:

Object BSD	Mogelijke componenten	Opmerkingen
Kern	Binnen en buitenteenlijn Kniklijnen	Is de kern in 3D te modelleren? Zo ja uit welke lijnen bestaat de multipatch of is de solid opgebouwd
Bekleding	3D-vlak	Is dit een “drape” op de kern die als multipatch wordt opgebouwd
Achterland	3D-vlak, evt 2D	
Kwelsloot	3D-vlak Insteek – insteek Bodemknik links – rechts	Check met beheerregister
Binnenberm	3D-vlak Obv teenlijnen en kniklijnen?	Zitten hier nog kniklijnen in? Multipatch Welke lijnen begrenzen dit object
Binnentalud	3D-vlak Obv kruinlijnen en kniklijnen?	Zitten hier nog kniklijnen in? Multipatch Welke lijnen begrenzen dit object
Buitentalud	3D-vlak Obv kruinlijnen en kniklijnen?	Zitten hier nog kniklijnen in? Multipatch Welke lijnen begrenzen dit object
Buitenberm	3D-vlak Obv teenlijnen en kniklijnen?	Zitten hier nog kniklijnen in? Multipatch Welke lijnen begrenzen dit object
Voorland	3D-vlak, evt 2D	
Langs constructies		Maatwerk
Niet waterkerende objecten		Nader te bepalen

Ad 3: Er moeten afspraken worden gemaakt over naamgevingsconventies ten aanzien van de volgende aspecten:

- Identificatie van objecten
- Identificaties van locaties (bv, Salmsteke of Zalmsteecke oid)
- Eenduidig gebruik van dezelfde afkortingen
- Naamgeving van bestanden
- Naamgeving van locaties van bestanden, als ook bestanden die samenhangen en naar elkaar verwijzen.

Ad 4: CAD en GIS kennen afzonderlijke en gemeenschappelijke technische formaten. Ten aanzien van vastlegging en uitwisseling moet worden afgesproken welke formaten aangehouden worden. Op voorhand is – een hieronder niet uitputtend – overzicht van formaten in beeld:

- DWG
- DXF
- Shape
- IFC
- Overig

2.5 Uitgangspunten en randvoorwaarden

Bij de inrichting van de 3D-Dataroom is uitgegaan van de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden.

- De 3D-dataroom is operationeel binnen de IT-infrastructuur van het waterschap.
- Binnen deze infrastructuur draait de 3D-dataroom zelfstandig in een afgescheiden gedeelte om verstoring en beïnvloeding met de productie-omgeving van het waterschap te voorkomen.
- Data wordt in beginsel betrokken uit centraal beheerde registers. Hierbij moet gedacht worden aan:
 - De 3D-dataroom put uit het stelsel van basisregistraties als authentieke bron van basisgegevens.
 - De 3D-dataroom put uit de Kernregistraties van het betreffende waterschap als het gaat om de authentieke ligging en administratie van objecten met een geografische locatie. Deze data wordt veelal wel aangeduid als corporate data of in waterschapsjargon het beheerregister.
 - De nationale Geo-voorziening PDOK (Publieke Dienstverlening op Kaart) die bij het Kadaster is ondergebracht
 - Datavoorzieningen die door diensten als RCE, TNO en Deltares worden ontsloten
- De wijze van gebruik van data kent een voorkeursvolgorde:
 - Bij voorkeur wordt gebruik gemaakt van OGC-compliant web-services.
 - Indien geen webservices beschikbaar zijn wordt gewerkt met databaseverbindingen (met bijvoorbeeld het beheerregister) of wordt data opgenomen in de database van de 3D-Dataroom. Dit laatste kan gepaard gaan met een conversie.
 - Als het echt niet anders kan wordt data als bestand opgeslagen.
- De data van het waterschap is opgeslagen in het DAMO datamodel

3. Business Benefits

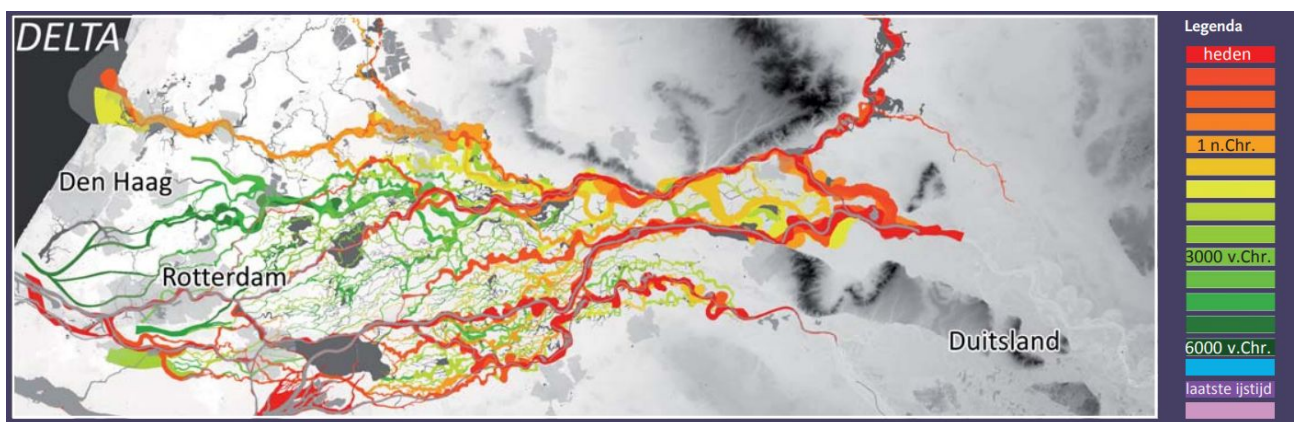
Dit hoofdstuk bevat de uitwerkingen van de business benefits van een digital twin / 3D-dataroom. Deze business benefits zijn geïdentificeerd in de uitvoering van de eerder uitgevoerde voorstudie. De voorstudie is uitgevoerd op de versterking van de Sterke Lekdijk. Deze strekt zich uit over een tracé van 55 kilometer tussen Amerongen en Schoonhoven. De studie heeft uitgewezen dat de BRO op zeven specifieke aspecten meerwaarde voor het traject van versterking kent. Deze zeven business benefits zijn weergegeven in de tabel hieronder en worden verder uitgewerkt in de volgende paragrafen. Het is reëel dat deze zeven business benefits in algemene zin gelden voor alle dijkversterkingstrajecten.

Nr	Business benefit	BRO Input	Toelichting
1	Plannen efficiënt grondonderzoek	++	• Hergebruik boringen en sonderingen • Invoer boringen en sonderingen • Gebruik maken van kennis van de ondergrond (GeoTOP)
2	Veiligheidsanalyse dijkvakken	++	• Modelleren lithologie • Aanwezigheid grondwaterlichamen • Aanwezigheid antropogene constructies • Inzet stochastisch ondergrondmodel TNO
3	Informatie tbv aanbestedingen	++	• Uitvoer lithologie (opbouw ondergrond) • Uitvoer geohydrologie • Uitvoer antropogene constructies
4	Informatie benutten in ontwerpproces	++	• Uitvoer lithologie • Risico's beperken obv bekende typen knelpunten
5	Risicomanagement	+	• Modelleren lithologie • Aanwezigheid antropogene objecten
6	Transparantie en participatie	+	• Visualisatie aanwezige lithologie
7	Informatie-overdracht tussen fases		Beperkte meerwaarde als gevolg van gebruik BRO

3.0 Ontstaan van de ondergrond

Om de totstandkoming van de business benefits goed te kunnen duiden gaat deze voorloop paragraaf eerst kort in op de processen en omstandigheden die geleid hebben tot de variabele samenstelling van de ondergrond in het Nederlandse rivierengebied. Het is immers de vormingsgeschiedenis die bepalend is voor de samenstelling van de ondergrond.

De meeste dijken in Nederland bevinden zich in de delta van Rijn, Maas en IJssel. Tot 1100 was deze delta niet bedijkt en kozen rivieren vrijelijk hun loop. Rivieren die niet worden tegengehouden door dijken zullen hun stroombedding daarbij steeds verleggen. Vanaf het begin van het Holoceen, 11.800 jaar geleden, heeft de Rijn zich meer dan 10 keer verlegd. Dit zorgt voor variaties in de ondergrond.



De sedimentatieprocessen zorgden voor een opbouw van de delta waarbij op verschillende dieptes stroomgordels en kommen zijn ontstaan. De stroomgordels bestaan overwegend uit zand. De omliggende komgebieden overstroomden slechts incidenteel en bestaan vooral uit klei. In de diepste delen van de komgebieden kon veenvorming plaatsvinden. Ook in de verlaten geulen van stroomgordels vond veenvorming plaats. Deze processen hebben gezorgd voor zeer grote heterogeniteit in de samenstelling van de ondergrond: niet alleen verticaal gezien maar ook zijdelings kan de samenstelling van de ondergrond op een schaal van enkele meters sterk verschillen. De figuur hierboven laat de ligging zien van de verschillende stroomgordels in het nederlandse rivierengebied. De kleuren geven de periode van activiteit aan. Donkergroen ligt het verst in het verleden, donkerrood is nu. Na de bedijking (na 1200 -1300) hebben de stroomgordels zich niet meer verlegd.

3.1 Efficiënt plannen van grondonderzoek

Bij dijkversterking is inzicht in de samenstelling van de ondergrond nodig. Gewoonlijk wordt hiertoe grondonderzoek gepland en uitgezet. Met de komst van de BRO is toegang ontstaan tot alle boringen en sonderingen die eerder in het betreffende gebied zijn uitgevoerd.

Deze toegang heeft twee belangrijke voordelen. Locaties waar reeds eerder onderzoek is gedaan hoeven niet opnieuw te worden onderzocht. Het eerdere onderzoek kan worden hergebruikt. Het niet opnieuw hoeven inwinnen scheelt direct in de kosten. Daarnaast is het inzicht dat vanuit het herbruikbare onderzoek ontstaat direct bruikbaar naar locaties waar zich witte vlekken bevinden of die anderszins interessant zijn verder te onderzoeken. Het plannen van grondonderzoek wordt hiermee veel efficiënter.

Ook voor de toekomst heeft de BRO een groot voordeel in zich. Al het nieuwe grondonderzoek dat alsnog wordt uitgevoerd moet verplicht bij de BRO worden aangeleverd en is daarmee beschikbaar voor toekomstige activiteiten in de ondergrond. Het inzicht in de ondergrond groeit cumulatief en er gaat geen data meer verloren.

Bij het plannen van grondonderzoek worden onderzoekslocaties gewoonlijk gepland op een regelmatige afstand. Daarbij is 100 meter gebruikelijk. Aanvullend of tussenliggend onderzoek wordt gepland op locaties waarvan reeds bekend is of vermoed wordt dat de samenstelling van de ondergrond meer in detail bekend moet zijn. Vanuit onzekerheid over de samenstelling werd vaak gekozen voor de veilige optie van uitputtend grondonderzoek. Veiligheid staat immers voorop.

Door nu goed gebruik te maken van de bestaande kennis van de ondergrond in de 3D-dataroom kan het grondonderzoek gericht en dus goedkoper gepland worden. De 3D-dataroom geeft waardevol inzicht in de genese en opbouw van de ondergrond, hetgeen efficiënt plannen ondersteunt. Locaties waarvan op basis van data in de 3D-dataroom bekend is dat ze homogeen van samenstelling zijn kunnen met globaal onderzoek worden geïntensiveerd. Op bijvoorbeeld locaties waar stroomgordels de dijk kruisen kan het onderzoek geïntensiveerd worden. Informatie uit de 3D-dataroom zorgt voor onderzoek op plaatsen waar dat moet. Op locaties waar het niet nodig is kan het achterwege blijven. Deze efficiënte wijze van benaderen leidt volgens ramingen van technisch managers tot een besparing van 20% op de kosten van grondonderzoek.

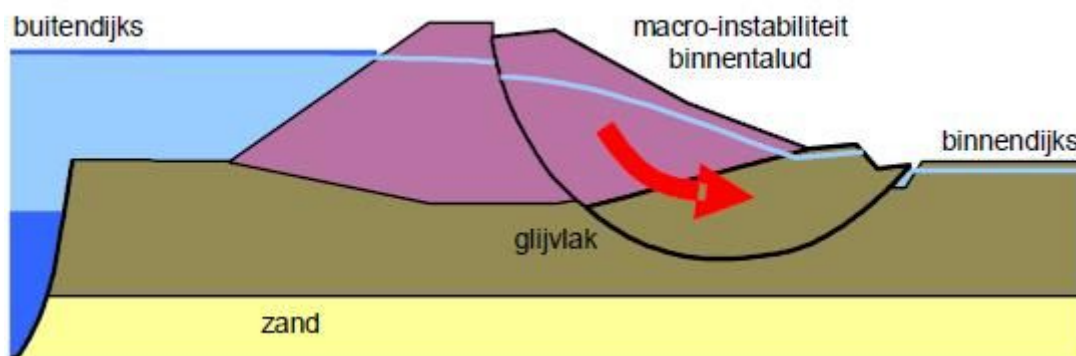
3.2 Het beoordelen van dijkvakken

In de beoordeling van dijkvakken wordt onder meer voor onderstaande faalmechanismen berekend of een kering voldoet aan de norm:

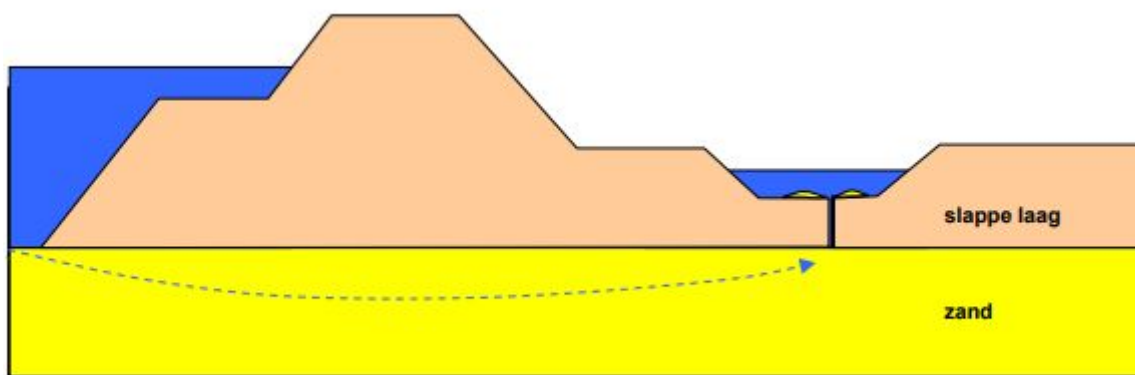
1. Macrostabiliteit; hoe dik is de slappe laag in de ondergrond en hoe gedraagt deze
2. Piping (zandbanen, historische doorbraken)
3. Hoogte overslag; Is de dijk hoog genoeg ten tijde van maatgevende omstandigheden

Bij deze drie faalmechanismen is de samenstelling van de ondergrond een belangrijke aspect. Voor macrostabiliteit en piping is deze zelfs doorslaggevend. Dit is goed zichtbaar in de figuren die tonen dat de herkomst van het falen van de kering zich in de ondergrond bevindt. Voor hoogteoverslag is dit niet direct het geval. Hier speelt de samenstelling van de ondergrond indirect een rol.

Ad 1: Macrostabiliteit. De uitkomst van de beoordeling van macrostabiliteit hangt in hoge mate af van het voorkomen en de diktes van slappe lagen in de ondergrond (klei en/of veen, de bruine laag in de figuur). De parameters over de sterkte en dikte van de lagen bepalen voor een groot deel de uitkomst van macrostabiliteitsberekeningen. Een beter bekende samenstelling van de ondergrond heeft leidt tot het opstellen van betrouwbaardere berekeningen. Dat voorkomt het afkeuren van dijkvakken of delen daarvan omdat bij het ontbreken van deze kennis de veilige optie is aangehouden. In het verleden is de kennis van de ondergrond niet op deze manier betrokken. Dit heeft mogelijk geleid tot het onterecht afkeuren van dijken.



Ad 2: Piping. Dit verschijnsel bedreigt de stabiliteit van dijken. Hierbij leidt het verschil in waterdruk aan weerszijden van de dijk tot een stroming van water onder de dijk door, en vindt in het achterland uitstroming van grondwater plaats. Die stroming kan zo sterk worden dat gronddeeltjes worden meegenomen. Dat is in het achterland waarneembaar als zandvoerende wellen. Uiteindelijk kan dit leiden tot holle ruimten (pipes) onder de dijk die zo groot zijn, dat de dijk erboven bezwijkt.



Piping treedt op in omstandigheden waarbij zich onder de kering een slappe laag bevindt (klei en/of veen) met daaronder een watervoerende laag (zand). Stabiliteitsverlies door piping treedt op wanneer de stroombaan van binnen zodanig erodeert dat er een holle ruimte ontstaat. Ter voorkoming en bestrijding van piping is het essentieel te weten of de samenstelling van de ondergrond gevoelig is voor dit verschijnsel. De 3D-dataroom bevat deze informatie.

Ad 3: Hoogteoverslag.

Bij golfoverslag slaat water over de dijk als gevolg van een combinatie van hoogwater en wind. Dit hoeft niet direct problematisch te zijn; dijken zijn hier in principe op berekend. Overslag kan wel leiden tot erosie of beschadiging van het talud en op die manier een bedreiging vormen voor de sterkte van de dijk. De mate van overslag hangt direct samen met de hoogte van de dijk. Bij beoordeling op dit faalmechanisme is de dijkhoogte dus een belangrijke parameter.



De hoogte van de waterkering hangt mede af van de mate van zetting onder het dijklichaam. Zetting is sterk afhankelijk van de samenstelling van de ondergrond. Op een volledig zandige ondergrond doet zetting zich nauwelijks voor. Ondergronden met daarin slappe lagen als klei en veen zijn daarentegen wel zettingsgevoelig. Het gebruiken van kennis van de ondergrond leidt dus tot betere uitspraken van opgetreden of te verwachten zetting. Deze kennis is daarmee van waarde in de beoordeling op dit faalmechanisme.

Daarmee is evident dat het benutten van kennis van de ondergrond voor alle drie de faalmechanismen leidt tot betere inzichten en daarmee tot winst in tijd en geld. Immers, er is minder tijdrovend onderzoek nodig om te komen tot goede uitkomsten. Ook dit leidt tot besparing.

3.3 Het aanleveren van betere informatie in aanbestedingstrajecten

Aannemers baseren hun inschrijving op een werk voor een groot deel op de informatie die zij van een aanbestedend waterschap aangeleverd krijgen. Het is algemeen bekend dat de grootste risico's voor een dijkversterkingstraject zich in de ondergrond bevinden. Naarmate een waterschap erin slaagt meer en betere informatie over de ondergrond te verschaffen, reduceert het daarmee de risico's voor de inschrijver. Deze kan op zijn beurt de risico-opslag verminderen en een scherpere aanbieding doen.

Het verstrekken van betere informatie aan inschrijvers leidt tot een volgend voordeel in de ontwerpfase. Naarmate meer bekend is over de ondergrond kan een ontwerp optimaal passend gemaakt worden op de ter plekke aanwezige omstandigheden. Hier wordt in paragraaf 3.4 dieper op ingegaan.

Een ander gevolg van het aanleveren van betere informatie is dat onverwachte risico's zich minder vaak voordoen. Het aantal geschillen met aannemers over verrassingen in de ondergrond nemen daardoor af. Zo ook te hoge aanbiedingen als gevolg van onbekende risico's; aannemers kunnen minder hoge risico toeslagen hanteren als ze meer weten.

Omgekeerd komt het ook voor dat zich meevallers in de ondergrond voordoen. Als dit een meevaller is ten opzichte van de initiële uitgangssituatie valt dit voordeel toe aan het inschrijvende bureau, mits zij erin slagen met een slanker ontwerp aan de normen te voldoen. Als waterschappen erin slagen de uitgangssituatie beter te beschrijven zal dit verschijnsel zich niet of minder vaak voordoen. Het kan daarmee kosten besparen.

Tot slot kost het aanleveren van informatie in aanbestedingstrajecten (onnodig) veel tijd. Informatie over boven- en ondergrond is vaak versnipperd en matig gedocumenteerd. De komst van een omgeving als een 3D-dataroom draagt in hoge mate bij aan het tijdig leveren van goede informatie. Dit is een cruciaal aan te brengen randvoorwaarde voor het contract management.

3.4 Het benutten van informatie in het ontwerpproces

Het opstellen van een aan alle normen voldoende ontwerp is een ingewikkeld proces waarbij grote hoeveelheden data betrokken zijn. Veel data, met name over de bovengrond, is reeds bekend: Nederland beschikt over goed gevulde en beheerde registers op het gebied van onder andere topografie, kadastraal eigendom, natuur en landgebruik.

Een van de belangrijkste aspecten in dijkversterkingstrajecten is de ondergrond. Informatie en kennis van de ondergrond was tot voor kort veel minder goed beschikbaar en ontsloten. De komst van de BRO zorgt hierin voor een belangrijke verbetering. De BRO ontsluit centraal alle bestaande - gevalideerde - en herbruikbare data over de ondergrond. Daarmee wordt de uitspraak “des te meer je weet van de ondergrond, des te beter en goedkoper een versterkingstraject wordt” uit de mond van een technisch manager waarheid.

Kennis van de ondergrond leidt tot kwalitatief hoogwaardigere ontwerpen. Deze ontwerpen zijn afgestemd op de omstandigheden in de ondergrond zonder in te boeten op de veiligheidsnormen. Ze zijn slank en goedkoop waar het kan en sterk waar het moet. Het zijn goed ingepaste ontwerpen die niet te zeer ten koste gaan van landschap, natuur en cultuur (LNC-waarden).

Overdimensionering is niet alleen een onnodige aantasting van de leefomgeving, het brengt ook onnodige kosten met zich mee. Ook vanuit kostenbewustzijn is het goed de kennis over de ondergrond te benutten: het managen van de volumes kan scherper.

Het voorkomen van overgedimensioneerde ontwerpen werkt ook door in het ruimtebeslag. Ruimte die niet door een waterkering in beslag wordt genomen kan voor andere ruimtebenuttingen aangewend worden.



3.5 Het beheersen van risico's

Een groot deel van de onverwacht optredende faalkosten is direct ondergrond gerelateerd. Inzicht en kennis van de ondergrond helpt deze risico's beter te beheersen. Door de beschikbare informatie van de ondergrond te integreren en overzichtelijk in 3D aan te bieden, wordt het inzicht in de lokale ondergrondse omstandigheden vergroot. Gecombineerd met kennis van de genese en opbouw van de ondergrond geeft dit direct zicht op locaties waar zich risico's kunnen voordoen.

Onderstaand een overzicht van de risico's die op deze manier vroegtijdig onderkend kunnen worden. Deze risico's zijn allen ruimtelijk gerelateerd en daarmee bij uitstek geschikt om in een 3D-Dataroom te identificeren. Dit overzicht is nadrukkelijk niet uitputtend; het betreft de risico's die ten tijde van de implementatie werden genoemd als zijnde vroegtijdig te identificeren wanneer alle beschikbare informatie in 3D gevisualiseerd wordt. Een van de grote krachten van de 3D-dataroom is het inzichtelijk maken van omstandigheden die elk voor zich geen risico vormen, maar in combinatie met een andere omstandigheid wel een risico zijn. Doordat de gegevens die in de 3D-Dataroom aanwezig zijn naar keuze in onderlinge samenhang in 3D kunnen worden gevisualiseerd, wordt deze fenomenen bij uitstek inzichtelijk gemaakt door deze toepassing van de 3D-dataroom:

- Het onverwacht aantreffen van grondlichamen met bepaalde ongunstige eigenschappen als zand of veen.
- Het onverwacht aantreffen van kabels en leidingen in de ondergrond.
- Risico's op basis van historische kennis; meestal betreft dit informatie uit rapportages die ruimtelijk inzichtelijk zijn gemaakt. Dit zijn bijvoorbeeld locaties van vroegere dijkdoorbraken of locaties die in het verleden ernstig gedrag richting falen vertoonden. Ook menselijke ingrepen in of nabij waterkeringen zijn een risico: waar is ooit gegraven, afgedamd of een constructie in de waterkering gelegd? Het bekend zijn van deze aspecten helpt om risico's vroegtijdig in kaart te brengen.
- Risico's die bekend zijn op basis van huidig beheer en kennis. Keringbeheerders beschikken over veel expert knowledge van hun kering; zo weten zij vaak waar kwetsbare locaties zich bevinden of waar water onder de waterkering uittreedt. Deze informatie is waardevol maar wordt lang niet altijd centraal ontsloten. De 3D-dataroom is hier de geëigende plek voor. Dit kan gedaan worden door te koppelen met het beheerregister waar deze informatie eventueel bekend is.
- De mogelijke aanwezigheid van explosieven. Er bestaan gespecialiseerde bureaus die deze aanwezigheid enigszins kunnen voorspellen. Door hun informatie en kennis op te nemen in de 3D-dataroom ontstaat een geïntegreerd zicht op het risico van explosieven in de brede ruimtelijke context.
- Een geïntegreerd zicht op de omgeving geeft ook zicht op ruimtelijke risico's die zich bovengronds bevinden. Denk hierbij aan:
 - Het voordoen van maatschappelijke weerstand omdat omwonenden en stakeholders zich onvoldoende betrokken voelen (zie ook paragraaf 3.6);
 - Het lastig kunnen verkrijgen van de noodzakelijke grondposities die noodzakelijk zijn voor versterking;
 - Het lastig verkrijgen van de noodzakelijke vergunningen.

-
- Dijkversterkingsontwerpen gaan uit van de draagkracht van de ondergrond. De ondergrond wordt door belasting van bovenaf samengedrukt. Dit verschijnsel heet zetting, waarbij het niveau van het maaiveld zakt. 'Draagkracht' is gedefinieerd als de mate waarin een bodem ongevoelig is voor zakken van het maaiveldniveau als gevolg van een toegenomen bovenbelasting. Het bouwen op zettingsgevoelige grond kan resulteren in faalkosten, denk bijvoorbeeld aan:
 - hogere kosten voor de aanleg;
 - langere bouwtijd doordat draagkracht bevorderende maatregelen noodzakelijk zijn (bijvoorbeeld voorbelasting van de bodem);
 - problemen met de uitvoering van de bouwwerkzaamheden (bijvoorbeeld verzakkingen van bouwkranen en ander zwaar materieel);
 - hogere kosten aan beheer omdat verhardingen een kortere levensduur hebben (bijvoorbeeld scheuren van wegdek);
 - hogere kosten aan onderhoud van kabels en leidingen (lekkages van rioleringen door verzakkingen).

In al deze gevallen geldt dat het vroegtijdig identificeren bijdraagt aan de reductie van faalkosten. De 3D-dataroom is uitermate behulpzaam in het niet over het hoofd zien van risico's.

3.6 Transparante communicatie met inzet van 3D-visualisaties

Dijkversterkingstrajecten kunnen sterk ingrijpen in de leefomgeving en -kwaliteit van omwonenden, gebruikers, bezoekers en andere belanghebbenden van de kering. Voor een succesvol versterkingstraject is het creëren van draagvlak bij deze partijen van groot belang. Dit vindt plaats door middel van omgevingsmanagement. Elk versterkingsproject kent één of meerdere omgevingsmanagers die deze taak voor hun rekening nemen. Deze draagt zorg voor de maatschappelijke inbedding van een project.

De omgevingsmanager opereert tussen projectorganisatie en belanghebbenden van de kering. Hij voorziet omwonenden en andere stakeholders van informatie en maakt afspraken. Hij deelt zijn activiteiten met de projectorganisatie en zorgt zo voor maatschappelijke acceptatie. Voorlichting en communicatie zijn essentiële bestanddelen van zijn werk. Dit is sterk gebaat bij visuele middelen. Bij voorkeur deelt hij vroegtijdig alle informatie die er van een project bekend is. Denk hierbij aan:

- Mogelijke ruimtelijke ontwerpen waar omwonenden en stakeholders een zienswijze over kunnen ontwikkelen.
- Het onderbouwen van noodzakelijke ingrepen in ontwerpen als gevolg van bepaalde omstandigheden in de ondergrond. Ontwerpen die onderbouwd met kennis van de ondergrond worden toegelicht worden sneller en makkelijker door omwonenden als nodig en veilig ervaren. De dimensionering van een te versterken kering kan in deze gevallen worden uitgelegd als gevolg van de situatie in de ondergrond. Omwonenden zullen en hoeven minder bevreesd zijn voor overdimensionering. De maatschappelijke acceptatie verloopt gemakkelijker.

-
- De effecten van ingrepen door het tonen van vogelvluchtperspectieven of zichtlijnen vanaf bepaalde locaties
 - Het tonen van een algeheel beeld van de dijkversterking door alle perspectieven te belichten. Dit kan heel goed in de vorm van een storymap. Deze kan bijvoorbeeld inzage geven in onderstaande perspectieven:
 - Kwaliteit van de leefomgeving in termen van zicht of toegankelijkheid
 - Hoogwaterveiligheid; Deze staat ten allen tijde voorop, maar hoe wordt deze ingevuld
 - Recreatie
 - Landschap, Natuur en Cultuur
 - Beheer
 - De inzet van Virtual Reality. In paragraaf 2.3 is beschreven hoe de 3D-Dataroom feitelijk een Digital Twin van de omgeving is. Deze kan volledig gevirtualiseerd worden waardoor iemand met een VR-bril een breed stereoscopisch gezichtsveld binnentreedt. Deze bril meet de bewegingen van het hoofd van de gebruiker en gebruikt deze waarnemingen om de navigatie door de Digital Twin te ondersteunen. De gebruiker dompelt zich als het ware onder in de Digital Twin waarbij belevingstechnologie ervoor zorgt dat er een waarheidsgetrouwe ervaring van bijvoorbeeld een nieuwe waterkering ontstaat.
 - De inzet van Augmented Reality. Hiervan is sprake wanneer een digitaal beeld over de werkelijkheid wordt gelegd. Dit kan met behulp van een beeldscherm op een smartphone, een AR bril of een hololens. De omgeving is nog steeds zichtbaar en daar wordt extra informatie aan toegevoegd.

3.7 Het overdragen van informatie over de ondergrond

De levenscyclus van een dijkversterkingstraject kent verschillende fases die achtereenvolgens van start gaan en afgesloten worden. De overdracht van informatie bij fase-overgangen is vaak suboptimaal. Informatie is versnipperd opgeslagen en wordt daardoor slechts ten dele overgedragen. Het komt eveneens voor dat de status van informatie niet bekend is of dat informatie niet actueel is. Ook hier ontstaan dan problemen als gevolg van gebrekkige overdracht naar de volgende fase.

Dit probleem is niet uniek voor dijkversterkingstrajecten maar doet zich voor in alle omgevingen waar informatie tussen fases wordt uitgewisseld danwel overgedragen. De introductie van de BRO is op zichzelf dan ook geen afdoende middel om dit vraagstuk op te lossen. Maar omdat de BRO onderdeel uitmaakt van het Stelsel van Basisregistraties, zijn de gegevens over de ondergrond die hierin te vinden zijn per definitie gevalideerd en geauthenticeerd. Daarmee lenen ze zich de facto en de jure voor hergebruik en uitwisseling. De opname in het Stelsel borgt zowel de kwaliteit van de gegevens als het beheerproces.

De BRO is daarmee een katalysator om ook andere projectgegevens in te regelen. Voor de projectbeheersing is een projectinformatie beheersysteem (Use Case 9) een goede invulling, waarmee - op termijn - gekoppeld kan worden. Zowel 3D-dataroom, beheerregister en het projectinformatiesysteem zijn in feite onderdelen van de projectinformatie structuur. De rol Project

Beheersing richt de projectinformatie structuur met inbegrip van governance en processen in. Logisch bezien mag dat een centrale voorziening zijn, technisch is dit niet noodzakelijk en kunnen dit separate voorzieningen blijven, zoals de drie die hiervoor genoemd worden. Het inrichten van een goede Check in - Check out functionaliteit draagt in hoge mate bij aan hoogwaardige overdracht van informatie.

Onderstaande gebruikers hebben baat bij een adequaat ingericht Projectinformatie Structuur:

- Alle projectmedewerkers
- De projectbesturing
- Advies- en ingenieursbureaus
- Aannemers
- Toekomstige beheerders van de waterkering

Deze structuur zorgt ervoor dat deze gebruikers niet of veel minder op zoek hoeven naar de juiste informatie. Dit scheelt tijd. Tevens vindt minder discussie plaats over de status of de kwaliteit van de informatie. De risico's als gevolg van onjuiste of gebrekkige informatie-uitwisseling nemen af.

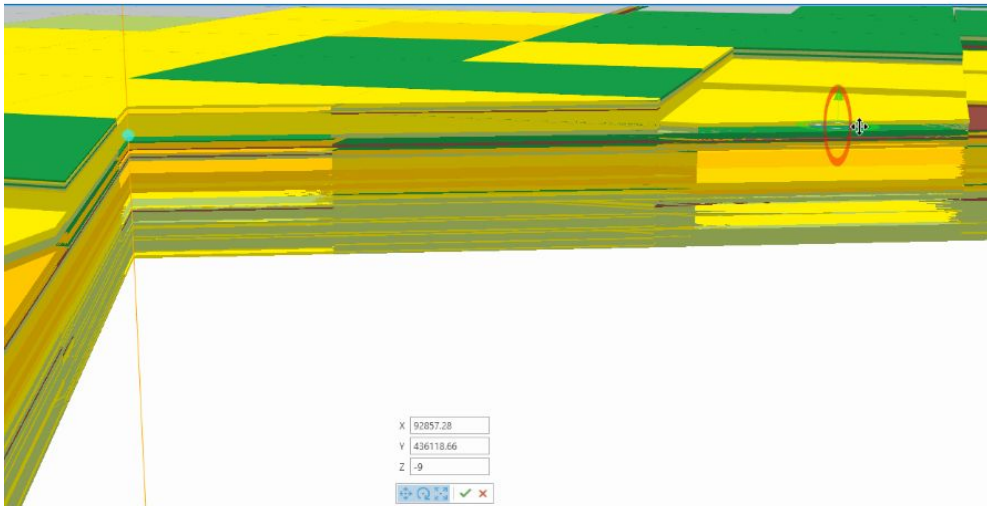
4. Functionaliteit: Use cases

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop data uit de 3D-dataroom wordt benut in werkprocessen. Deze beschrijving vindt plaats vanuit het perspectief van de gebruiker. Deze heeft een behoefte aan informatie. De use case beschrijft het proces waarin hij bij deze informatie uitkomt. Dit is het resultaat van de use case. Vanuit oogpunt van uniformiteit is elke use case is op dezelfde wijze beschreven.

Onderstaand overzicht bevat de use cases die in de 3D-Dataroom aan de orde komen.

#	Use Case	Bijdrage aan Business Benefit	Toelichting
1	Raadplegen 3D-data	1,2,3,4 & 5	Dit is enerzijds een algemene use case die uitgaat van standaard functionaliteit van ArcGIS en verder wordt toegelicht voor de slicing functionaliteit
2	Onderzoek naar problematische locaties	1,2,3,4 & 5	Deze use case ondersteunt het verkrijgen van inzicht in problematische situaties in de ondergrond
3	Overstromingsscenario's	2,4 & 6	Deze use visualiseert de effecten van hoogwater
4	Raadplegen geotechnisch lengteprofiel	1,2,4	Deze use geeft inzicht in de grondopbouw over de lengtes van de kering gezien vanuit de ondergrond
5	Opstellen meetbestek	nvt	Nog niet gerealiseerd
6	Visualiseren data in VR	6	Er is een speciale virtual reality omgeving gecreëerd voor het tracé tussen dijkpaal 91 en 95 ter hoogte van Salmsteke
7	Uitvoer WBI	nvt	Nog niet gerealiseerd
8	Integratie BIM	3,4 & 7	Deze use case beschrijft de eerste stappen die zijn gezet om een BIM in te kunnen lezen. Zie hiervoor ook paragraaf 4.4.
9	Koppeling Relatics	nvt	Nog niet gerealiseerd
10	ArcGIS Online voor omgevingsmanagers	6	Deze use case richt zich op visualisaties ten behoeve van belanghebbenden.

4.1 Use case 1: Raadplegen 3D-data

Naam	Raadplegen 3D-data
Omschrijving	De interactieve 3D slice tool van ArcGIS wordt gebruikt worden om in 3D volumes te kijken. Deze tool maakt het mogelijk om vlak-, bol- of cilindervormige uitsnedes te maken van 3D data (bijvoorbeeld het GeoTOP model). Deze uitsnedes zijn ook eenvoudig te verplaatsen en roteren zodat op elke gewenste plek een doorsnede gemaakt kan worden. Dit maakt het mogelijk om gebouwen van binnen te bekijken, gestapelde volumes te onderzoeken en om door de grond te bewegen. https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/mapping/exploratory-analysis/interactive-slice-basics.htm
Aard	Standaard ArcGIS functionaliteit
Proces	De gebruiker bedient standaard ArcGIS Pro functionaliteit
Randvoorwaarden	ArcGIS Pro versie 2.2 en hoger
Opmerkingen	De visualisatie van de doorsnede is niet optimaal en kan er rommelig en onduidelijk uitzien (zie afbeelding). De reden hiervoor is dat de GeoTOP data gevisualiseerd wordt als extruded 3D Polygons. Dit houdt in dat een 2D vlak met behulp van een hoogte attribuut is omgevormd tot een 3D object. Hierbij ontstaan holle ruimtes in het object die bij er bij het gebruik van de slice-tool voor zorgen dat de vlakken in de dwarsdoorsnede niet netjes dicht zijn. 

	Tot slot dient opgemerkt te worden dat de data uit GeoTop alleen de natuurlijke ondergrond bevat en niet het dijklichaam zelf. Het is dus vooralsnog niet mogelijk om een dwarsdoorsnede te maken van het dijklichaam maar alleen van de ondergrond die op natuurlijke wijze is gevormd. Ook een ander type visualisatie (GeoTOP voxels als 3D punt geometrie met 3D shape symbology), geeft hetzelfde effect.
Resultaat	De gebruiker krijgt in 3D inzicht in de opbouw van de ondergrond

4.2 Use Case 2: Onderzoek naar problematische locaties

Naam	Onderzoek naar problematische locaties
Omschrijving	Ten behoeve van beoordeling of ontwerp wil een gebruiker weten waar hij problematische locaties kan aantreffen.
Aard	Standaard ArcGIS functionaliteit
Proces	De gebruiker navigeert naar de locatie of het tracé waarin hij op zoek is naar problematische locaties. Afhankelijk van het proces of mechanisme dat hij onderzoekt zet hij bepaalde data wel of niet aan.
Randvoorwaarden	Aanwezigheid van data over: • Geotop • Zandbanen • Zetting • Historie • Kabels en leidingen • Peilbuizen • Kunstwerken (uit het beheerregister) • Wielen, oude doorbraken, overslaggronden • Zandvoerende wellen
Opmerkingen	Het lijstje van datasets hierboven kan gelang de behoefte worden uitgebreid.
Resultaat	De gebruiker heeft voor onderzoek naar problematische locaties een goed beeld van de omstandigheden die een locatie problematisch maken.

4.3 Use Case 3: Overstromingsscenario's

Naam	Overstromingsscenario's
Omschrijving	Het rivierverhogingsmodel laat de waterstanden zien bij een hoogwaterstanden. De use case laat zien hoe breed de rivier kan worden ten tijde van een hogere afvoer.
Aard	Combinatie van ArcGIS en ontwikkelde scripting
Proces	1. ArcGIS Pro: a_Preprocessing Om een visualisatie te maken van een hogere waterstand dan "normaal" is het noodzakelijk een raster te hebben waarbij elke pixel een hoogte heeft. Het AHN3 model heeft gaten omdat de sensor waarmee deze gemeten geen respons krijgt op water. Dit model itereert over AHN3 rasters (handmatige download), waarna de water pixels (NULL) opgevuld worden met de waarde die voorkomt het dichtst bij deze 'lege' pixel. Parameters: bestandlocaties 2. FME: b_Preprocessing Voegt de AHN3 raster tegels samen (mosaic) zodat één gebied ontstaat. Maakt een vlak van de buitenkruinlijnen uit het beheerregister (zodat alleen gerekend wordt binnen het rivierengebied tussen de dijken) en clipped de rasters op dit vlak zodat een kleiner raster ontstaat om mee verder te rekenen. Parameters: bestandlocaties 3. FME: c_Preprocessing Knijpt het geclipte AHN3 raster in stukken (haaks op de rivier) waaruit de rivier correctie hoogte wordt berekend (rivier basis niveau). Dit niveau is noodzakelijk om te corrigeren voor de helling van de rivier. Parameters: bestandlocaties, aantal stukken waarin de rivier wordt opgeknipt 4. ArcGIS Pro: d_RVM Berekent de laagste pixelwaarde per rivier segment, merged de waterdelen uit Top10NL (kanalen, rivieren) met de 'overstroomde' delen, simplificeert de polygonen (minder features) en schrijft deze weg. Parameters: bestandlocaties, String (output naam), Double (hoogte boven rivier basis niveau)
Randvoorwaarden	Het model maakt gebruik van de AHN3, de buitenkruinlijnen van het waterschap en de rivier polygonen van de Lek uit Top10NL.
Opmerkingen	De AHN3 pixels die binnen de Lekdijk (buitenkruinlijnen) vallen worden opgevuld met de dichtstbijzijnde pixel als deze geen waarde heeft (NB

	water pixels hebben geen data aangezien deze niet gedetecteerd worden door de sensor die de AHN3 meet). De opgevulde AHN3 wordt in stroken haaks op de rivier opgeknipt om de basis rivier hoogte te berekenen (laagst gemeten land pixel in de strook red.). Deze stroken corrigeren voor de helling van de rivier over de afstand van het gebied die meegenomen wordt in het model. Op basis van deze laagste pixels worden bij een verhoging van e.g. 2 meter alle pixels tussen de laagste en de laagste + 2m meegenomen en wordt dit beschouwd als het gebied dat in dat geval onder water zou staan. Dit raster wordt omgezet in een polygoon. 3D modellering van deze polygoon bleek mogelijk maar het visueel aantrekkelijk maken bleek een behoorlijke opgave. Daarom is er (voorlopig) voor gekozen dit 2D te visualiseren
Resultaat	De gebruiker verkrijgt inzicht in de stand en oppervlaktes van hoog water.

4.4 Use case 4: Geotechnisch lengteprofiel in 3D

Naam	Geotechnisch lengteprofiel
Omschrijving	Vanuit het efficiënter plannen en beoordelen van van grondonderzoek is er behoefte aan 3D-inzicht in eerder opgenomen geotechnische lengteprofielen
Aard	Combinatie van ArcGIS en ontwikkelde scripting
Proces	Er wordt gebruik gemaakt van standaard ArcGIS functionaliteit waarin het georeferende lengteprofiel als laag aan en uit kan worden gezet. Ook de navigatie langs het lengteprofiel maakt gebruik van standaard functionaliteit van ArcGIS.
Randvoorwaarden	Een georeferend geotechnisch lengteprofiel
Opmerkingen	Deze (soms ook) recent historische data is meestal niet georeferend en ook niet anders aanwezig dan als digitaal plaatje. Het proces van datapreparatie, inlezen en refereren staat beschreven in hoofdstuk 5.3. Het geotechnische lengteprofiel is de laatst beschreven dataset.
Resultaat	De gebruiker kan in 3D-zien hoe het geotechnische lengteprofiel er over het tracé van de dijk uit ziet. Dit lengteprofiel met daarin een aantal grondkarakteristieken hangt als een "gordijn" onder aan de referentielijn van de waterkering.

4.5 Use case 5: 3D-meetbestek

In de voorstudie is een use case voorgesteld meetbestekken in 3D op te stellen. Intussen kan deze inwinning vrijwel geheel 3D gebeuren. Het ligt voor de hand in deze omstandigheden een meetbestek te hanteren dat voorschrijft op welke manier (formaat, codering, uitgangspunten) de meetresultaten moeten worden aangeleverd zodat deze zonder ingewikkelde conversies in het beheerregister kunnen worden ingelezen.

Op zich staat deze use case los van de 3D-dataroom. Ook zonder 3D-dataroom kan deze use case opgesteld worden. Bij de eerste implementatie is gekozen het opstellen van een 3D-meetbestek buiten scope te houden. Niettemin is het goed er bewust van te zijn dat bij het uitzetten van meetwerk in 3D dit goed inleesbaar te laten zijn in het beheerregister.

4.6 Use case 6: 3D-data visualiseren in VR

Naam	3D-data visualiseren in VR
Omschrijving	Geografische data van zowel de onder- als bovengrond zijn geladen in een Virtual Reality wereld, waarbij de gebruiker de mogelijkheid heeft om door de wereld van meerdere km ² 's fysiek te lopen of te teleporteren. Daarnaast is informatie van de ondergrond te raadplegen (Geotop en boringen) en is te beleven wat er gebeurt als de dijk overstroomt.
Aard	Een ontwikkelde Virtual Reality wereld gebaseerd op geografische data met behulp van de game-engine Unity3D. Alle geografische data worden met behulp van Postgresql en CityEngine verwerkt tot CSV, shapefile of FBX om in te kunnen laden in Unity3D.
Proces	De gebruiker kan voor het hele tracé van de Lekdijk dat is ingeladen in de VR-omgeving ondergrondinformatie opvragen, nieuwe dijkontwerpen beoordelen en de gevolgen van overstromingen simuleren. De gebruiker kan op deze manier nieuwe inzichten verkrijgen en hiermee mogelijke knelpunten en onwenselijkheden vroeg in kaart brengen.
Randvoorwaarden	Een Virtual Reality headset zoals bijvoorbeeld de HTC Vive Pro. Aanwezigheid van data: • 3D dijklichaam • Nieuwe dijkontwerpen • Bomen • Bebouwing • Hoogtemodel van het terrein, bijvoorbeeld AHN • Rivierloop • Hoogwaterinformatie • Geotop • Boringen • Basisregistratie Grootschalige Topografie

Opmerkingen	Deze functionaliteit is buiten de 3D-Dataroom ontwikkeld met data uit de 3D-dataroom
Resultaat	De gebruiker treedt binnen in de digital twin en kan hier in 3D door de boven en ondergrond navigeren. De gebruiker verkrijgt in een waarheidsgetrouwe omgeving (nieuwe) inzichten van de dijk. In de ontwerpfase van een dijktracé kan deze methode iteratief gebruikt worden. Nieuwe dijkontwerpen kunnen snel beleefd en visueel beoordeeld worden door zowel mensen van het waterschap als dijkbewoners. Hierdoor kunnen mogelijke zorgen bij bewoners in een vroeg stadium meegenomen worden en wordt de acceptatie van het uiteindelijke dijkontwerp vergroot. Daarnaast is er de mogelijkheid om simulaties uit te voeren, zoals een laag- of hoogwater gebeurtenis. Deze beleving, met geluid, geeft de gebruiker inzicht in de mogelijke gevolgen en oplossingen.

4.7 Use case 7: Uitvoer naar rekeninstrumentarium Deltares

In paragraaf 2.2 staat beschreven hoe op dit moment (februari 2019) een verder verfijnd model van de ondergrond door TNO wordt ontwikkeld. De gedachte hierachter is het aanleveren van parameters die eigenschappen en gedrag van de ondergrond beschrijven aan het rekeninstrumentarium van Deltares. Dit is een zeer ambitieuze gedachte waar niettemin aan gewerkt wordt.

In het gedroomde scenario kan een gebruiker van de 3D-dataroom in de toekomst een dwarsprofiel over de waterkering trekken waarna de benodigde parameters voor de berekeningen worden gegenereerd en als inputbestand in het rekeninstrumentarium worden ingelezen. Dit is nu nog vaak een zeer tijdrovende en data-intensieve exercitie. Gebruik van betere en verfijnde data van de ondergrond uit de 3D-dataroom brengt realisatie van dit gedroomde scenario een stukje dichterbij.

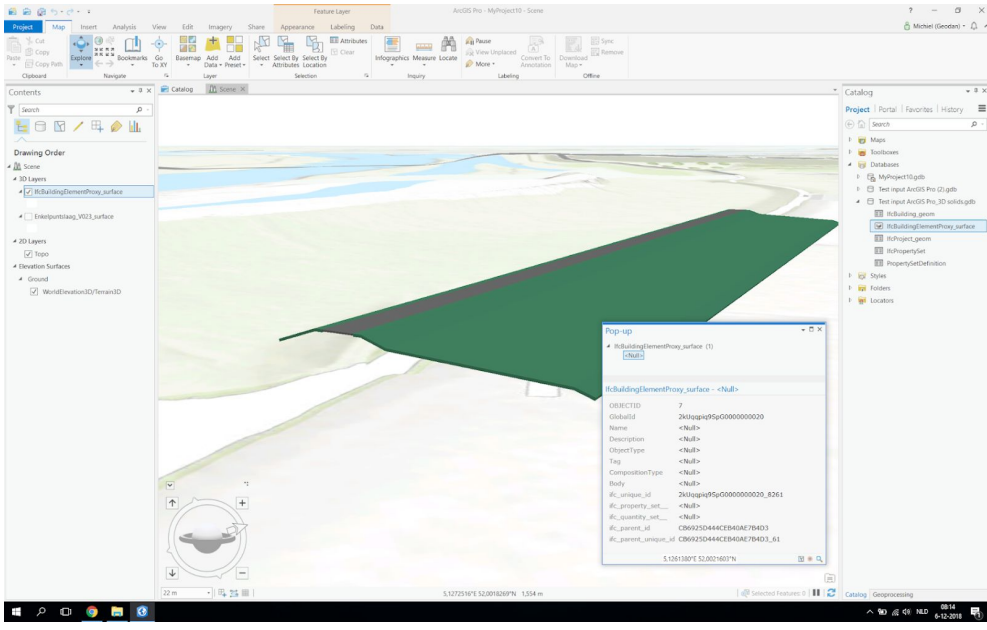
Daarmee is de use case zelf nog niet rijp om uit te werken in functionaliteit, maar zijn bij de implementatie van de 3D-dataroom eerste belangrijke stappen gezet om met alle kennispartners (Deltares, Universiteit Utrecht, TNO en waterschappen) informatie via een 3D-dataroom te ontsluiten en uit te wisselen.

De tot stand te brengen uitvoer is relevant voor de volgende modules van Deltares:

- D-Geo Flow voor piping
- D-Geo Stability voor macro stabiliteit; deze module maakt tevens deel uit van het WBI

Het ligt in de lijn van de verwachting dat de kennispartners elkaar blijvend zullen opzoeken. Zodra de vorderingen van zodanige aard zijn dat het reëel is op voornoemde wijze data uit te wisselen kan ook de use case gespecificeerd en gerealiseerd worden.

4.8 Use case 8: Integratie BIM

Naam	Integratie BIM
Aard	Combinatie van Civil3D en ArcGIS Pro
Omschrijving	3D BIM ontwerpen van het dijklichaam worden ingelezen in ArcGIS Pro en ArcGIS Online om zo een goed beeld te krijgen van hoe het dijkontwerp zich verhoudt tot de omgeving. 
Proces	Zie bijlage 4 voor het proces van inlezen in detail
Randvoorwaarden	Afhankelijk van de gebruikte inleesmethode dienen de ontwerpen in dwg-formaat dan wel in ifc-formaat te worden aangeleverd. Wanneer voor ifc-formaat wordt gekozen is ook de data interoperability extension voor ArcGIS Pro nodig.
Opmerkingen	Bij het maken van een 3D BIM model in Civil3D wordt vaak omgevingsdata toegevoegd om context te bieden bij het ontwerpen. Het is belangrijk dat bij het exporteren van het Civil3D ontwerp uitsluitend het 3D-ontwerp wordt geëxporteerd zonder ondersteunende omgevingsdata. De omgevingsdata uit het ontwerp is namelijk statisch en niet op basis van een service (zoals in de ArcGIS Viewer) en is dus niet altijd up-to-date. Wanneer meerdere ontwerp bureaus aan de ontwerpen werken dan is het wenselijk dat zij dit volgens dezelfde standaard doen. Daarbij is het van belang dat dezelfde naamgeving voor de verschillende onderdelen van de dijk wordt gebruikt en dat dezelfde aslijn wordt gebruikt. Het verdient aandacht in Civil3D de as goed te kiezen, dat is gewoonlijk de referentielij.

Resultaat	De dijkontwerpen worden gevisualiseerd in de 3D GIS Viewer. Op deze manier kunnen omgevingsmanagers aan omwonenden laten zien wat voor effect de dijkversterking heeft op hun directe omgeving. Hiermee kan bijvoorbeeld inzichtelijk worden gemaakt hoeveel grond verloren gaat en hoeveel groen er verdwijnt.
-----------	---

4.9 Use case 9: Koppeling project informatie beheer

Er bestaan systemen die specifiek voor projecten alle informatie structureren en beheren. Deze systemen leggen eisen, objecten, ruimten, activiteiten, risico's en verificaties van projecten vast binnen een geïntegreerde omgeving. Activiteiten en bijbehorende informatie zijn te traceren en leiden tot reductie van risico's en faalkosten. Dit type systemen ondersteunt het gecontroleerd uitvoeren van projecten

Deze use case is geïdentificeerd in de voorstudie. Hij is op dit moment nog niet verder gespecificeerd, uitgewerkt en gerealiseerd. Dit kan in een later stadium alsnog.

4.10 Use case 10: ArcGIS Online voor omgevingsmanagers

Naam	ArcGIS Online voor omgevingsmanagers
Aard	Standaard ArcGIS Pro functionaliteit die wordt ontsloten met ArcGIS Online
Omschrijving	De ArcGIS Online omgeving ontsluit met een gemakkelijk bedienbare interface alle data en informatie uit de 3D-Dataroom via de browser. Data die in ArcGIS Online is geplaatst kan overal vanuit de Cloud geraadpleegd worden en is daarmee ook buiten het waterschap gemakkelijk en flexibel inzetbaar.
	De gebruiker focust op een bepaald gebied van de dijkversterkingsopgave. De gebruiker vraagt zich af wat hij/zij wil communiceren met de dijkbewoners. Hiervoor selecteert de gebruiker een aantal kaartlagen uit de beschikbare data. Hieronder een kleine selectie: a. Kadastrale percelen (uit de BRK) b. Natuurwaarden - beplanting (bomen..) c. Cultuur Historische Waarden d. Archeologie e. Historische kaarten (topotijdreis) f. Dijkontwerpen (Scenario 1, Scenario 2, etc) g. Effecten van de ontwerpen (maatregelen, mogelijke knelpunten, etc.)

	De kaartlagen worden geconfigureerd in een web map of web scene. Hierna beslist de gebruiker of er nog extra functionaliteit gewenst is, zoals grafieken, filteren, etc. Op basis hiervan selecteert de gebruiker de gewenste web app. Deze web app kan via een url besproken worden met de dijkbewoners.
Randvoorwaarden	Bij extern gebruik: Verbinding met het internet. Een ingerichte ArcGIS Online omgeving, al dan niet met ArcGIS Server. Binnen de ArcGIS Online omgeving dienen web maps, web scenes en web apps geconfigureerd te worden om data te kunnen ontsluiten en visualiseren.
Opmerkingen	-
Resultaat	Een voorziening waarmee op elk moment en op elke plaats in 3D inzicht kan worden gegeven in de data en omstandigheden van een dijkversterkingstraject. Dit ondersteunt het proces met de dijkbewoners omdat verschillende data en dijkontwerpen gecommuniceerd kunnen worden en de mogelijke consequenties van het dijkontwerp zichtbaar worden.

5. Web services en Data

Dit hoofdstuk bevat het overzicht opgenomen van services en data die zijn opgenomen in de 3D-dataroom. De datasets in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op de praktijkervaringen bij HDSR.

Paragraaf 5.1 bevat het overzicht van alle gebruikte services en databronnen. In paragraaf 5.2 staat een verdere beschrijving van de services. Voor de data is dit gedaan in paragraaf 5.3. Per service of dataset zijn de volgende aspecten uitgewerkt:

1. De naam van de service of dataset
2. De bron c.q. eigenaar
3. Het formaat
4. De conversie in het geval van een dataset of de link naar de URL in het geval van een service
5. De inhoudelijke beschrijving van de data
6. In het geval van datasets is er de mogelijkheid eventuele opmerkingen in een apart veld op te nemen

Bij het ontwerpen van de architectuur van de 3D-dataroom is er rekening mee gehouden dat gedurende implementatie bij andere waterschappen ook andere - hier niet beschreven- datasets kunnen worden opgenomen.

Een aanzienlijke hoeveelheid nationale data wordt betrokken van PDOK (Publieke Dienstverlening Op de Kaart). Dit is een centrale voorziening voor het ontsluiten van geodatasets van de overheid. PDOK beschikt over een groot aanbod van actuele, betrouwbare en beschikbare digitale geoinformatie van de overheid, waaronder sinds 2018 ook BRO gegevens. Deze informatie is op te vragen als webservices en -bestanden via het centrale PDOK Loket. Deze data en webservices zijn open en gratis beschikbaar. Voor iedereen - ook door bedrijven en particulieren - kosteloos te gebruiken.

Gegevens die met PDOK worden ontsloten voldoen aan de standaarden en eisen van het Open Geospatial Consortium (OGC). Dat maakt dat services en datasets eenvoudig zijn toe te voegen aan systemen die deze standaarden ondersteunen. Alle courante systemen doen dit.

Nog niet alle registratie-objecten die de BRO bevat zijn al ontsloten als service of dataset op PDOK. Dit is wel het voornemen. Deze operationalisatie vindt plaats in vier tranches. De planning hiervan staat opgenomen in Bijlage 6.

5.1 Overzicht van Webservices en Datasets

Webservices

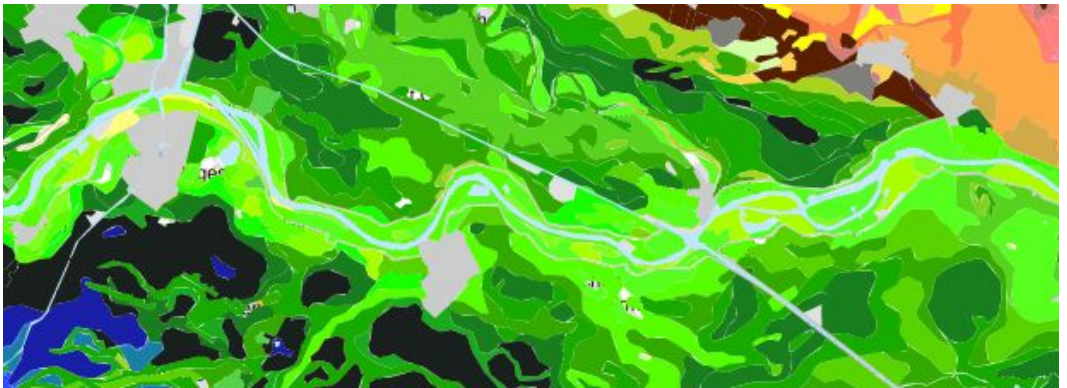
#	Services	Bron	Type	2D of 3D
1	Bodemkaart 1:50.000	BRO	WMS	2D
2	Archeologische verwachtingskaarten	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed	WMS	2D
3	Archeologische landschappenkaart	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed	WMS	2D
4	Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG)	Kadaster	WMS	2D
5	Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT)	Kadaster	WMTS	2D
6	Basisregistratie Kadaster (BRK)	Kadaster	WMS	2D
7	Top10NL (gebouwen, wegdelen & water) 2D	Kadaster	WMTS	2D
8	Topotijdreis	Esri	WMS	2D
9	Luchtfoto 25 cm RGB Actueel	Kadaster / LVB	WMS	2D
10	Natura2000	PDOK	WMS	2D
11	Registratieve gebieden	PDOK	WMS	2D

Datasets

#	Dataset	Bron	Formaat	2D of 3D
1	Historische boringen	Waterschap	GEF	3D
2	Waterstanden en golfoploop	Waterschap	Shape	2½ D
3	Geofysisch onderzoek	Waterschap	Shape	2½ D
4	Kabels en Leidingen	Waterschap	Shape	3D
5	3D kaart NL - Gebouwen	Kadaster	FGDB	3D
6	Dijkpalen	Waterschap	GEF	2 ½ D
7	Sonderingen	BRO	GEF	3D
8	Boringen	BRO	GEF	3D
9	GeoTOP	BRO	NetCDF	3D
10	Einddatering rivieractiviteit (rivierbanen, historische dataset)	Universiteit Utrecht	Layer package	2½ D
11	Universiteit Utrecht Berendsen Boringen Dataset	Universiteit Utrecht	Access & Shape	3D
12	Beheerregister	Waterschap		2 en 3D
13	AHN	Esri / PDOK		2 en 3D
14	3D-Dijkvlak	Waterschap / AHN3	Tiff	3D
15	Zettingssnelheid	Waterschap	geo package	2 ½ D
16	Grondwater	Waterschap	-	-
17	Historische kaart Derfelden	Universiteit Utrecht	jpg	2D
18	Ontwerp waterkering	Arcadis	Civil 3d	3D
19	Wielen	Waterschap	Shape	2D
20	Zandvoerende wellen	Deltares	WMS, csv en JSON	2D
21	Geotechnisch lengteprofiel	Waterschap Ingenieursbureaus	Pdf	3D
22	Bomen	Waterschap	Shape	2 ½ D

5.2 Webservices

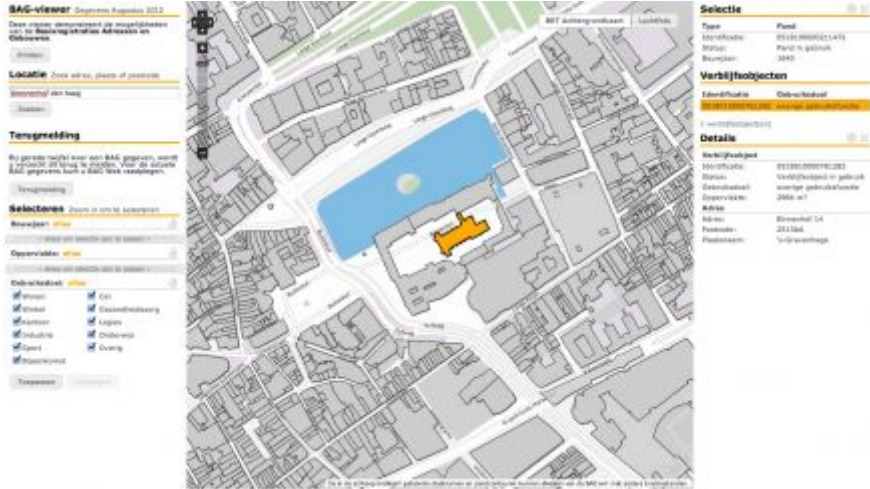
De 3D-dataroom maakt gebruik van de hieronder beschreven webservices

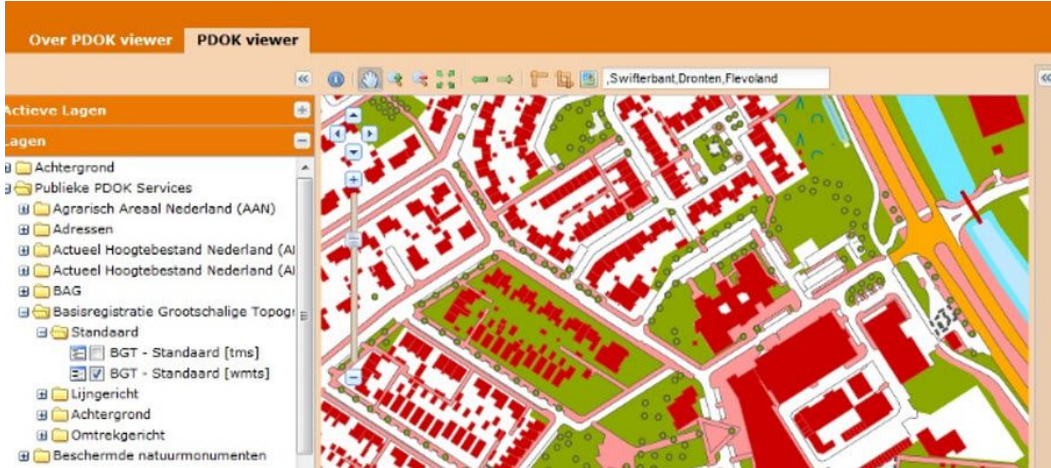
Naam:	Bodemkaart 1:50.000
Bron:	BRO
Formaat:	WMS
Link:	https://geodata.nationaalgeoregister.nl/bodemkaart50000/wms?request=getCapabilities
Beschrijving	De Bodemkaart van Nederland is gebaseerd op boorprofielen die zijn verkregen door bemonsteringen van de bodem tot een diepte van ongeveer 1.50 m. Een boorprofiel bevat kenmerken over de opbouw en samenstelling van de bodem. Er zijn inmiddels zo'n 340.000 boorprofielen gemaakt.  De Bodemkaart van Nederland is een landsdekkende kaart en bevat meer dan 300 bodemeenheden. De kaart wordt van een steeds betere kwaliteit door gebruik van nieuwe bemonsteringen in het veld en inzet van extra gegevens verkregen uit satellietwaarnemingen en het Actueel Hoogtebestand Nederland.

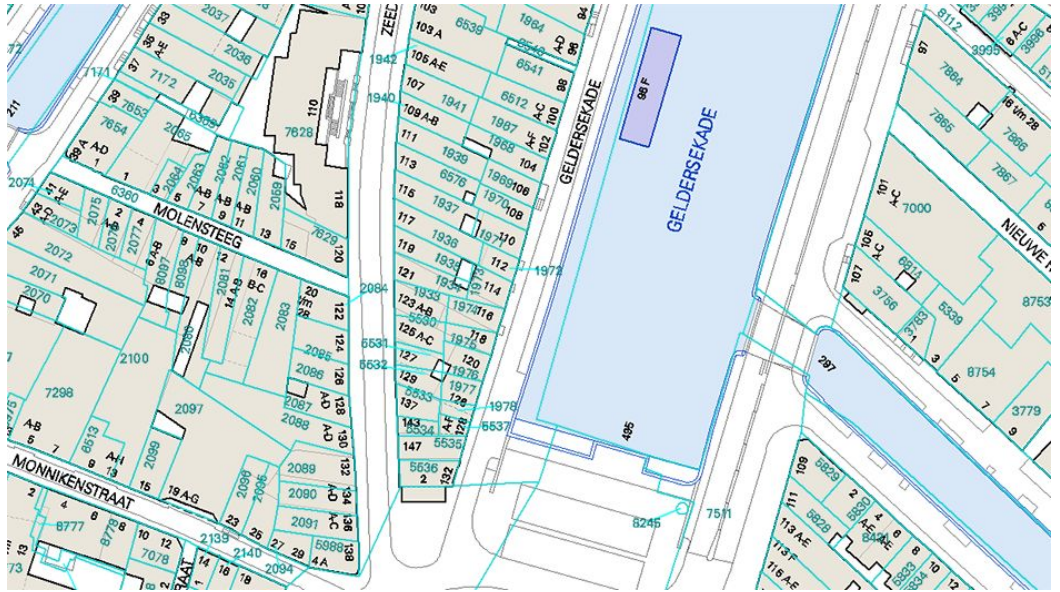
Naam:	Archeologische verwachtingskaarten
Bron:	RCE
Formaat:	WMS
Link:	http://services.rce.geovoorziening.nl/verwachtingskaart_uitwaarden/wms?REQUEST=GetCapabilities&SERVICE=WMS

Beschrijving	De verwachtingskaart uiterwaarden rivierengebied bestaat uit een kaart met onderliggende databases, basiskaarten en documentatie in rapport- en catalogusvorm, plus andere digitale bijlagen. Gezamenlijk bieden deze producten een overzicht van de in de uiterwaarden van het Nederlandse rivierengebied te verwachten archeologie. De verwachtingskaarten tonen de archeologische verwachting voor 9 opeenvolgende archeologische tijdvakken: van 9500 v. Chr. tot aan de moderne tijd. Daarnaast zijn ook kenmerkende bovengrondse cultuurhistorische elementen uit de nieuwe en moderne tijd in kaart gebracht. De kaarten laten zowel de verwachtingen zien voor terrestrische (landgebonden) archeologie op en langs de oevers van de rivieren, als voor aquatische (watergebonden) archeologie langs de waterkant in de rivier. De kaarten bestrijken de uiterwaarden van de Bovenrijn, Waal en Merwede van Lobith tot Gorinchem, Nederrijn en Lek van de Pannerdense Kop tot Schoonhoven, Gelderse IJssel van de IJsselkop (Westervoort) tot de IJsseldelta (Kampen) en Maas en Afgedamde Maas van Mook tot Woudrichem, inclusief de Bergsche Maas. Het gebied omvat ook de door dijkverleggingen en aanleg van by-passes ontstane vergrotingen van de uiterwaarden.
--------------	--

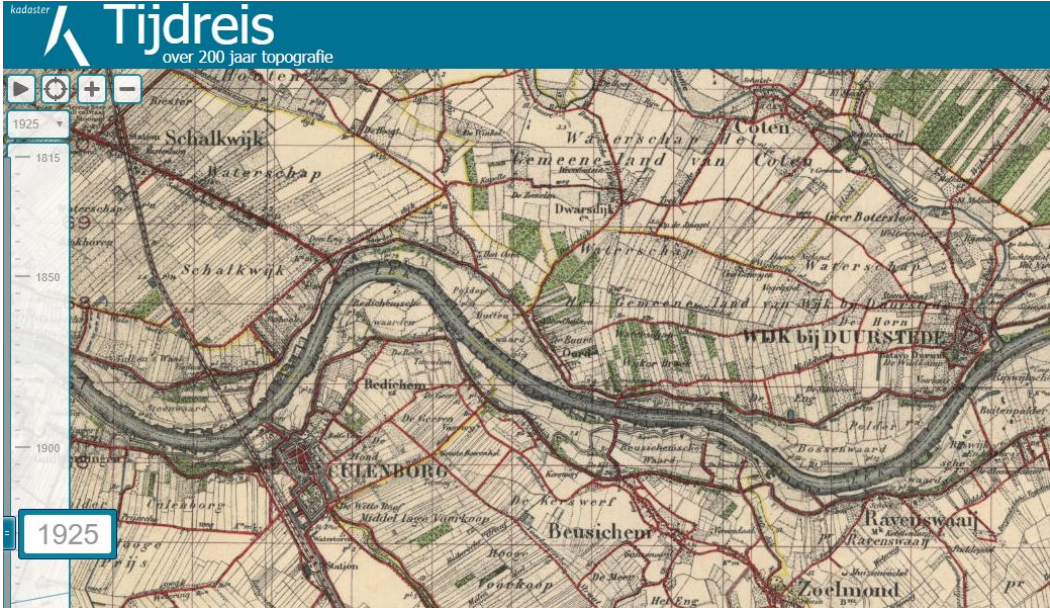
Naam:	Archeologische landschappenkaart
Bron:	RCE
Formaat:	WMS
Link:	http://services.rce.geovoorziening.nl/landschappenkaart/wms?&request=GetCapabilities&service=WMS
Beschrijving	Op de Archeologische Landschappenkaart worden 26 landschappen onderscheiden en daarbinnen landschapszones. Deze zoneringen zijn niet alleen gebaseerd op landschappelijke kenmerken, maar ook op verwachte archeologische verschillen. Ze kunnen daarom helpen om archeologische verwachtingen toe te kennen. Daarnaast helpt de kaart om de juiste methoden en technieken te bepalen waarmee deze verwachte archeologische resten het beste kunnen worden opgespoord.

Naam:	Basisregistraties Adressen en Gebouwen (BAG) 2D
Bron:	Kadaster
Formaat:	WMS
Link:	https://geodata.nationaalgeoregister.nl/bag/wms?request=GetCapabilities
Beschrijving	De Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) bevat gegevens van alle adressen en gebouwen in Nederland in vijf objecten: • Panden (kleinste zelfstandige gebouwde eenheid die betreedbaar en afsluitbaar is) • Verblijfsobjecten (De kleinste binnen één of meer panden gelegen en voor woon -, bedrijfsmatige, of recreatieve doeleinden geschikte eenheid van gebruik die ontsloten wordt via een eigen afsluitbare toegang vanaf de openbare weg, een erf of een gedeelde verkeersruimte) • Nummeraanduidingen (Een door het bevoegde gemeentelijke orgaan toegekende aanduiding van een verblijfsobject) • Openbare ruimtes (Door het bevoegde gemeentelijke orgaan als zodanig aangewezen en van een naam voorzien buitenruimtes) • Woonplaatsen (Door het bevoegde gemeentelijke orgaan aangewezen en van een naam voorzien gedeelte van het grondgebied van de gemeente)  De objecten kennen onder andere de volgende attributen: • Status, • Oppervlak • Geometrie • X-Y-coördinaat • Bouwjaar • Gebruiksdoel.

Naam:	Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT)
Bron:	Kadaster
Formaat:	WMTS
Link:	https://geodata.nationaalgeoregister.nl/tiles/service/wmts?request=GetCapabilities&service=WMTS https://geodata.nationaalgeoregister.nl/tiles/service/wmts/bgtstandaardv2?&request=GetCapabilities&service=WMTS
Beschrijving	De Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) is een gedetailleerde grootchalige basiskaart (digitale kaart) van heel Nederland, waarin op een eenduidige manier de ligging van alle fysieke objecten geregistreerd. De kaart is op 20 centimeter nauwkeurig en bevat veel details, zoals die in de werkelijkheid ook zichtbaar zijn (bijvoorbeeld: bomen, wegen, gebouwen).  Gemeenten, provincies en waterschappen maken de BGT samen met het ministerie van Economische Zaken (EZ), het ministerie van Defensie, Rijkswaterstaat en ProRail. Iedere bronhouder is verantwoordelijk voor zijn eigen gedeelte van de digitale kaart.

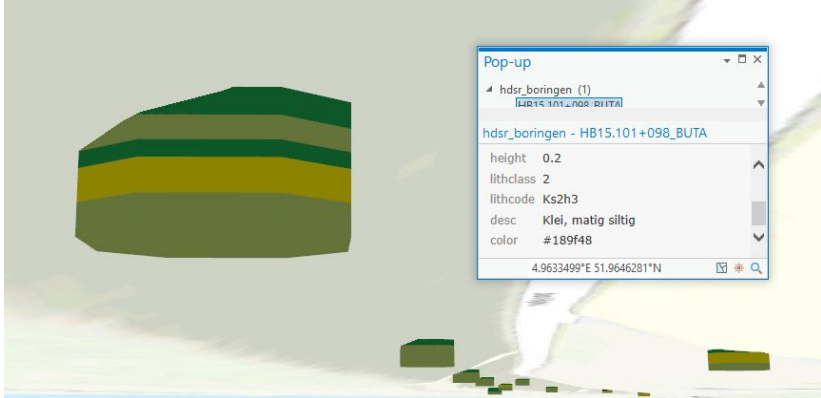
Naam:	Basisregistratie Kadaster (BRK)
Bron:	Kadaster
Formaat:	WMS
Link:	https://geodata.nationaalgeoregister.nl/kadastralekaartv3/wms?request=GetCapabilities
Beschrijving	De basisregistratie Kadaster bestaat uit de kadastrale registratie en de Kadastrale Kaart. De kadastrale kaart geeft in één oogopslag de ligging van de kadastrale percelen en de perceelnummers. De ligging van de kadastrale grenzen op de kadastrale kaart is indicatief en niet absoluut. Er mogen geen maten aan worden ontleend. De kadastrale registratie legt informatie vast over onroerende zaken en de bijbehorende rechtstoestand. Deze catalogus beschrijft per objectklasse de kenmerken. Onderdeel van de definities vormen de zogenaamde domeinen, die een omschrijving geven van de waarden die een gegeven kan aannemen. 

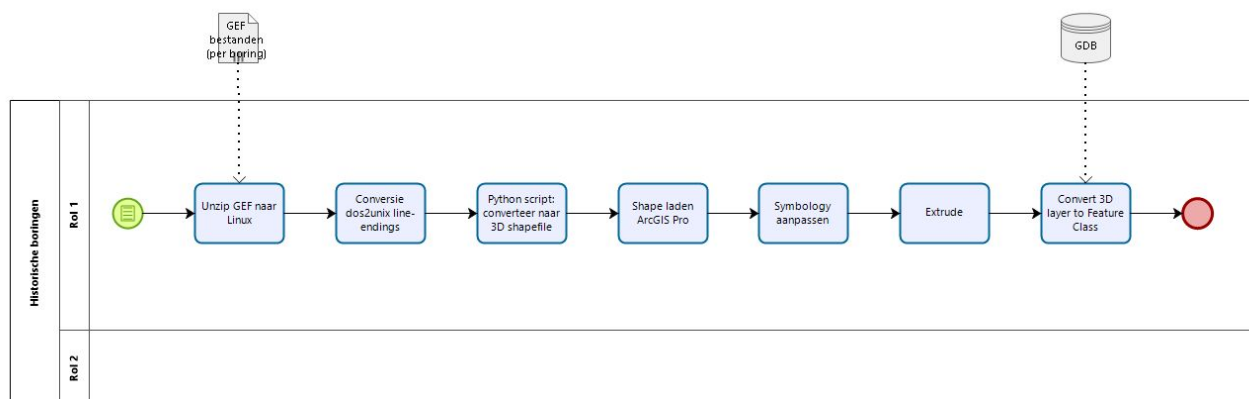
Naam:	Top10NL (gebouwen, wegdelen & water) 2D
Bron:	Kadaster
Formaat:	WMTS
Link:	https://geodata.nationaalgeoregister.nl/tiles/service/wmts?request=GetCapabilities&service=WMTS
Beschrijving	De basisregistratie Topografie bestaat uit digitale topografische bestanden op verschillende schaalniveaus (schaal: 1:10.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, 1:500.000 en 1:1.000.000). TOP10NL is het meest gedetailleerde product binnen de Basisregistratie Topografie (BRT). Dit bestand is te gebruiken op schaalniveaus tussen 1:5.000 en 1:25.000. De kaart bestaat uit verschillende topografische elementen die ingedeeld zijn in objectklassen; enkele voorbeelden hiervan zijn: wegdelen, spoorbaandelen, terrein, water, reliëf, hoogte en geografisch gebied. De kaart wordt veelvuldig gebruikt in diverse GIS- en CAD-systemen voor ondergrond, analyse-, en beheers- en planningsactiviteiten.

Naam:	Topotijdreis
Bron:	Esri
Formaat:	WMS
Link:	http://www.arcgis.com/home/item.html?id=4d6f1836c1924e1bb9c884e231718dc6
Beschrijving	De Topotijdreis is een tijdreis applicatie waarmee door 200 jaar topografie kan worden “gereisd.” De onderliggende dataset beslaat de periode 1815 tot heden.  De volgende data kan in meerdere edities worden geraadpleegd: • Kleinschalig: Postroutekaart 1810, Algemene Kaart Nederland en Gemeentekaart • Semi-kleinschalig: Kraijenhoffkaart • Mid-schalig: Topografische Militaire Kaart, RD050 (1:50.000) • Groot-schalig: Bonnebladen en RD025 (1:25.000)

Naam:	Luchtfoto 25 cm RGB Actueel
Bron:	Kadaster, LVB
Formaat:	WMS
Link:	https://geodata.nationaalgeoregister.nl/luchtfoto/rgb/wms/?request=GetCapabilities
Beschrijving	De luchtfoto geeft een waarheidsgetrouw beeld van het aardoppervlak gefotografeerd van bovenaf. De meest recente luchtfoto is gemaakt in 2018 en wordt elk jaar opnieuw gemaakt. Doordat de luchtfoto tot op 25 cm nauwkeurig is, is deze zeer geschikt voor oriëntatiedoeleinden.

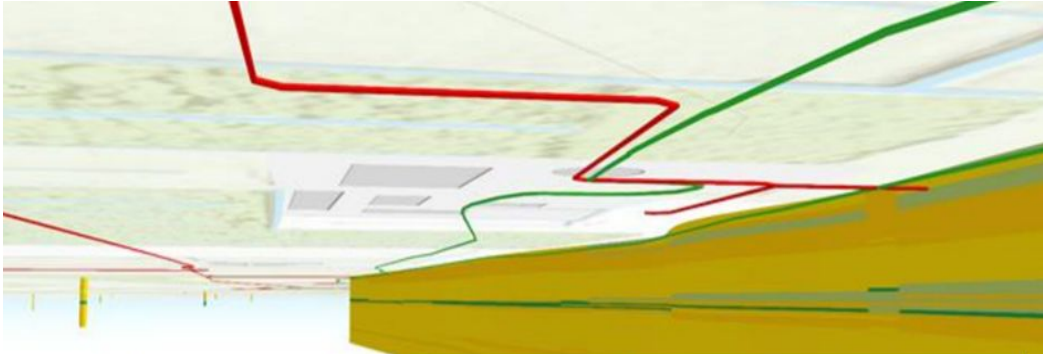
5.3 Datasets

Naam	Historische Boringen
Bron	Waterschap
Formaat	GEF files (1 per boring), non-standaard formaat
Conversie	1. Unzip GEFs naar Linux systeem 2. Conversie dos2unix om line endings aan te passen naar Linux 3. Converteer de GEF files naar shapefile met een custom python script. Het python script heet gefbore2shp.py en dient in de directory geplaatst te worden waar de GEF files staan, samen met de module GEFBORE.py. Verder heeft het script de pyshp module nodig (pip install pyshp). Voer het script uit in de directory met de GEF files. Alle geldige GEF files worden naar een 3D shapefile geconverteerd met polygonen per diepte interval van de boring. 4. Inladen shapefile in ArcGIS Pro. De projectie is in RD. 5. Symbology aanpassen: rechts-klik op layer en ga naar Symbology. Klik in Symbology panel rechtsboven op menuknop en selecteer Import symbology. Klik onder Symbology layer het Browse knopje en browse naar boringen.lyrx. De juiste legenda en extrusion moeten nu automatisch ingesteld worden. 6. Converteer mbv Layer 3D to Feature Class geoprocessing naar 3D feature class in geodatabase.
Beschrijving	Historische boringen van HDSR, aangeleverd in GEF formaat en geconverteerd naar 3D Multipatch geometrieën in ArcGIS Pro.  The image shows a 3D perspective view of a geological feature, likely a borehole or excavation, rendered as a multipatch geometry. The feature is composed of several horizontal layers of different colors (green, yellow, brown, and grey) representing different lithological classes. A pop-up window is visible over the feature, displaying the following information: - Layer name: hdsr_boringen (1) - Feature ID: HB15.101+098_BUTA - height: 0.2 - lithclass: 2 - lithcode: Ks2h3 - desc: Klei, matig siltig - color: #189f48 - Coordinates: 4.9633499°E 51.9646281°N
Opmerkingen	-



Naam	Waterstanden en golfoploop <i>Maatgevende omstandigheden bij verschillende overslagdebieten</i>
Bron	Waterschap
Formaat	Shapefile
Conversie	Inladen shapefile in ArcGIS Pro
Beschrijving	Waterstanden en golfoploop bij een overslagdebiet van 1, 5 en 10 l/s/m voor 2075. Data van 2020, 2050 en 2100 zijn beschikbaar als Excel maar niet meegenomen in het HDSR traject
Opmerkingen	

Naam	Geofysisch onderzoek (elektromagnetisch en grondradar)
Bron	Waterschap
Formaat	ArcMap package .mpk, direct in te lezen in ArcGIS Pro
Conversie	Geen conversie, de map package kan direct worden ingeladen in ArcGIS Pro. Eventueel zijn de afzonderlijke lagen te kopiëren naar de Oracle database.
Beschrijving	• <i>Dikte bovenste kleilaag in cm-mv (File Geodatabase Raster)</i> • <i>Dikte zandlaag in cm (File Geodatabase Raster)</i> • <i>Boringen met boorbeschrijving (Shapefile point)</i> • <i>Enkel ingemeten met EM, nauwkeurigheid lager (Shapefile polygon)</i> • <i>Binnen onderzoeksgebied, niet ingemeten (Shapefile polygon)</i> • <i>Bovenkant zand Radarmeting (Shapefile point)</i> • <i>Bovenkant zand EM meting (Shapefile point)</i> • <i>onderzoeksgebied (Shapefile polygon)</i> • <i>kaartvlakken_kleiner (Shapefile polygon)</i>
Opmerkingen	Gebruikt bestand heet verzamelkaart geofysisch dijkenonderzoek23_05_2017.mpk

Naam	Kabels en Leidingen
Bron	Waterschap
Formaat	Shapefile
Conversie	Inladen in ArcGIS Pro en met behulp van 3D symbology 3D objecten van maken. Daarna opslaan als Multipatch Feature Class in de database
Beschrijving	Dataset van kabels en leidingen in de ondergrond. Hierbij gaat het om kabels en leidingen die dichtbij de dijk liggen of onder de dijk en de Lek doorgaan. 
Opmerkingen	-

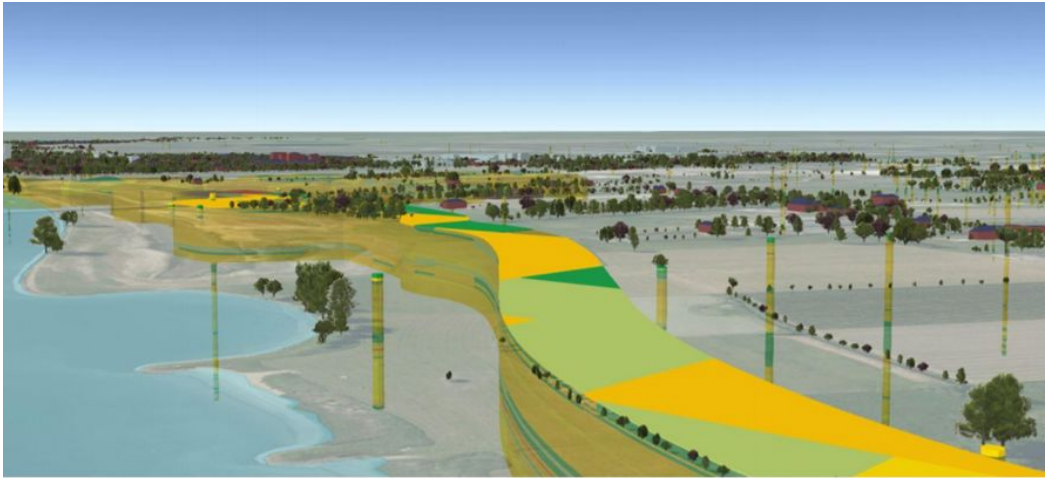
Naam	3D kaart NL - Gebouwen
Bron	Kadaster
Formaat	Filegeodatabase (FGDB)
Conversie	Geen conversie, alleen inladen in ArcGIS Pro
Beschrijving	3D kaart NL is een digitaal topografisch bestand waarin alle objecten uit TOP10NL driedimensionaal worden weergegeven. Het bestand is een combinatie van de 2D-informatie uit TOP10NL en hoogtepunten. Resultaat is dat stoeprandjes en kademuren als verticale vlakken weergegeven worden en huizen als blokken.
Opmerkingen	-

Naam	Dijkpalen in 3D
Bron	Beheerregister Waterschap
Formaat	Data wordt rechtstreeks opgehaald uit de Oracle Database
Conversie	De 3D-dataroom onderhoudt een database connectie met de dijkpalen in het beheerregister. Deze worden met een maatwerk symbool getoond.

Beschrijving	Het navigeren in de ondergrond is niet gemakkelijk. Er is geen referentie waar gebruikers zich aan vast kunnen houden. Om hierin te voorzien is het object dijkpaal voorzien van een maatwerk symbool dat zich uitstrekt tot een diepte van 10 meter onder maaiveld. Dit symbool is in SketchUp ontworpen als 3D-vorm op basis van een feitelijke dijkpaal. De ontworpen dijkpaalvorm is voorzien van een “dijkpaalplaatje” met daarop het logo van het waterschap om de realiteit zo dicht mogelijk te benaderen. Het dijkpaalnummer is als label gevisualiseerd. De vorm is vanuit SketchUp geëxporteerd naar een collada .dae bestandsformaat. Dit formaat wordt gebruikt om in 3D bestanden en ontwerpen uit te wisselen. Deze ontworpen vorm is vervolgens toegevoegd aan de symbolencatalogus van ArcGIS Pro. De vorm is vervolgens als symbologie toegekend aan het object dijkpaal. De gebruiker ziet hierdoor dit symbool op de goede locatie tot 10 meter diep in de ondergrond steken. Hiermee verkrijgt hij een referentie om door de ondergrond te navigeren.
Opmerkingen	Gebruik van SketchUp of een vergelijkbaar programma is nodig om de vorm aan te passen of een nieuw ontwerp te maken.

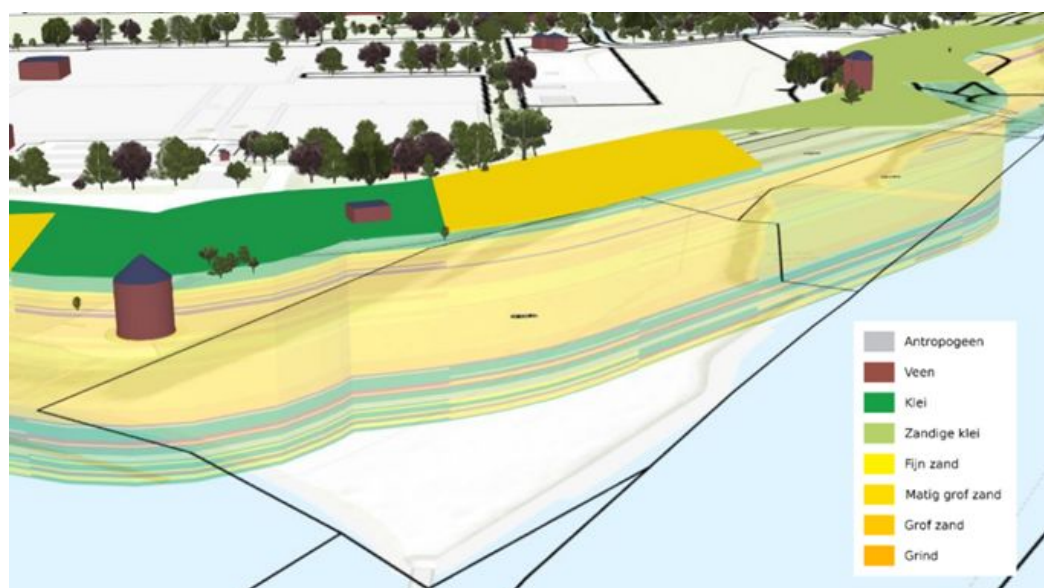
Naam	Sonderingen in 3D
Bron	DINO loket / TNO (wordt in de toekomst BRO)
Formaat	GEF
Conversie	1. Ga naar https://www.dinoloket.nl/ → Ondergrondgegevens. 2. Selecteer Bodem- en grondonderzoek. 3. Deselecteer alles onder Bodem- en grondonderzoek behalve Geotechnisch sondeeronderzoek. 4. Selecteer het relevante gebied op de kaart. 5. Vul uw contactgegevens in. 6. U ontvangt een e-mail met een download-link. 7. GEF sonderingen naar Multipatch in FME workbench icm python: 8. Installeren benodigde FME python libraries: a. pip install pyshp --target C:\Users\<user>\Documents\FME\Plugins\Python\python27\ 9. FME: GEF_Sonderingen_to_3D_Multipatch\ 10. Parameters: Bestandlocaties 11. Naar ArcGIS online - ArcGIS Pro: 3D layer to feature class - ArcGIS Pro: to scenelayer package - ArcGIS Online: laag importeren
Beschrijving	Handmatig gedownload data van sonderingen of boringen van Dinoloket wordt middels een python script van GEF omgezet naar 3D multipatch data. Het

	python script staat in FME en wordt als Startup script aangeroepen, wat betekend dat voor de FME workbench begint het script uitgevoerd wordt zodat de outputs van het script kunnen worden gebruikt in FME.
Opmerkingen	

Naam	Boringen in 3D
Bron	DINO loket / TNO (wordt in de toekomst BRO)
Formaat	GEF
Conversie	1. Ga naar https://www.dinoloket.nl/ → Ondergrondgegevens. 2. Selecteer Bodem- en grondonderzoek. 3. Deselecteer alles onder Bodem- en grondonderzoek behalve Geologisch booronderzoek. 4. Selecteer het relevante gebied op de kaart. 5. Vul uw contactgegevens in. 6. U ontvangt een e-mail met een download-link. 7. Download het bestand en selecteer alle bestanden eindigend op 1.4.xml. Deze bestanden dient u in een aparte map te zetten. 8. Installeren benodigde FME python libraries: a. pip install pyshp --target C:\Users\<user>\Documents\FME\Plugins\Python\python27\ 9. Omzetten boringen & sonderingen 10. FME: Boringen_to_3D_Multipatch Parameters: Bestandlocaties
Beschrijving	De boringen worden in de 3D data room gevisualiseerd als een serie cilinders die gekleurd zijn aan de hand van de lithoklasse. Hierbij wordt de classificatie en legenda van TNO gebruikt. 

Opmerkingen	De ondiepe bodemkundige boringen van Alterra zitten ook in de BRO, maar zijn slechts zeer sporadisch gezet in het versterkingsgebied van de Lekdijk. stroomafwaarts van Schoonhoven zijn veel meer bodemkundige boringen beschikbaar, maar deze vallen buiten het gebied voor de Sterke Lekdijk.
-------------	--

Naam	GeoTOP in 3D
Bron	DINO loket / TNO (wordt in de toekomst BRO)
Formaat	NetCDF
Conversie	Geotop wordt uitgeleverd als NetCDF. Deze wordt gedownload in een FME workbench middels een python startupsript (een script in de FME workbench die voorafgaand aan de processen in de workbench wordt gedraaid) en omgezet naar shapefile. In de workbench wordt deze ingeladen en omgezet naar 3D multipatch. Proces 1. Instellen parameters: ○ Coördinaten: gebied waarvan het geotop model gedownload moet worden invullen (RD-new coördinaten) ○ Destination folders instellen voor tussenresultaten (2D shapefiles) en resultaten (3D shapefiles) 2. Run script 3. Eindresultaten is 3D multipatch (zonder styling) 4. Symbology aanpassen: rechts-klik op layer en ga naar Symbology. Klik in Symbology panel rechtsboven op menuknop en selecteer Import symbology. Klik onder Symbology layer het Browse knopje en browse naar geotop_litho.lyrx. De juiste legenda en extrusion moeten nu automatisch ingesteld worden.
Beschrijving	GeoTOP is een voxelmodel, wat wil zeggen dat eigenschappen van de ondergrond zijn beschreven in discrete volumes van 100x100m horizontaal en 0.5m verticaal. Van elk volume is onder anderen de meest waarschijnlijke lithoklasse (grondsoort) beschreven. In de conversie snijden we het GeoTOP model uit binnen een 100m buffer vanaf de kruinlijn van de dijk.



Opmerkingen Bij de lithologische classificatie worden de naamgeving en het kleurenschema aangehouden die TNO gebruikt.

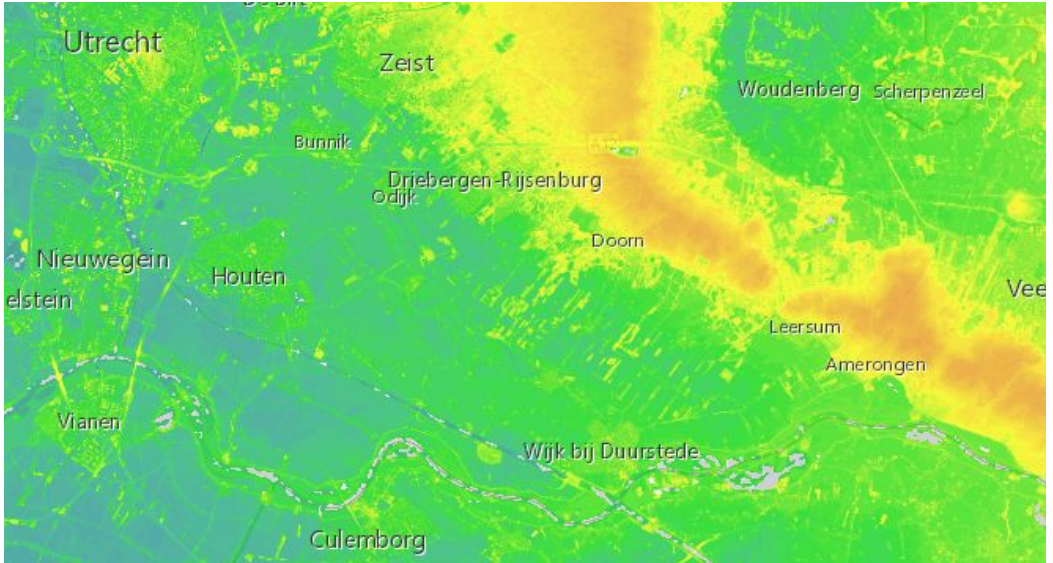
Naam	Einddatering rivieractiviteit (rivierbanen, historische dataset)
Bron	Universiteit Utrecht / Kim Cohen https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:52125/tab/2
Formaat	ArcGIS Layer Package ouddom - EINDDATERINGEN RIVIERACTIVITEIT.lpk
Conversie	Niet aan de orde
Beschrijving	De input layer package kan direct worden geopend in ArcGIS Pro. Het bestand bevat zowel de data als de correcte symbology. Vervolgens kan de laag naar de Oracle database gekopieerd worden door middel van de Feature Class to Feature Class geoprocessing tool.

	
Opmerkingen	-

Naam	Universiteit Utrecht Berendsen Boringen Dataset
Bron	Universiteit Utrecht / Kim Cohen
Formaat	Microsoft Access Database, shapefile - DANS-UU-LLG-BORINGEN_depotversie.mdb - HDSR_Kruin_Teenlijnen.shp (export uit beheerregister HDSR)
Conversie	Gebruik de FME Workbench "BerendsenTo3D.fmw" om de Berendsen boringen vanuit de Access database te converteren naar 3D multipatch features in een file geodatabase. Bij het draaien van de workbench wordt gevraagd om de juiste paden naar de input- en outputbestanden. De resulterende multipatch laag is te openen in ArcGIS Pro en kan naar de Oracle database gekopieerd worden door middel van de Feature Class to Feature Class geoprocessing tool.
Beschrijving	Deze dataset bevat over het algemeen ondiepe boringen (<2m) die de afgelopen decennia zijn gezet door studenten en staf van de Universiteit Utrecht. Voor meer informatie zie: https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:52125
Opmerkingen	In de set bevindt zich een onderscheid tussen boringen die door stafleden en studenten zijn uitgevoerd. In de directe visualisatie van de boringen is dit onderscheid niet aangebracht. Het kan wel in de attribuuatdata worden teruggevonden.

Naam	Beheerregister
Bron	Waterschap
Formaat	Oracle database waterschap
Bewerking	Relevante data uit het beheerregister van het waterschap kan rechtstreeks in de ArcGIS Pro viewer worden ingeladen door een database connectie op te zetten. De connectie met de Oracle database van het waterschap zorgt ervoor dat de data uit het beheerregister benaderbaar is waardoor data-lagen gemakkelijk kunnen worden toegevoegd door ze in de ArcGIS Pro viewer te slepen. Door deze makkelijke manier van visualiseren kan de 2D data uit het beheerregister snel gecombineerd worden met de 3D data in de ArcGIS Pro viewer om verbanden te leggen tussen deze twee data-typen.
Beschrijving	De volgende objecten uit het beheerregister zijn toegevoegd: • Bomen • Dijkpalen • Kunstwerken • Teenlijnen • Kruinlijnen
Opmerkingen	

Naam	AHN
Bron	Esri
Formaat	TIFF
Conversie	Er zijn opties waarmee de AHN kan worden toegevoegd aan de 3D-dataroom. 1. Esri biedt een service aan waarin de hoogtes van het maaiveld staan: https://arcg.is/1P8X5e Het voordeel hiervan is dat deze reeds klaar staan waardoor dit grid meteen bruikbaar is. Het nadeel is dat met deze optie wel gevisualiseerd, maar niet geanalyseerd kan worden. 2. PDOK bevat een download voor het grid: https://www.pdok.nl/nl/ahn3-downloads. Dit is het ruwe bestand (dtm, dsm) dat eenmaal ingeladen in ArcGIS Pro geschikt is voor berekeningen en analyses. Dit elf downloaden en fysiek in eigen database stoppen Optie 1 is toegevoegd als laag in de 3D-dataroom en dient als input voor visualisaties en raadpleging.

	Optie 2 is in een aantal gevallen toegepast om specifieke informatieproducten te vervaardigen zoals de overstromingsscenario's (paragraaf 4.3), de virtual reality omgeving (zie paragraaf 4.6) en het vormgeven van het 3D-dijklichaam (zie de volgende dataset beschrijving). 
Beschrijving	Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is de digitale hoogtekartaal voor heel Nederland. Het bevat gedetailleerde en precieze hoogtegegevens met gemiddeld acht hoogtemetingen per vierkante meter.
Opmerkingen	

Naam	3D Dijkvlak
Bron	AHN3 / HDSR https://www.pdok.nl/nl/ahn3-downloads .
Formaat	TIFF
Conversie	1. AHN3 downloaden 2. Teen en kruinlijnen laden om dijkpolygoon te maken 3. TIN model maken van dijkpolygoon en AHN3 4. Deze wordt als Multipatch Feature Class in file geodatabase opgenomen
Beschrijving	Het downloaden van de AHN3 data is in dit geval noodzakelijk omdat binnen de ESRI service het AHN3 alleen beschikbaar is als hoogtelaag. Dit betekent dat 2D lagen op deze hoogtelaag gelegd kunnen worden, maar de hoogtedata zelf niet beschikbaar is in deze service. Om een 3D model uit de hoogte data te maken is de brondata vereist. PDOK heeft een download voor het grid: https://www.pdok.nl/nl/ahn3-downloads. Dit is het ruwe bestand (dtm, dsm).

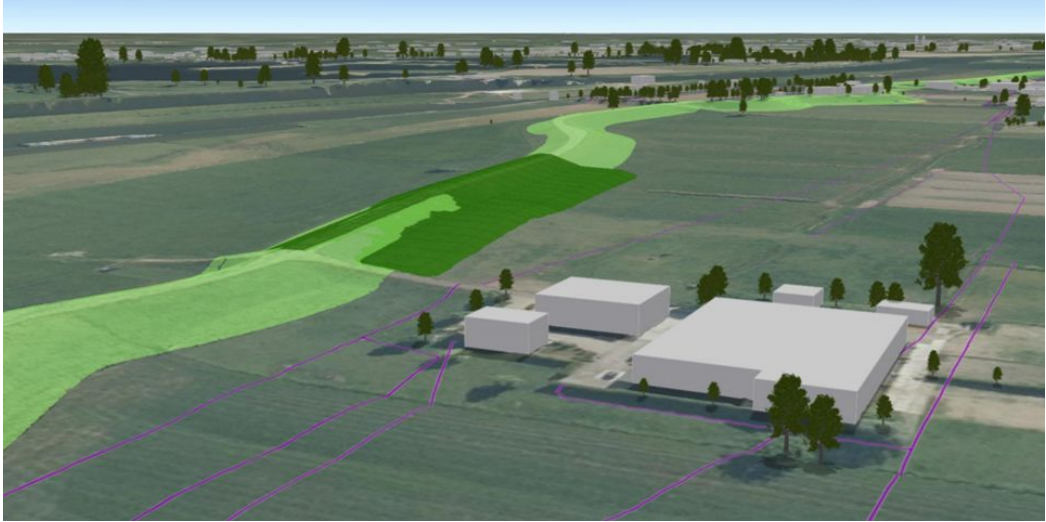
	Deze wordt ingeladen in ArcGIS Pro zodat vervolgens berekeningen en analyses kunnen worden uitgevoerd. Het 3D dijkmodel is een 3D weergave van de huidige Lekdijk. De hoogtedata is afkomstig uit het AHN3, en de ligging is gebaseerd op de teen- en kruinlijnen uit het beheerregister van HDSR. De lijnen worden gebuffered en gedissolved tot één polygoon. Dit polygoon wordt in stukken geknipt (voor processing snelheid) en per stuk word de AHN3 uitgesneden en omgezet naar een TIN (triangulated irregular network) Proces: 1. AHN3 tiles downloaden (https://www.pdok.nl/nl/ahn3-downloads) 2. Teen en kruinlijnen pad instellen (file geodatabase) 3. In surfacemodeller eventueel surface tolerance aanpassen. Verlagen verhoogt de nauwkeurigheid van de TIN (en verhoogd de runtime), verhogen andersom. 4. Run de workspacerunner Parameters: Bestandlocaties, surface tolerance
Opmerkingen	

Naam	Zettingssnelheid
Bron	Waterschap
Formaat	geopackage
Conversie	1. Laden en stylen in ArcGIS Pro 2. Resultaat plaatsen als Multipatch Feature Class in file geodatabase
Beschrijving	De data bevat de zettingsverwachting. In het geval van HDSR is dit gebaseerd op de waterstanden en golfoploop bij een overslagdebiet van 1, 5 en 10 l/s/m voor 2075. HDSR gaat uit van de gemiddelde zetting (tsx_avg_velocity) en waar deze null is van de rs2_avg_velocity. Als waarden hanteert HDSR 2 mm, 4 mm, 7 mm of 10 mm zetting per jaar, waarbij de gemiddelde waarde naar boven wordt afgerond.
Opmerkingen	Dataset van Waterschap

Naam	Grondwater
Bron	Waterschap
Formaat	
Conversie	
Beschrijving	Deze set bevat de ligging van de grondwatermeetpunten en de meetreeksen van die locaties
Opmerkingen	Ten tijde van implementatie waren er werkzaamheden aan de database met de gegevens van het grondwater. Daardoor was het niet mogelijk ze in deze fase op te nemen in de 3D-dataroom. De werkzaamheden moesten onder meer leiden tot het realiseren en aanbieden van webservices met daarin deze gegevens. Zodra dit achter de rug is, is het toevoegen aan de 3D-dataroom een relatief eenvoudige en geringe inspanning.

Naam	Historisch kaart van Derfelden (Kaart van de Rivier de Lek Benedendams met desselfs dyken, uiterwaarden en kribben) 1824
Bron	Waterschap
Formaat	jpg
Conversie	De kaart wordt als georeferend "plaatje" aangeboden door de universiteit Utrecht. Dit plaatje is als laag toegevoegd aan de 3D-dataroom
Beschrijving	De kaart is gemaakt in de tijd dat het Hoogheemraadschap te maken had met het feit dat de rivier 's winters vaak dicht vroom, en dat vervolgens de zich opeenhopende ijsschotsen dijkbreuken veroorzaakten of dreigden te veroorzaken. De schaal van de kaart is 1 : 15.700
Opmerkingen	De kaart bevindt zich achter deze link: http://uu.georeferencer.com/maps/37949247019/view

Naam	Ontwerp waterkering (BIM)
Bron	Ingenieursbureaus
Formaat	Afhankelijk van de inleesmethode kan voor dwg-formaat of ifc-formaat worden gekozen
Conversie	Zie bijlage 4

Beschrijving	Ingenieursbureaus maken in pakketten als Civil3D ontwerpen van te versterken waterkeringen. Deze ontwerpen worden in bestandsvorm bij het waterschap aangeleverd. Het waterschap converteert deze bestanden naar de 3D-dataroom. In deze omgeving zijn vervolgens de ontwerpen van de waterkering zichtbaar. 
Opmerkingen	Het uitwisselen van data op deze manier is nog niet gestandaardiseerd en vraagt nog het nodige handwerk (zie bijlage 4). In samenspraak met de ontwerpbureaus dient het waterschap de uitwisselingsstandaard vast te stellen. Dit moet nog verder uitgewerkt worden en staat verder toegelicht in paragraaf 2.2. Het is van belang afspraken te maken over de naamgeving van de verschillende onderdelen in het dijkontwerp en welke aslijn gekozen wordt. Om de ontwerpen in te kunnen lezen is geen licentie voor Civil3D nodig. De ontwerpbureaus zorgen voor een export van het ontwerp in een formaat waar ArcGIS Pro mee overweg kan (dwg dan wel ifc). Wanneer voor het ifc-formaat wordt gekozen is voor het inlezen de data interoperability extension nodig.

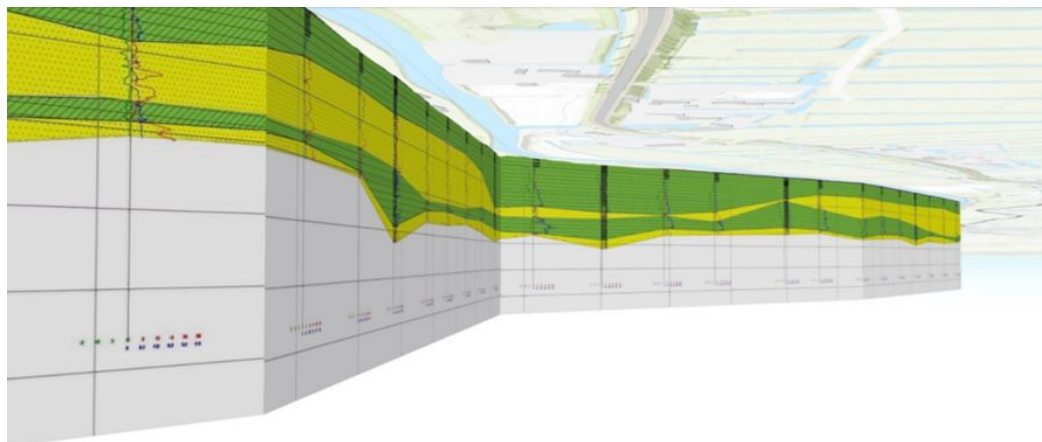
Naam	Wielen
Bron	Waterschap
Formaat	Shape
Conversie	Inladen shapefile in ArcGIS Pro
Beschrijving	Het waterschap beschikt over een kaart met wielen. Wielen zijn kleine meertjes, feitelijk oude kolkaten, in de nabijheid van dijken. Ze zijn als relict achtergebleven nadat een dijk op die plaats in het verleden brak. Ze kunnen zowel binnen- als buitendijks liggen. Veel wielen lijken zich te bevinden op plaatsen waar oude stroombanen (met daarin zand) aanwezig zijn. Wielen zijn

	daarmee een indicatie voor het voorkomen van voor piping gevoelige ondergrond.
Opmerkingen	-

Naam	Zandvoerende wellen
Bron	Deltares
Formaat	WMS-services of export naar .csv of json Locatie: https://www.pipingdb-rws-coe.nl/
Conversie	Het toevoegen van de services is standaard functionaliteit van ArcGIS Pro Het converteren van de attribuut informatie die zich in de .csv of json bestanden bevindt in in deze implementatie nog niet gedaan (zie opmerkingen)
Beschrijving	Zandvoerende wellen ontstaan als gevolg van kwelstroming onder waterkeringen. Hun voorkomen is sterk gerelateerd aan piping. Deze wellen zijn daarmee belangrijke indicatoren voor problematische locaties waar zich in de ondergrond waarschijnlijk zandige lichamen bevinden.
Opmerkingen	Ten tijde van de implementatie van de 3D-dataroom werd de database met zandvoerende wellen nog door Deltares opgezet en was om die reden nog niet gereed om te worden toegevoegd aan de 3D-dataroom. Intussen is deze database ontsloten en kan deze toegevoegd worden.

Naam	Geotechnisch Lengteprofiel
Bron	Geotechnisch onderzoeksbureau via het waterschap
Formaat	Pdf
Conversie	Van Pdf naar textured 3D multipatch
Beschrijving	Bureaus die geotechnisch onderzoek langs de waterkering doen voor waterschappen leveren vrijwel altijd ook een geotechnisch lengteprofiel op voor de lengte van het onderzochte deel van de waterkering. Dit was ten tijde van implementatie van de 3D-dataroom nog een pdf. Om dit lengteprofiel in de 3D-dataroom te laden is eerst de PDF omgezet naar een PNG plaatje. Vervolgens is de profiellijn in 2D getekend op de kaart. Op deze 2D lijn is een verticale extrusion toegepast om het tot een 3D 'gordijn' te maken (zie hieronder). Dit object is vervolgens naar een 3D multipatch geconverteerd. In ArcGIS Pro kunnen aan een multipatch textures worden toegewezen, waardoor het PNG plaatje op het 'gordijn' is geplaatst (https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/editing/apply-textures-to-a-multipatch-fe)

[ature.htm](#)). Zie de figuur hieronder voor het eindresultaat.



Geotechnisch profiel onder de dijk. We kijken vanuit de ondergrond naar boven. Het profiel toont de verwachte samenstelling van de ondergrond op basis van een correlatie van boormonster- en sonderingsgegevens. Bron: Digital Twin Lekdijk.

Het geotechnisch lengteprofiel in 3D vanuit de ondergrond bezien.

Opmerkingen De pdf is uiteindelijk in de database opgeslagen als textured 3D multipatch.

Naam	Bomen
Bron	Waterschap
Formaat	Shape
Conversie	• Inladen shapefile in ArcGIS Pro • Met behulp van 3D symbologie wordt het boomsymbool toegevoegd. • Op basis van het attribuut "hoogte" is het boomsymbool geschaald naar de juiste hoogte
Beschrijving	Deze set bevat de bomen in de omgeving van de waterkering
Opmerkingen	Een alternatief voor deze set is het nationaal boomregister: http://boomregister.nl/overzichtskaart-van-de-bomen-in-nederland/ Dit is bij deze implementatie niet gebruikt

6. Systemen 3D-Dataroom

Dit hoofdstuk beschrijft de benodigde systemen (hardware en software) voor een 3D-Dataroom. De samenhang tussen deze systemen is beschreven in een architectuurdiagram. In paragraaf 6.4 staat aangegeven waar de belangrijkste documentatie van de BRO gevonden kan worden.

6.1 Architectuur 3D-Dataroom Waterschap

Op grond van de bevindingen uit de voorstudie is een architectuur inventarisatie gemaakt om de noodzakelijke componenten te bepalen. De use cases zijn hierbij het uitgangspunt geweest. Dit heeft geleid tot de volgende stack van software:

- Project database (Oracle)
- ArcGIS Pro
- ArcGIS Online
- FME en Python tooling

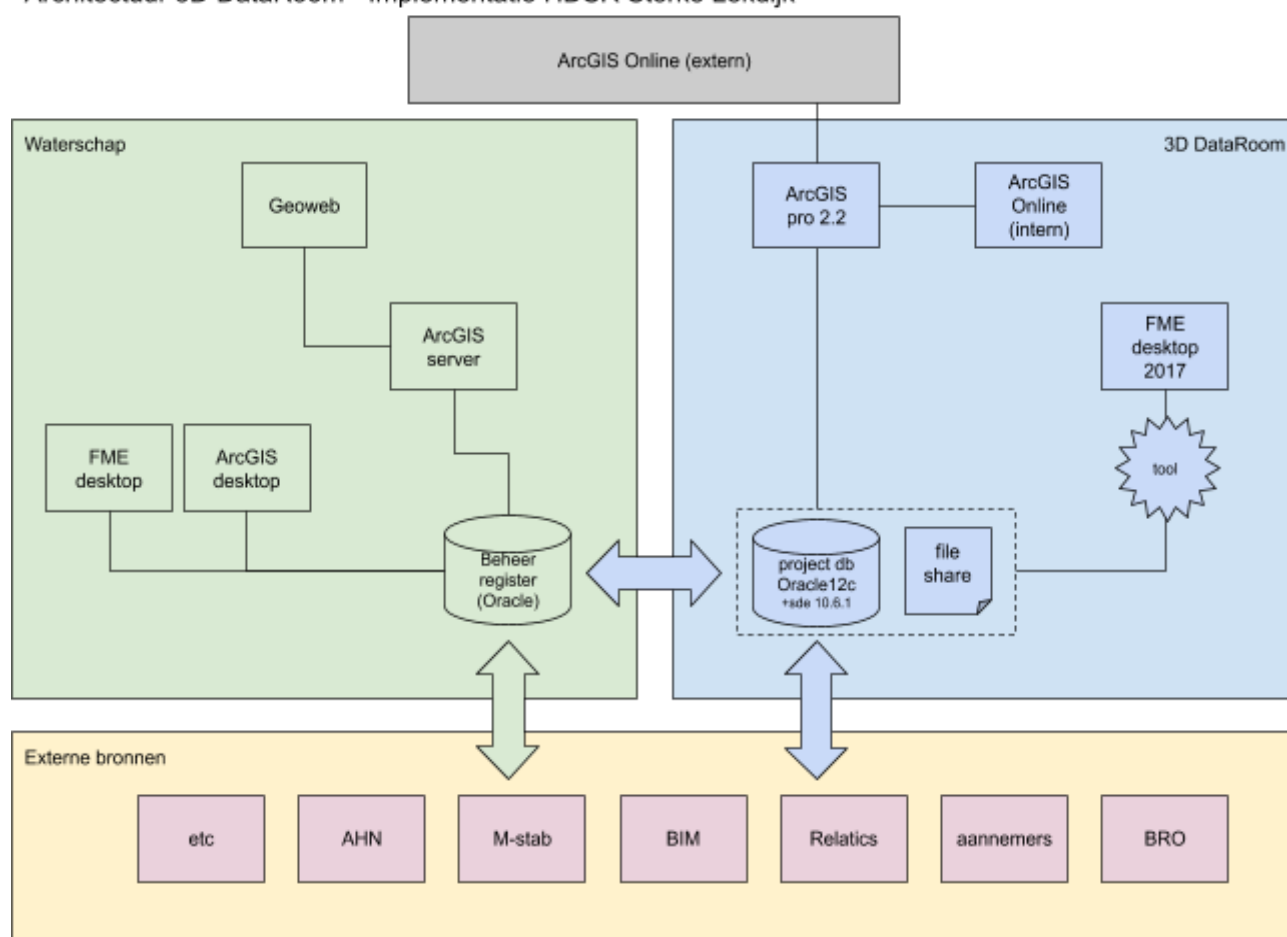
In de initiële overweging zijn ook onderstaande componenten overwogen. Het is echter ten tijde van implementatie niet nodig gebleken deze in te zetten.

- CityEngine (hiervan is een analyse gemaakt, deze is opgenomen in bijlage 4)
- ArcGIS Server
- Erdas Apollo Essentials
- Geoweb
- ArcGIS Desktop

Aan het begin van het traject is de startarchitectuur ontworpen. Deze staat uitgewerkt in de navolgende figuur. In het ontwerp van de startarchitectuur zijn de volgende randvoorwaarden aangehouden:

- Laagdrempelige instap
- Snelle beschikbaarheid
- Geen restricties ten aanzien van het realiseren van use cases.
- Passend in de IT-infrastructuur van het Waterschap
- De scope is afgegrensd op de blauwe componenten in het architectuur overzicht.

Architectuur 3D DataRoom - Implementatie HDSR Sterke Lekdijk



Betekenis kleuren architectuur overzicht:

- Groen - HDSR bestaande architectuur
- Geel - Externe bronnen/afnemers
- Blauw - Te realiseren 3D 3D-Dataroom

In onderstaande tabel staat opgenomen welke activiteiten door welke verantwoordelijke moeten worden ingevuld om de architectuur te operationaliseren.

Activiteit	Verantwoordelijke
De aanschaf van aanvullende Hardware tbv 3D 3D-Dataroom	Waterschap
Inrichten basis Softwarecomponenten 3D 3D-Dataroom en OS	Waterschap
Inrichtingsadvies over architectuur 3D 3D-Dataroom	Leverancier
Ontwikkelen configuratie bestanden en deployment scripts	Leverancier
Uitrol van configuratie en deployment scripts	Waterschap
Eindverantwoordelijkheid opleveren en inrichten 3D 3D-Dataroom	Waterschap

Bij gebleken noodzakelijkheid kan in een later traject deze stack uitgebreid worden met de andere componenten. Hosting op ArcGIS Online vindt dan plaats via de ArcGIS Server (Enterprise) van het waterschap en Erdas Apollo. Geoweb kan eventueel als laagdrempelige webGIS viewer toegevoegd worden voor interne ontsluiting. Dit heeft wel het nadeel dat alleen 2D data geraadpleegd kan worden.

6.2 Benodigde Software

Component	Toelichting	Rol 3D-Dataroom
Oracle project db	Enterprise Geodatabase oplossing voor alle vector data dat gebruikt wordt in ArcGIS Desktop en ArcGIS Pro	Centrale opslag voor alle vector data dat in het project wordt gebruikt. Deze database is gescheiden van de organisatie database (beheerregister)
ArcGIS Pro	Desktop GIS applicatie voor 3D data	Beheren, bekijken, analyseren, muteren van 3D datasets
ArcGIS Online	SaaS webGIS oplossing voor het bekijken van 2D/3D data (gehost)	De basisviewer voor 3D data en projecten.
FME Desktop	ETL tooling voor het converteren van datasets tussen databronnen	Conversie tool voor uitwisseling data tussen b.v. het beheerregister en projectdatabase of met externe bronnen
Tooling	Tooling die nodig is voor het converteren of inrichten van uitwisselingsprocessen met het beheerregister of externe bronnen	Python of FME

6.3 Benodigde Hardware

Bij de eerste implementatie van de 3D-dataroom is gewerkt met de volgende componenten. Hieronder volgt een globaal overzicht van de aanbevolen software en hardware vereisten.

Software Requirements:

Component	License	Version	Quantity	Additional required software	reference
ArcGIS Pro	Standard or Advanced	2.1	1	Python 2.7.13, .NET Framework 4.5, Oracle Database client 11.2.0.1	http://pro.arcgis.com/en/pro-app/get-started/arcgis-pro-system-requirements.htm
Oracle Database client	64-bit	11.2.0.4	1	-	http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/databases/database-clients.htm
FME Desktop	Oracle	2017.x	1		https://www.safe.com/fme/fme-desktop/tech-specs/

Hardware requirements:

Component	Type	CPU	RAM	GPU RAM	HD System	HD Storage	OS Type	OS Version
ArcGIS Pro	VDI	64-bit, 4 cores	8 GB	2 GB	100 GB (SSD)	200 GB (SSD)	Citrix XenDesktop, Windows Server, VMware vSphere	7.6, 7.11, 7.13, 2012 R2 Hyp-V, 2016 Hyper-V, 6.0, 6.5
Oracle Database client	VDI	-	-	-	-	-	-	-
FME Desktop	Virtual Server	64-bit, 4 cores	16 GB	-	100 GB (SSD)	200 GB (SSD)	Windows Server	2012 R2 Standard, 2016 Standard

6.4 Architectuur BRO

De Architectuur van de BRO is uitgebreid beschreven in onderstaande documenten die beschikbaar worden gesteld via de BRO website (www.basisregistratieondergrond.nl).

#	Document	Toelichting	Link
1	Ketenontwerp BRO	Algemene introductie over de BRO (organisatie, processen, data en systemen)	https://www.basisregistratieondergrond.nl/documenten/publicaties/2018/10/31/ketenontwerp_bro_20181030
2	Architectuur BRO (GAS en PSA)	Globale Architectuurschets en Programma Start Architectuur van de BRO	https://www.basisregistratieondergrond.nl/documenten/verslagen/2018/05/01/architectuur
3	Handreiking Afname BRO gegevens	Toelichting op het gebruik van de verschillende afnamekanalen voor BRO-gegevens	https://www.basisregistratieondergrond.nl/documenten/publicaties/2018/11/05/handreiking-afname-bro-gegevens
4	Overzicht registratieobjecten 21 januari 2019	Stand van zaken met betrekking tot de voortgang van de inwerkingtreding van de verschillende registratieobjecten	https://www.basisregistratieondergrond.nl/gegevens-in-de-bro/documenten/publicaties/2019/01/21/20190121-lijst-registratieobjecten

7. Organisatie en Processen

Dit hoofdstuk gaat in op de organisatie en processen die nodig zijn om de 3D-dataroom te beheren. Het hoofdstuk begint met een beschrijving van de organisatie, vaardigheden en tooling. Hierna wordt het databeheer behandeld. Dit hoofdstuk sluit af met de beheerprocessen voor de infrastructuur (techniek)

7.1 Beheerorganisatie

Rollen	Taken verantwoordelijkheden en bevoegdheden	Applicatie
GIS operators	• Lezen data in, valideren en ontsluiten en beheren deze • Verzamelen wensen ter verbetering en dragen deze aan bij de functioneel beheerder • Ondersteunen de projectorganisatie gevraagd en ongevraagd met informatieproducten.	ArcGIS Pro, Desktop, FME
Project medewerkers	• Raadplegen data • Dragen wensen aan voor nieuwe functionaliteit of informatieproducten	AGOL ArcGIS Pro
Technisch Managers	• Raadplegen data • Dragen wensen aan voor nieuwe functionaliteit of informatieproducten	AGOL ArcGIS Pro
Omgevings managers	• Gebruiken de viewer voor communicatie met belanghebbenden	AGOL
Ingenieurs bureaus	• Dragen informatie aan in de vorm van BIM- ontwerpen • Denken mee over de vormgeving van de informatie life cycle van dijkversterkingstrajecten • Raadplegen van data • Doen voorstellen mbt het toevoegen van nieuwe datasets	AGOL
Functioneel beheerder	• Deze is eigenaar van het algehele functionele werking van de 3D-dataroom • Ontvangt wensen van gebruikers, specificeert deze en organiseert de realisatie daarvan	Alle componenten
Technisch beheerder	• Zorgt voor een operationeel platform waar de de 3D-dataroom op draait. • Beheert de technische werking binnen de algehele infrastructuur van het waterschap • Verhelpt storingen in de infrastructuur • Bewaakt samen met de functioneel beheerder de releasekalenders	Alle componenten en algehele infrastructuur

7.2 Beheerprocessen voor data management

Deze paragraaf beschrijft welke beheerprocessen operationeel moeten zijn om te zorgen dat de 3D-dataroom actuele en correcte data blijft bevatten. De eerste paragraaf gaat met name in op de afspraken en procedures die daarvoor nodig zijn. De tweede paragraaf gaat in op het feitelijk toevoegen en inlezen van de data. De derde paragraaf beschrijft het proces van verrijking naar 3D. De laatste paragraaf beschrijft het publiceren van 3D-data.

7.2.1 Beheren data en services

Dit proces is belegd bij de functionaris belast is met het beheren van de geografische data. Deze legt een overzicht aan van data die hij beheert. In dit overzicht houdt hij bij welke sets onder het beheer vallen, wat de bron is en wie de eigenaar is. Hij kan hiervoor de inhoud van hoofdstuk 5 gebruiken. Het beheer valt uiteen in drie soorten:

1. Services
2. Interne data
3. Externe data

Ad 1: Het beheer aan services is beperkt. De beheerder kan volstaan met het monitoren van de performance van de services. Mocht een service niet operationeel zijn dan meldt hij dit aan de functioneel beheerder/gebruikersorganisatie zodat zij weten dat de data uit die service tijdelijk niet beschikbaar is. Hij meldt dit incident eveneens aan de beheerder van de service, onderhoudt de communicatie met deze beheerder. Zodra de service weer operationeel is meldt hij dit aan functioneel beheerder/gebruikersorganisatie

De beheerder kan van functioneel beheer het verzoek krijgen services uit te zetten of toe te voegen. Hij draagt hier vervolgens zorg voor.

Ad 2: De databeheerder maakt afspraken over gebruik van de data met de interne eigenaar data. Meestal zal dat de beheerder van het beheerregister zijn, maar dat kan ook de beheerder van bijvoorbeeld de grondwaterdatabase of een projectmedewerker zijn.

In het geval van het beheerregister is de afspraak betrekkelijk eenvoudig omdat data rechtstreeks uit de database van het beheerregister wordt betrokken. Het is in die zin vooral een kwestie van goed databeheer in het register. Als dit beheer adequaat is georganiseerd hoeft er praktisch niets te gebeuren. Elke wijziging in het beheerregister is dan onmiddellijk zichtbaar in de 3D-dataroom.

Met beheerders van andere data als grondwater of ontwerpen maakt de beheerder specifieke afspraken over de wijze van aanlevering van data, formaat en frequentie. Bij voorkeur heeft de beheerder periodiek overleg met deze interne leveranciers van data. Vanuit het overzicht van data dat hij beheert kan hij voorzien wanneer verwerking of mutaties van data aanstaande is.

Ad 3: De set met externe data is het lastigst te beheren omdat wijzigingen hieraan zich gemakkelijk onttrekken aan de waarneming van de databeheerder. Hij treft hiertoe de volgende maatregelen:

- In het eerder genoemde overzicht van beheerde data geeft hij de externe data aan wie eigenaar c.q. beheerder zijn van de betreffende datasets. Hij voorziet deze van de contactgegevens, dan wel URL waar zich informatie over de betreffende set bevindt.
- De beheerder informeert twee keer per jaar bij dit contact naar de staat van de gegevens. De informatie die hij hieruit verkrijgt verwerkt hij in zijn overzicht. Bij voorziene wijzigingen of updates onderneemt hij passende acties. Om de data te kunnen inlezen en/of converteren put hij uit de informatie die is opgenomen bij de beschrijvingen van de datasets in hoofdstuk 5.

7.2.2 Toevoegen/inlezen data

Aan de 3D ArcGIS Pro viewer kan op een gemakkelijke manier 2D data worden toegevoegd die beschikbaar is als service of in een database. Het toevoegen van deze data gaat op een vergelijkbare manier als bij een 2D ArcGIS Pro viewer; namelijk door een connectie te maken met de betreffende service en/of database. Vervolgens kunnen de gewenste data-lagen in de ArcGIS Pro viewer worden gesleept waarna ze onder het kopje '2D Layers' verschijnen.

De 2D data-lagen worden tijdens de visualisatie over de ondergrond heen gedrapeerd waardoor ze de 3D topologie van het landschap volgen. Op deze manier kan 2D data op een gemakkelijke manier worden gecombineerd met de beschikbare 3D data.

7.2.3 2D-data verrijken naar 3D-data

Een deel van de data is aangeleverd in 3D en vervolgens in 3D ingelezen. Dit is bijvoorbeeld het geval met de kabels en leidingen en de gebouwen. In de tabel met daarin de datasets in paragraaf 5.1 is in de laatste kolom opgenomen of het 2D of 3D data betreft. Per individuele dataset staat aangegeven wat de conversie is geweest om de data in te lezen. Hierbij zijn verschillende opties die ook met verschillende technieken invulling hebben gekregen. Op hoofdlijnen bestaan de volgende opties:

#	Input	Output	Toelichting
1	2D	2D	Dit is een eenvoudige standaard optie die bijvoorbeeld is toegepast bij het inlezen van de wielen. Er vindt hierbij feitelijk geen conversie plaats.
2	2D	3D	Dit vraagt een specifieke bewerking omdat de 2D-data moet worden verrijkt met een set die hoogtedata bevat; gebruikelijk is dat het AHN. Per gebruikstoepassing kan het proces van verrijking (de conversie) verschillen. Dit is toegelicht bij de betreffende datasets. Voorbeelden van deze wijze zijn de reconstructie van het 3D-dijkvlak, de dijpalen en het geotechnisch lengteprofiel

3	2 ½ D	3D	In dit geval is de data geometrisch niet in 3D maar bevat administratief een hoogtewaarde die gebruikt wordt om objecten ook geometrisch naar 3D te converteren. Voorbeelden hiervan zijn de boringen, sonderingen en bomen.
4	3D	3D	In dit geval is de bron data reeds in 3D. Deze kan dan rechtstreeks worden ingelezen. Dit is bijvoorbeeld gebeurd met de 3D kaart NL - Gebouwen

7.2.4 Publiceren 3D data in ArcGIS Online

Specifiek voor het publiceren van ruimtelijke data in 3D in arcgis online is er een algemeen proces. Dit bestaat uit het volgende stappenplan:

1. ArcGIS Pro: data laden
2. ArcGIS Pro: data extruderen
 - a. Appearance Extrusion
3. ArcGIS Pro: data opmaken (symbology)
4. ArcGIS Pro: data naar feature class
 - a. Tools Layer 3D to Feature Class
5. ArcGIS Pro: data naar scene layer package
 - a. Tools Create Scene Layer Package
6. Publiceren in ArcGIS Online

7.3 Beheerprocessen voor techniek

Het beheer van de techniek van de 3D-dataroom richt zich op het onderhoud van de hardware componenten die in hoofdstuk 6.3 staan beschreven. Zonder in detail te gaan op het specifieke inhoudelijke beheer van deze componenten moeten de volgende aspecten geborgd zijn.

- De aanwezigheid van een functioneel beheerder met het mandaat te beslissen over kleine wijzigingen met impact voor de 3D-dataroom
- De aanwezigheid van een functioneel verantwoordelijke voor de werking van de technische componenten.
- Deze twee functionarissen stellen aan het begin van elk jaar een kalender op waarin zij wijzigingen en releases plannen en met elkaar afstemmen. Hierbij is het de verantwoordelijkheid van de technisch beheerder de algehele releasekalender van de infrastructuur in te brengen en het beheer van de componenten van de 3D-dataroom hier in te passen.
- Als onderdeel van de jaarplanning voeren beide functionarissen periodiek op vaste momenten een overleg. De frequentie hiervan mag variëren van 4 tot 12 keer per jaar. Het is belangrijk de ingeplande gesprekken getrouw in te vullen, ook als er weinig inhoudelijke aanleiding toe lijkt.

-
- De functioneel beheerder monitort de release kalenders van de software componenten. In gezamenlijkheid met de technisch beheerder duiden zij deze release kalenders op hun impact voor de 3D-dataroom en de infrastructuur. Bij voorkeur maakt deze activiteit deel uit van het opstellen van bovenstaande jaarplanning.
 - De functioneel beheerder draagt Vanuit het functionaliteitenbeheer de wensen van de gebruikersorganisatie aan. Gezamenlijk duiden en plannen beide functionarissen de realisatie van deze wensen. Bij voorkeur is dit onderdeel van het periodieke overleg en de jaarplanning.
 - Elke niet op de kalender wijziging in de samenstelling of configuratie van een van de hardware componenten van de 3D-dataroom wordt doorgesproken door de functioneel verantwoordelijke van de hardware en de functioneel beheerder van de 3D-dataroom.
 - Een niet geplande wijziging in samenstelling of configuratie van de 3D-dataroom wordt pas doorgevoerd na akkoord van de functioneel beheerder
 - Bij voorkeur vindt vanuit het technisch beheer proactieve monitoring plaats op de performance van de hardware componenten zodat zich aandienende incidenten vroegtijdig gesignaleerd en gemitigeerd kunnen worden. De verantwoordelijkheid voor deze taak berust bij de technisch beheerder.

8. Checklist Implementatie 3D-Dataroom

Waterschappen die overwegen een 3D-Dataroom in te richten krijgen met een aantal voorwaarden te maken die nodig zijn voor een succesvolle implementatie. Deze voorwaarden zijn onder te verdelen in een viertal categorieën:

- Organisatie
- Systemen
- Data
- Processen

De checklist hieronder is behulpzaam bij de voorbereiding van een succesvolle implementatie. Een waterschap dat elk aspect kan afvinken is klaar voor implementatie.

#	Acties	Categorie	
1	Opstellen Voorstudie (Business Case + Impact Analyse) 3D-Dataroom voor Waterschap X	Organisatie	☐
2	Opstellen projectplan voor Implementatie 3D-Dataroom inclusief organiseren voldoende project- en beheerbudget	Organisatie	☐
3	Accorderen project 3D-Dataroom	Organisatie	☐
4	Inrichten projectorganisatie (Stuurgroep + Projectleider + Project medewerkers) 3D-Dataroom	Organisatie	☐
5	Inrichten fysieke ruimte 3D-Dataroom	Organisatie	☐
6	Aanschaf benodigde hardware 3D-Dataroom	Systemen	☐
7	Aanschaf benodigde software licenties 3D-Dataroom (ETL/3D GIS)	Systemen	☐
8	Inrichten systemen (hardware en software) in 3D-Dataroom	Systemen	☐
9	Inventariseren benodigde data voor de 3D-Dataroom (interne bronnen)	Data	☐
10	Inventariseren benodigde data voor de 3D-Dataroom (externe bronnen)	Data	☐
11	Inrichten data management (ETL) processen 3D-Dataroom	Processen	☐
12	Inrichten systeem management proces (service desk)	Processen	☐
13	Training van medewerkers in beheer en gebruik	Organisatie	☐

14	Overdracht naar Beheerorganisatie	Organisatie	☐
15	Monitoren gebruik 3D-Dataroom (baten management)	Processen	☐
16	Zijn er afspraken gemaakt over de aanlevering van BIM-bestanden	Processen	☐

9. Tenslotte

De implementatie van de 3D-Dataroom was geen doel op zich. De 3D-dataroom kan nu gaan renderen als condensatiepunt waar specialisten uit verschillende disciplines elkaar ontmoeten en gaan begrijpen. De bundeling van hun expertise maakt dat de voorgespiegelde business benefits ook daadwerkelijk verzilverd gaan worden. De oplevering van de eerste 3D-dataroom is hiervoor het fundament.

Het implementatietraject heeft intussen direct de volgende meerwaarde opgeleverd:

- Er is een wezenlijke dialoog ontstaan tussen ingenieurs en deskundigen van de ondergrond. De 3D-dataroom heeft enorm geholpen de oversteek tussen deze disciplines mogelijk te maken. Het ontsluiten en visualiseren van 3D-gegevens van onder- en bovengrond bleek hierin cruciaal.
- Het traject heeft aangetoond dat het mogelijk en werkbaar is gegevens van boven- en ondergrond zowel in 2D als in 3D in één omgeving te integreren.
- Gebruik van het stelsel van basisregistraties is van directe meerwaarde. Als gevolg van de opzet van het stelsel konden de gegevens betrekkelijk eenvoudig en snel worden geïntegreerd in de 3D-dataroom
- Realisatie van de 3D-dataroom ondersteunt ook andere vormen van 3D-gebruik als virtual reality en omgevingsmanagement.
- Dit alles was niet mogelijk geweest zonder gebruikmaking van de BRO

Het implementatietraject heeft een aantal vragen voor de toekomst blootgelegd. Vanuit de discussies over gebruik is duidelijk geworden welke ontwikkelingen uitgewerkt dienen te worden om het rendement van de 3D-dataroom verder te benutten. Dit biedt waterschappen met vergelijkbare versterkingstrajecten kansen ook hun opgave effectiever invulling te geven. Het betreft de volgende ontwikkelingen:

- Het de facto gebruik van de 3D-dataroom bij Stichtse Rijnlanden leidt tot vragen en inzichten die zorgen voor aanscherping van de use cases, zodat het gebruik van de 3D-dataroom volledig wordt ingebed in het primaire proces dijkversterking.
- De informatieuitwisseling met ketenpartners, met name de ingenieursbureaus krijgt verder gestalte. De informatie life cycle van dijkversterkingstrajecten is nooit eerder ontworpen. Dit gaat gebeuren. De 3D-dataroom staat niet op zichzelf maar is een belangrijke component in deze life cycle. Het ketenprocesdenken zoals dat bijvoorbeeld door provincies wordt toegepast is een nadrukkelijke casus voor verder onderzoek naar dit aspect. Dit punt kan niet los gezien worden van het eerste punt 'inbedding in het primaire proces.'

-
- De verfijning van het ondergrondmodel door TNO is veelbelovend. Naarmate er meer data beschikbaar is blijkt het opstellen een verfijnder model van de ondergrond steeds realistischer. Deze ontwikkeling wordt niet alleen gestuwd door de beschikbaarheid van meer data, ook een beter begrip van het ontstaan van de ondergrond en nieuwe technieken brengen de komst van een verfijnder ondergrondmodel dichterbij
 - De ontwikkeling hiervoor kan het op termijn mogelijk maken dat het opstellen van sommen met rekeninstrumentarium als bijvoorbeeld het WBI sneller en gemakkelijker gaat. De data-acquisitie voor dergelijke sommen is zeer intensief. Het ligt voor de hand dat verfijndere ondergrondmodellen het makkelijker en sneller opstellen van dergelijke sommen een serieuze boost gaan geven.
 - In het implementatietraject is een eerste rudimentaire koppeling gelegd tussen BIM en GIS. Dit is hoopvol en belangrijk; immers als ingenieurs en deskundigen van ondergrond een zinnige dialoog met elkaar willen voeren geldt dat ook voor hun instrumentarium. BIM en GIS hoeven daarbij elkaars standaarden niet over te nemen. De uitvoering van deze gedachte zou te diep ingrijpen in reeds uitgekristalliseerde processen en systemen. Het opstellen van een uitwisselstandaard tussen BIM en GIS volstaat. Dit is praktischer en realistischer.

Bijlage 1: Dikes, levees and dams

Bron: Onderzoeksplan 2018 van Deltares, paragraaf 2.1 Flood Risk, pagina 11

Het programma Dikes, Levees and Dams ontwikkelt kennis en tools voor beoordelen, ontwerpen en beheren van waterkeringen. De focus in het programma is enerzijds de implementatie van de overstap naar de nieuwe normering op overstromingsrisico's op dijktrajectniveau, en anderzijds de zorgplicht van de beheerder voor waterkeringen. Er wordt samengewerkt met verschillende partners voor het ontwikkelen van kennis waardoor de voordelen van de nieuwe normering en de zorgplicht beter kunnen worden benut.

Samen met waterschappen en het hoogwaterbeschermingsprogramma wordt gewerkt aan onderwerpen als bewezen sterkte, risicogestuurd monitoren, integraal ontwerpen van waterkeringen, en het handen en voeten geven aan de zg. trajectvisie. Ook wordt gekeken naar het gebruik van voorlanden voor waterkeringen. Samen met de markt en waterschappen en met een internationaal consortium wordt gekeken op welke wijze het assetmanagement van waterkeringen, waaronder de investeringsprogramma's, de levensduurbenadering en de zorgplicht, kan worden vormgegeven als onderdeel van het integraal ontwerpen ervan.

Samen met vooral de nationale universiteiten en in het NKWK-waterkeren wordt ingezet op de kennisontwikkeling die op middellange termijn nodig is om zoveel mogelijk waterveiligheid per euro te realiseren. Hierbij zetten we in op onderwerpen als reststerkte, het effect van de heterogeniteit in de ondergrond, de tijdseffecten op de stabiliteit van waterkeringen, multifunctionaliteit, risk based inspection, en risico analyse en governance van waterkeringssystemen. Tevens wordt ingezet op enkele publicaties over Full Scale Tests.

Bijlage 2: Verslag Workshop Piping

Nieuwegein, 17 mei 2018

Deelnemers: Huub van Dijk, Marc Hijma, Ruud Hoogendoorn, Vera van Beek (allen Deltares), Luc Kohsiek (HHS Hollands Noorderkwartier), Leon Nieuwland (HHS Stichtse Rijnlanden), Rubio Vaughan & Peter de Graaf (beiden Geodan, laatstgenoemde auteur verslag)

Leon Nieuwland leidt de workshop in met een algemene presentatie over het project Sterke Lekdijk: Kun je het geologisch model van de ondergrond goed neerzetten? Daar ligt de uitdaging!

Er wordt gesteld dat het goed is ten allen tijde te beginnen met een deterministisch model, maar dan moet je het wel over eens zijn (gestolde kennis), waar je het niet weet kun je stochastische technieken inzetten. De bandbreedte kan daardoor wel groter worden, dat moet je vervolgens afdekken met het ontwerp.

Marc verzorgt een workshop over het huidige begrip van piping. Het model van Sellmeijer doet uitspraken over het optreden van piping. De hiervoor gebruikte parameters zijn onder andere kwelweglengte, potentiaal en hydraulische doorlatendheid. Proeven die met homogeen samengestelde pakketten zijn uitgevoerd laten zien dat de modeluitkomsten weinig zeggend zijn. De marge kan wel oplopen tot plus of min 100%. Proeven met iets minder homogene samenstellingen laten zien dat de heterogeniteit op kleine schaal erg bepalend is voor het al dan niet optreden van piping.

Het lastige is dat er weinig proven evidence is in de vorm van opgetreden falen in dijken. De doorbraak bij Tholen wordt echter wel redelijk algemeen aan piping toegeschreven.

Ruud toont de casus met behulp van de CT-scan van de dijk en ondergrond bij de Hoornse Hop: Daarbij zijn er de volgende observaties:

- Geofysisch onderzoeken: goede onderzoeksanpak opstellen, combineren van methodes, bijvoorbeeld voor het opsporen van laagscheidingen
- GEO-top is de enige standaard voorziening voor 3D
- Onzekerheid tussen puntmetingen verkleinen.

De Markermeerdijken zijn op zeven plaatsen afgegraven om inzicht op te doen in de opbouw van de dijk. De heterogeniteit is namelijk van invloed op de berekening. Elke individuele dijkdoorbraak is anders opgevuld Hoe krijg je daar data van? Zijn cultuurhistorische bronnen hiervoor geschikt? Dit is ook van belang voor de Lekdijk.

In de discussie komt het element benadering van de opbouw van het geologisch model vaak terug. Moet de insteek deterministisch zijn of stochastisch. De groep heeft de overtuiging dat de deterministische werkwijze in beginsel de voorkeur heeft. Die maakt dat je begrijpt wat er gebeurt. Vaak echter zal als gebrek aan dat deze wijze niet gevolgd kunnen worden. Dit leidt tot de voorzichtige conclusie dat op plaatsen waar het kan deterministisch gewerkt zou moeten worden,

terwijl op plaatsen waar dat niet het geval is (dat zijn plaatsen waar je het niet begrijpt) een stochastische benadering overwogen kan worden. Het blijkt lastig om SOS lokaal te verfijnen, eigenlijk verder verfijnen t.b.v. beoordeling, daar mist slagkracht.

Overige relevante punten:

- Maak kaarten die bevatten hoe ver het zand de polder inloopt (met inbegrip van diepte).
- Betrek de invloed van het voorland.
- Veel areaal hoort eigenlijk niet op het HWBP.
- Betrek de invloed (dikte en samenstelling) van de deklaag.
- Deltares (via Vera van Beek) bezit een database met zandvoerende wellen.
- Falen vanuit macrostabiliteit geschiedt vooral in het dijklichaam zelf.
- Falen vanuit piping geschiedt vooral als gevolg van factoren in de ondergrond.
- Hoe zit het met de heterogeniteit in het geotechnisch dwarsprofiel (Michiel Bartels).
- Laura Taal heeft een uiterwaardenkaart ontwikkeld.
- Wat is er ooit in de ondergrond geroerd, wat is de exacte opbouw van het dijklichaam ?
- Hoe zit het met de invloed van breuken op falen?
- De maximale berm lengte kan nooit verder dan zandlaag binnendijs loopt.
- Cold cases: Neem de eigenschappen van de grond mee.
- Karteer de cold cases; gebruik historische bronnen.
- Let op met bewezen sterkte in heterogene situaties als de invloed van de condities onbekend is.
- Het lijkt een misvatting dat het voorland dicht moet zijn om piping te voorkomen. Intreeweerstand is bepalende factor, maar is moeilijk te meten. Zit dit in POV Piping en/of voorlanden?
- De richting van de afzettingen (binnenbocht, buitenbocht, kronkelwaard etc.) speelt een rol in het optreden van piping.
- Zijn de infrarood opnames door F16's uit 1995 ter beschikking te krijgen?
- Des te verder naar het westen, des te minder speelt piping een rol.
- Eerst deterministisch profielen maken, dan 3D-geometrie maken. Later kunnen onzekerheden eventueel stochastisch benaderd gaan worden.
- Piping lijkt een relatie te hebben met de diepte waarop de ingesneden rivier zich bevindt, de variatie in dikte deklaag binnen en buitendijs en de variatie in korrelgrootte.
- Gebruik (en karteer/ modelleer) de 3D-geometrie (stroomruglichaam) en geen Geotop. Dit laatste is te grof.
- Stel de grens waarbinnen je werkt op 500 meter aan weerszijden van de dijk.

Drie voorkomens lijken relevant voor dijkfalen:

1. Opbouw van de ondergrond (wel of geen zandbanen)
2. De opbouw van de dijk zelf
3. Historische data (is ie eerder gebroken, zitten er anomalieën in het dijklichaam)

Een model voor piping zou onderstaande elementen moeten bevatten. Deze zijn kaderend bedoeld:

- Waar hoeft geen piping verwacht te worden;
- Waar kan mogelijk piping verwacht worden;
- Waar is piping waarschijnlijk en welke maatregelen zijn vervolgens gepast.

Bijlage 3: Werkwijze inlezen BIM (Civil3D-bestanden)

Voor het inlezen van de BIM bestanden met daarin Civil3D dijkontwerpen in ArcGIS zijn twee inleesmethodes onderzocht. De benodigde stappen voor elke methode worden hieronder beschreven net als de voor- en nadelen van elke methode. Gezien het feit dat het inlezen van BIM in GIS nieuw is, wordt verwacht dat er nog stappen kunnen worden gemaakt in het versimpelen van het proces. Daarnaast gaat er op dit moment bij beide inleesmethodes nog informatie verloren in de conversie van Civil3D naar ArcGIS Pro (het verschilt per methode welke informatie verloren gaat). Met meer onderzoek kan worden onderzocht welke stappen kunnen worden toegevoegd aan het inleesproces om het informatieverlies te beperken.

Methode 1: Export DWG en import in ArcGIS Pro

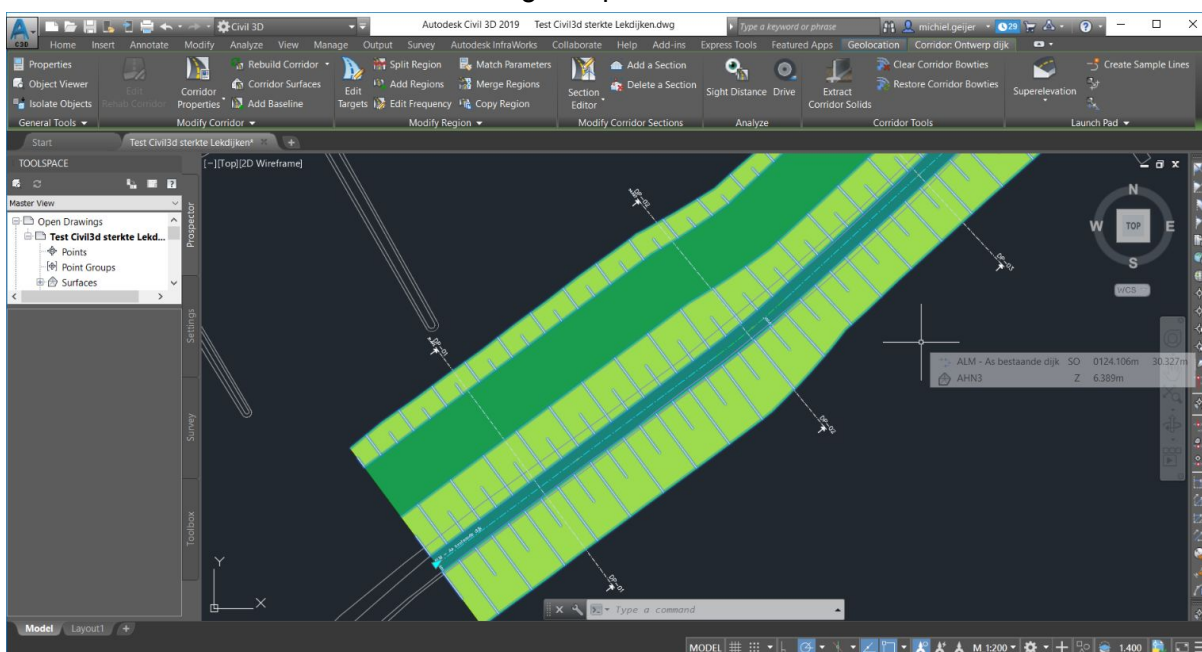
Deze methode behandelt het exporteren van het Civil3D BIM-model en het inlezen in ArcGIS Pro.

Het voordeel van deze methode is dat de attribuu informatie van de verschillende onderdelen van de dijk na het inlezen zichtbaar is in ArcGIS Pro. Hierdoor is informatie zoals naamgeving, type bekleding, volumeberekeningen etcetera beschikbaar binnen de 3D Data Room.

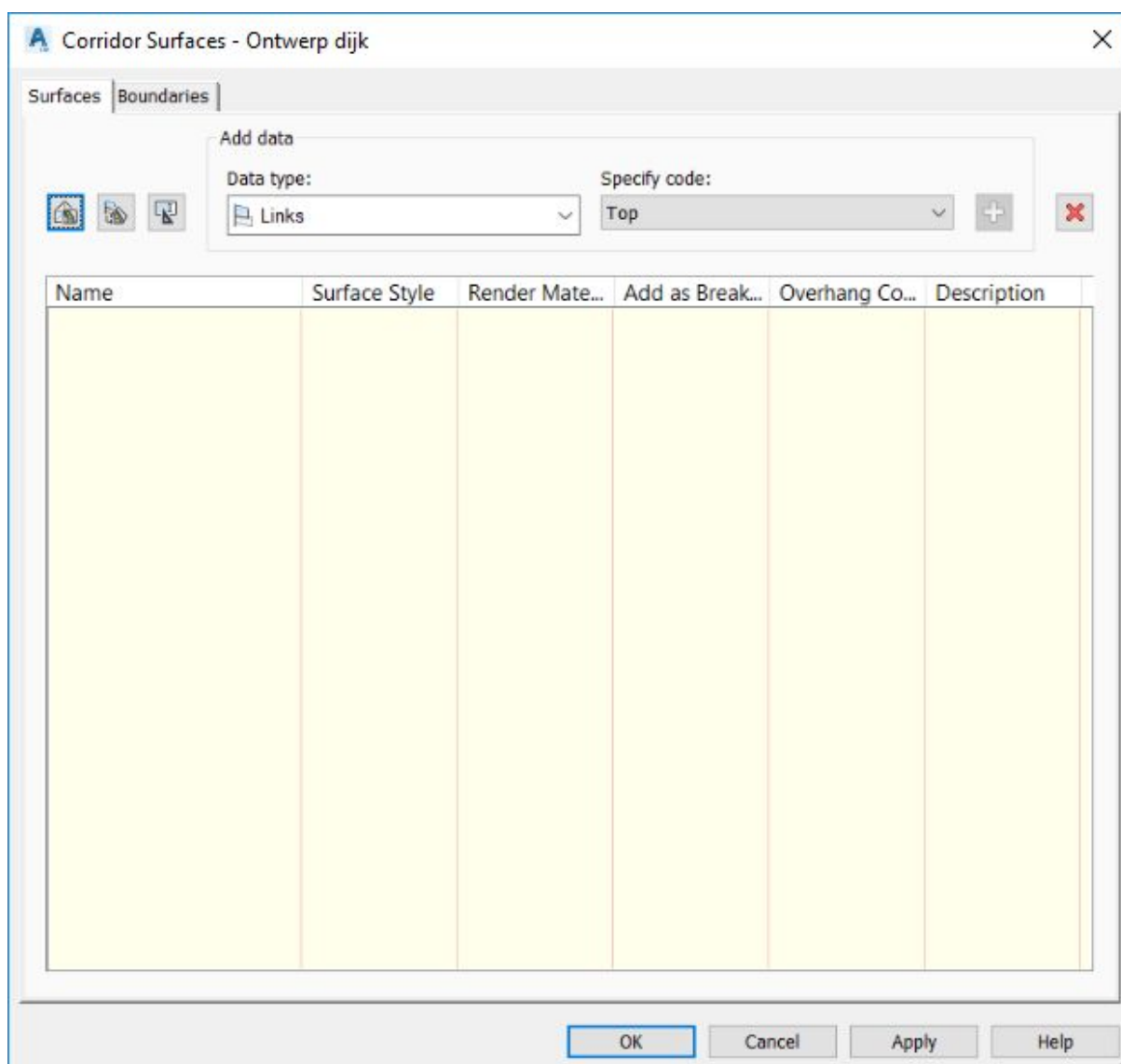
Het nadeel van deze methode is dat zo alleen vlakken aangemaakt kunnen worden. Dit betekent dat alleen de oppervlaktes van de verschillende dijkonderdelen worden weergegeven. Dat zijn geen solide volumes.

Proces:

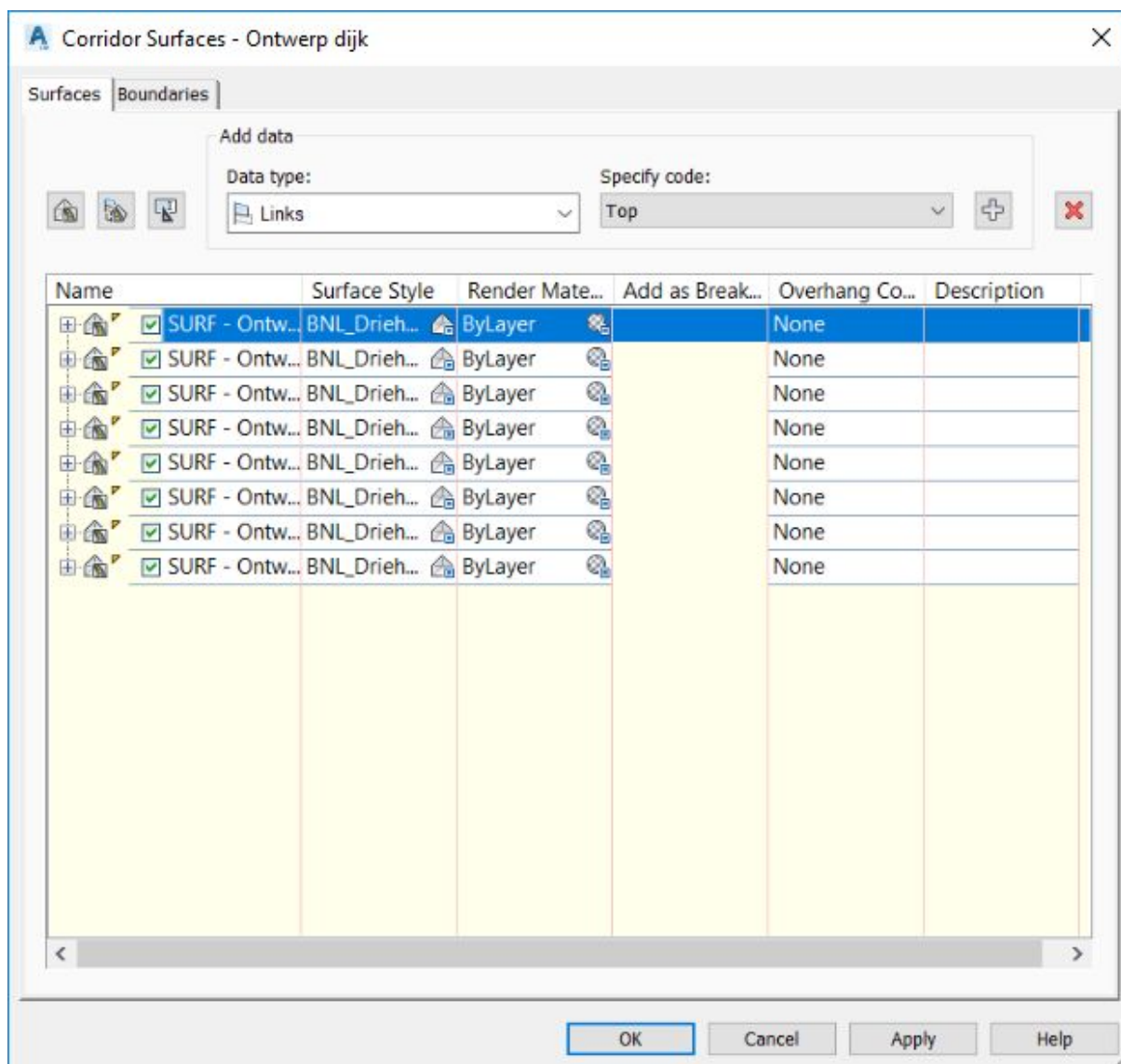
1. Open het dijkontwerp in Civil3D
2. Selecteer de corridor -> de corridor tool gaat open



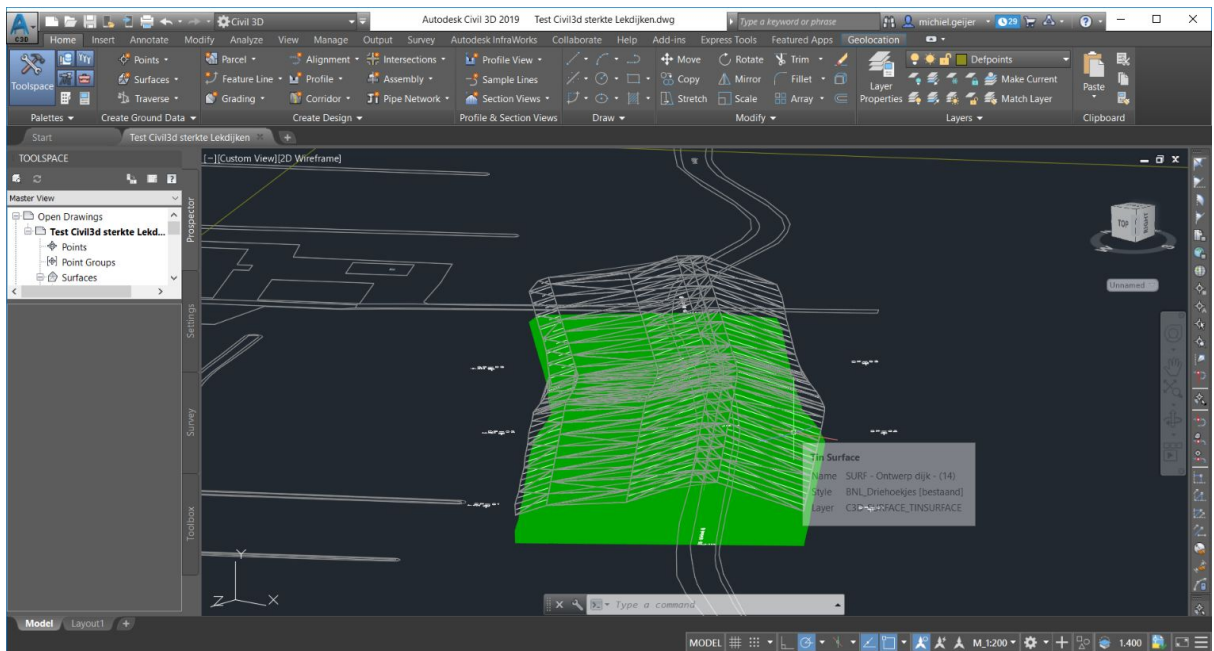
3. Selecteer Corridor Surfaces



4. Selecteer de middelste optie 'create surfaces for each link' -> zorg ervoor dat alleen de benodigde surfaces worden aangevinkt.



5. Zorg ervoor dat de stijl niet op 'Niets weergeven' staat
6. Klik op 'Rebuild corridor' wanneer hierom wordt gevraagd



7. Verwijder alle omgevingsinformatie zodat alleen het dijkontwerp over blijft
8. Sla het project op als DWG

Inlezen in ArcGIS Pro:

1. Laad de zojuist opgeslagen DWG
2. Ungroup multipatch
3. Project
4. 3D Layer To Feature Class
5. Create Scene Layer Package

Methode 2 - IFC formaat

Het is in Civil3D ook mogelijk om het dijkontwerp in IFC formaat te exporteren. Het voordeel van deze methode is dat dit formaat ook met volumes (solids) kan werken waardoor de laagopbouw van de dijk ook daadwerkelijk als een volume kan worden gevisualiseerd in plaats van een oppervlak. Daarnaast komen ook de kleuren van de volumes overeen met de kleuren uit het dijkontwerp. Het nadeel van deze methode is dat de attribuuttabel van dit formaat niet wordt ondersteund waardoor de attribuut informatie niet kan worden ingezien in de 3D Data Room.

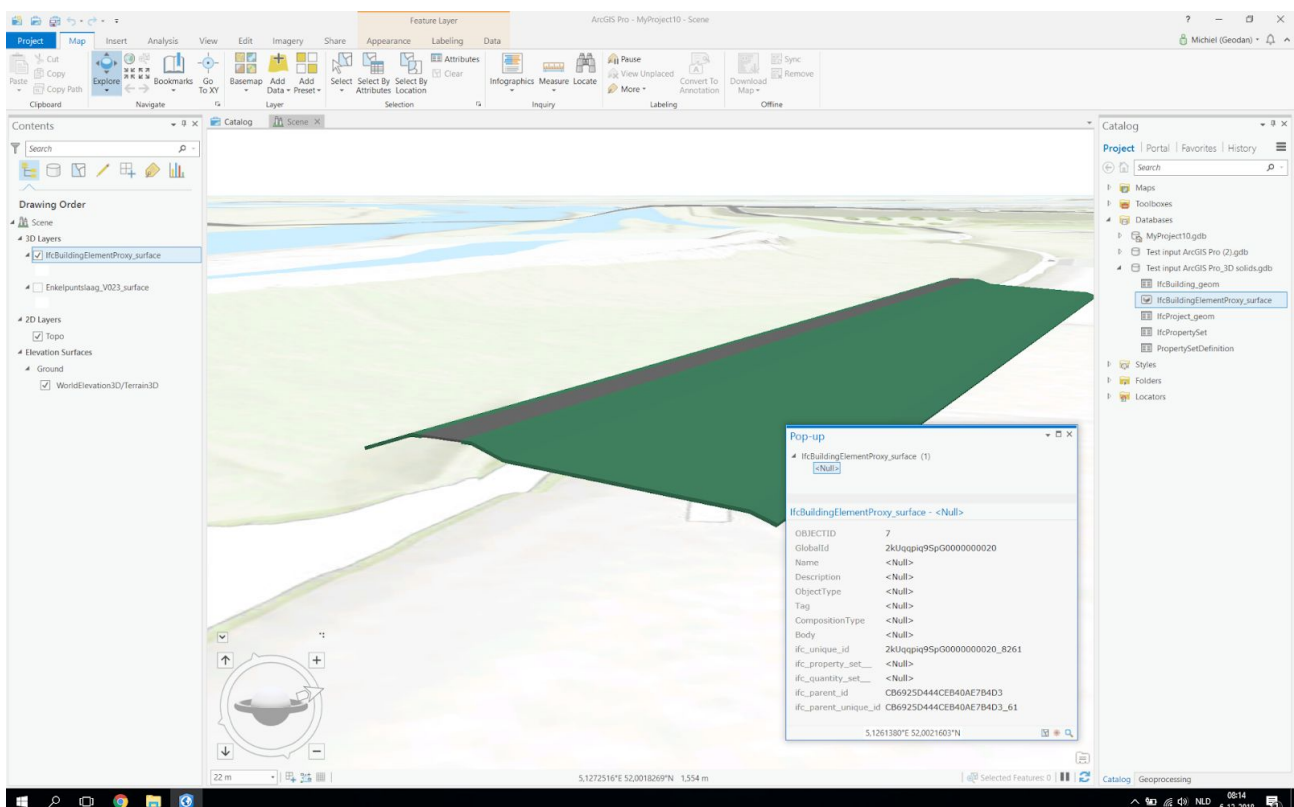
Proces

Civil3D:

1. Verwijder alle omgevingsinformatie zodat alleen het dijkontwerp overblijft
2. Sla het project op als IFC

ArcGIS Pro - Let op: hiervoor is de data interoperability extension nodig:

3. Open tools
4. Selecteer de tool 'CAD to Geodatabase'
5. Selecteer het IFC bestand als input
6. Selecteer een output locatie
7. Start de conversie
8. Laadt de Geodatabase in ArcGIS Pro
9. Voeg de laag toe aan de Viewer



Bijlage 4: Analyse afhankelijkheid City Engine

Van alle use cases is getoetst of zij voor realisatie afhankelijk zijn van de inzet van City Engine. Dit heeft geleid tot de onderstaande bevindingen. Op grond hiervan is bepaald dat inzet van City Engine voor realisatie van de use cases niet opportuun is.

- Koppeling met de BRO kan met ArcGIS Pro. Daarnaast ondersteunt CityEngine geen puntenwolken. ArcGIS Pro ondersteunt deze wel met de LAS dataset layer en is ook te delen met ArcGIS Online. Meer info: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/mapping/layer-properties/point-cloud-scene-layer-in-a-rcgis-pro.htm>
- Bewerkingen en mutaties zijn niet mogelijk in CityEngine. In ArcGIS Pro is dit allemaal wel mogelijk. Het ondersteunen van FME kan ook in ArcGIS Pro. Voorwaarde is dat je beschikt over een data interoperability license. Meer info: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/data-interoperability/fme-workbench-essentials.htm>
- Het delen van data gaat veel beter met ArcGIS Pro dan met CityEngine.
- Het maken van een doorsnede wordt ondersteund in ArcGIS Pro 2.2. Daarin zal het opmaken van doorsnedes ook mogelijk zijn
- Toevoegen van informatie aan de doorsnede zal naar inschatting mogelijk zijn in de nieuwe
- Omgevingsmanagement: VR wordt ondersteund door Esri met de ArcGIS 360 VR App. Voor AR lijkt AuGeo iets te zijn, maar dat zou verder onderzocht moeten worden (<https://github.com/Esri/AuGeo>)
- Faalmechanismen: Hier lijkt geen CityEngine voor nodig te zijn. Om de waarden uit de drie (piping, overslag en stabiliteit) te visualiseren zouden we gebruik kunnen maken van Operations Dashboard (<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/apps/decision-support/some-example-operation-s-dashboard-for-arcgis-apps-resources/>)
- Veel gebruikte formaten vanuit BIM als COLLADA en IFC zijn bruikbaar met de data interoperability extensie in ArcGIS Pro. City Engine voegt hier niets toe

Bijlage 5: Overzicht van ontwikkelde scripts

Naam script	Referentie	Opmerkingen
gefbores2shp.py	Paragraaf 5.3 Historische boringen	\\Selene\project\IT\GEO.P01001 - Blueprint BRO, Sterke Lekdijk\Scripts\Historische_Boringen
GEF_Sonderingen_to_3D_Multipatch	Paragraaf 5.3 Sonderingen	
Boringen_to_3D_Multipatch	Paragraaf 5.3 Boringen	
Python startupscript	Paragraaf 5.3 GeoTOP	FME workbench die voorafgaand aan de processen in de workbench wordt gedraaid) en omgezet naar shapefile. In de workbench wordt deze ingeladen en omgezet naar 3D multipatch.
BerendsenTo3D.fmw	Paragraaf 5.3 Berendsen dataset	

Bijlage 6: Overzicht Registratieobjecten BRO

Tranche 1	Registratieobject
<i>In werking op 1 januari 2018</i>	Geotechnisch sondeonderzoek
	Booronderzoek - Bodemkundige Boormonsterbeschrijving
	Grondwatermonitoringput
	<i>Mijnbouwwetvergunning*</i>
Tranche 2	
<i>In werking op 1 januari 2020</i>	Booronderzoek - Geotechnische Boormonsterbeschrijving
	Booronderzoek - Geotechnische Boormonsteranalyse
	Wandonderzoek - Bodemkundige wandbeschrijving
	Bodemkaart
	Geomorfologische kaart
	REGIS II (Hydrogeologisch model)
	GeoTOP
	DGM (Digitaal Geologisch Model)
Tranche 3	
<i>In werking op 1 januari 2021</i>	Booronderzoek - Bodemkundige Boormonsteranalyse
	Booronderzoek - Geologische Boormonsterbeschrijving
	Wandonderzoek- Bodemkundige wandmonsteranalyse
	Grondwatermonitoringnet
	Grondwaterstandonderzoek
	Grondwatersamenstellingsonderzoek
Tranche 4	
<i>In werking op 1 januari 2022</i>	Booronderzoek - Cultuurtechnische boormonsterbeschrijving
	Booronderzoek - Cultuurtechnische boormonsteranalyse
	Booronderzoek - Geologische boormonsteranalyse
	Grondwatergebruikstelsel
	Grondwaterproductiedossier
	Kaart Grondwaterdynamiek
	DGM-diep