

HYDROLOGISCHE MODELSTUDIE VERDIEPTE LIGGING VUGHT

PHS Meteren - Boxtel

22 AUGUSTUS 2017
VERSIE: C, DEFINITIEF
PROJECTNUMMER: D01021.000175

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Doel	6
1.3	Leeswijzer	6
2	BELEID EN REGELGEVING	8
2.1	Europese Kaderrichtlijn Water (KRW)	8
2.2	Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)	8
2.3	Waterwet	8
2.4	Provinciaal Waterplan en Verordening water	9
2.5	Waterbeheerplan, keur en legger	9
3	WATERSYSTEEMANALYSE	10
3.1	Topografie & hoogteligging	10
3.2	Lokale bodemopbouw en geohydrologie	11
3.3	Oppervlaktewatersysteem	13
3.4	Grondwaterstanden en stijghoogten	16
3.5	Kwel en wegzijging	21
3.6	Onttrekkingen	22
3.7	Bodemverontreinigingen	23
4	RISICOANALYSE	25
5	MODELBSCHRIJVING	31
5.1	Gegevensbronnen	31
5.2	Modelopbouw	31
5.3	Uitgangspunten	32

5.4	Randvoorwaarden en variabelen	32
5.5	Software	33
6	MODELRESULTATEN	34
6.1	Gevoeligheidsanalyse	34
6.2	Kalibratie (basismodel 2008-2016)	36
6.3	Geldigheidsgebied en verantwoording	38
7	EFFECTEN OP DE OMGEVING	39
7.1	Scenario 0	40
7.2	Scenario 1	41
7.3	Scenario 2	42
7.4	Scenario 3	44
8	MONITORINGSPLAN	46
8.1	Monitoringsdoel	46
8.2	Uitgangspunten	47
8.3	Coördinatie en beheer	47
8.4	Meetfrequentie, analyse en evaluatie	48
8.5	Grenswaarden en maatregelen	49
8.6	Kosten oprichting en beheer	49
9	CONCLUSIE	57
	BIJLAGEN	59

BIJLAGEN

BIJLAGE A LOKALE BORINGEN DINOLOKET (SELECTIE)	60
BIJLAGE B OVERZICHT VERDACHTE ACTIVITEITEN	61
BIJLAGE C BODEMONDERZOEKEN ONVERDACHTE LOCATIES	63
BIJLAGE D LOCATIES MET ONDERGRONDSE TANKS	65
BIJLAGE E KOSTEN MEETNET/EENHEIDSPRIJZEN	66

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

ProRail is voornemens een verdiepte ligging van het spoor in de gemeente Vught te realiseren. Deze verdiepte ligging bestaat uit een betonnen spoorbak. De plannen maken onderdeel uit van het project PHS Meteren-Boxtel.

Van grote(re) infrastructurele, ondergrondse voorzieningen (zoals de toekomstige verdiepte ligging van het spoor in Vught) is bekend, dat deze een structureel effect kunnen hebben op het diepe(re) grondwatersysteem en daarmee eveneens op het oppervlaktewatersysteem. Dit geldt voor zowel kwantitatieve als kwalitatieve wateraspecten. Of en in welke mate dergelijke effecten in Vught optreden, kan met behulp van een geohydrologische modelstudie vooraf inzichtelijk gemaakt worden. Vanwege deze reden is er een modelstudie uitgevoerd, waarin de mogelijke permanente effecten op grondwaterstanden en grondwaterstroming kwantitatief is bepaald.

1.2 Doel

Het doel van de studie is een inschatting te maken van de permanente hydrologische effecten van de verdiepte spoorbak in Vught. De tijdelijke situatie in de periode van uitvoering is niet doorgerekend en maakt geen onderdeel uit van de studie.

De volgende drie scenarioberekeningen zijn uitgevoerd:

- Scenario 0: huidige situatie (gekalibreerd model ~ 'referentie' model);
- Scenario 1: verdiepte spoorbak;
- Scenario 2: verdiepte spoorbak zonder vlakdekkende aanwezigheid Bostel klei;
- Scenario 3: verdiepte spoorbak met kwelsituatie.

De scenario's zijn uitgebreider toegelicht in hoofdstuk 7.

Als resultaat zijn de verschilsituatie gegeven. De verschilsituaties kwantificeren de grondwatereffecten van de verschillende varianten.

Het modelresultaat is gebruikt om de in kaart gebrachte knelpunten en risico's te beoordelen. Op basis van de opgedane kennis is een meetnet ontworpen. Met dit meetnet wordt "nul-situatie" vastgelegd en kunnen de verwachte effecten door de aanleg van de verdiepte spoorbak in een vroeg stadium inzichtelijk worden gemaakt. Hierdoor kan er vroegtijdig worden ingegrepen en indien gewenst kan het grondwatermodel in latere onderzoeksfases verbeterd worden met aanvullende informatie en een gedetailleerder ontwerp om de potentiële effecten te herberekenen. Dit laatste valt buiten de scope van dit onderzoek.

1.3 Leeswijzer

Om de geohydrologische impact van de verdiepte spoorbak in beeld te brengen is in overleg met Waterschap De Dommel een aanpak bepaald. Hierin zijn door het uitvoeren van de volgende stappen, de mogelijke risico's in kaart gebracht en getoetst:

1. Risicoanalyse op basis van watersysteemkennis en lokale knelpunten. Op basis van deze informatie zijn potentiële knelpunten in kaart gebracht.
2. Geohydrologische modelberekening van potentiële grondwaterverandering als gevolg van het aanleggen van de verdiepte bak tot in het watervoerend pakket (eindsituatie).
3. Het modelresultaat is gebruikt om de in beeld gebrachte knelpunten en risico's te beoordelen.
4. Op basis van de opgedane kennis is een meetnet ontworpen, zodat de verwachte effecten van een eventuele barrièrewerking van een verdiepte bak in een zo vroeg stadium inzichtelijk worden gemaakt.

Effecten op oppervlaktewater zijn beschreven in “Effecten en oplossingen voor riolering en waterhuishouding Vught (Kenmerk: MB21406-02-04_VA)”. In onderliggende rapportage zijn de risicoanalyse, de geohydrologische modelstudie, de beoordeling van de knelpunten en een nieuw ontworpen meetnet opgenomen (stap 1 t/m 4).

De risicoanalyse komt overeen met de rapportage die in een eerdere fase is opgesteld (Watersysteembeschrijving Vught, kenmerk MB21406-02-01, februari 2017, versie A). De eerder opgestelde rapportage komt hiermee te vervallen. De uitgangspunten die zijn opgenomen in de eerder opgestelde uitgangspuntennotitie (Uitgangspuntennotitie geohydrologische effectbepaling Vught, kenmerk MB21406-02-02, februari 2017, versie A) zijn door de tekst heen verwerkt in onderliggende rapportage.

In hoofdstuk 2 is het waterrelevante beleid en regelgeving vermeld. In hoofdstuk 3 is de watersysteemanalyse beschreven waarbij mogelijke knelpunten en risico's zijn benoemd. De knelpunten en risico's zijn opgenomen in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 zijn de uitgangspunten en randvoorwaarden voor de grondwatermodellering beschreven. De gevoeligheidsanalyse, kalibratie, validatie en scenarioberekeningen zijn beschreven in hoofdstuk 6. De resultaten van de scenarioberekeningen zijn opgenomen in hoofdstuk 7. Op basis van de risicoanalyse en modelresultaten is een concept monitoringsplan bijgevoegd in hoofdstuk 8. In hoofdstuk 9 zijn de conclusies samengevat.

2 BELEID EN REGELGEVING

2.1 Europese Kaderrichtlijn Water (KRW)

De KRW stelt eisen aan de chemische kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de ecologische kwaliteit van oppervlaktewater. Onder regie van de waterschappen is per waterlichaam bepaald wat de knelpunten en de KRW-doelen zijn. Waterschap en gemeenten leggen de KRW-maatregelen in bestuurlijke besluiten vast. De maatregelen zijn opgenomen in de "deelstroomgebiedsbeheersplannen" voor de Maas en de Schelde. De KRW is vanaf 2000 in Europa van kracht en in 2005 geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving. Van belang is dat bij initiatieven tenminste voldaan wordt aan het 'stand-still principe'. Dit houdt in dat een ingreep (uitvoering van het ruimtelijk plan) de toestand van het watersysteem niet mag verslechteren.

Om dit te bereiken dienen in relatie tot de KRW de volgende vragen te worden beantwoord:

1. Is het project riskant?
2. Zijn er relevante chemische gevolgen?
3. Biedt de ontwikkeling kansen om het ecologisch doel dichterbij te brengen?

2.2 Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)

Het NBW is doorgevoerd in de provinciale en regionale beleidsplannen. Relevante aspecten uit het NBW zijn:

- Toepassen van de watertoets als procesinstrument op alle waterhuishoudkundig relevante ruimtelijke plannen en besluiten. Het doel van de watertoets is waarborgen dat waterhuishoudkundige doelen expliciet en op evenwichtige wijze in beschouwing worden genomen.
- Toepassen van de trits vasthouden-bergen-afvoeren, met als eerste insteek het vasthouden van water.
- Toepassen van de trits schoonhouden - zuiveren - schoonmaken, met als eerste insteek het voorkomen van vermenging van schoon hemelwater van dakvlakken en afvalwater en het gebruik van bijvoorbeeld een bodempassage voor hemelwater van druk bereden straatvlakken.
- Wateropgave (de benodigde bergingscapaciteit voor het opvangen van pieken in neerslag) bepalen aan de hand van de NBW-normen regionale wateroverlast. Voor stedelijk gebied geldt een norm van T=100 (bui die eens in de 100 jaar voorkomt). Voor glastuinbouw geldt een norm van T=50 (bui die eens in de 50 jaar voorkomt). En voor akkerbouw en grasland geldt respectievelijk T=25 en T=10.

2.3 Waterwet

Op 22 december 2009 is de Waterwet in werking getreden. Acht bestaande wetten voor het waterbeheer in Nederland zijn vervangen door deze Waterwet en de zes verschillende vergunningen zijn opgenomen in één vergunning. De Waterwet regelt het beheer van oppervlaktewater en grondwater, en verbetert ook de samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. Een belangrijk doel is het klimaat adaptief en klimaatbestendig maken en wateroverlast zoveel mogelijk te beperken.

Een belangrijke verandering na het in werking treden van de Waterwet is de onderverdeling in het bevoegde gezag met betrekking tot directe en indirecte lozingen. Alle indirecte lozingen vallen onder het bevoegde gezag voor de Wet Milieubeheer (gemeente en provincie). Alle directe lozingen vallen onder het gezag van de Waterwet (waterschappen voor de regionale wateren en Rijkswaterstaat voor de Rijkswateren). Een Watervergunning is nodig voor:

- Werken in, aan en in de nabijheid van oppervlaktewater (bijvoorbeeld leggen van kabels, verlagen maaiveld).
- Het onttrekken/(weer) lozen van grondwater tijdens bouwwerkzaamheden.
- Het lozen van regenwater van verhard dak- en terreinoppervlak direct of via een retentie/infiltratievoorziening in oppervlaktewater.
- Werkzaamheden in of nabij waterkeringen.

2.4 Provinciaal Waterplan en Verordening water

Het project PHS Meteren-Boxtel ligt in de provincies Gelderland en Noord-Brabant. De Provinciale Waterplannen bevat het strategische waterbeleid van de provincies Gelderland en Noord-Brabant voor de periode 2010-2015. De nieuwe waterplannen hebben een looptijd van 2016 tot 2021. Het plan doorloopt samen met de plannen van het Rijk en de waterschappen een 6-jarige beleidscyclus die is afgestemd op de verplichtingen uit de Kaderrichtlijn Water. Naast beleidskader is het Provinciaal Waterplan ook toetsingskader voor de taakuitoefening van lagere overheden op het gebied van water. Het plan is tevens beheerplan voor grondwateronttrekkingen. Bovendien is het plan structuurvisie voor het aspect water op grond van de nieuwe Wet ruimtelijke ordening.

Noord-Brabant en Gelderland hebben beide een Verordening water. Hierin zijn regels opgenomen voor het waterbeheer door de waterschappen. Zo zijn er normen gesteld voor de regionale waterkeringen en voor wateroverlast. De waterschappen moeten ervoor zorgen dat de keringen en de capaciteit van het watersysteem hieraan voldoen. Ook zijn in de verordening voorschriften opgenomen voor de grondwateronttrekkingen waarvoor de provincie het bevoegd gezag is. Op de kaarten bij de verordening worden de beschermde gebieden waterhuishouding aangegeven en de natte natuurplek met de attentiegebieden daaromheen. De verordening is de formele basis voor de begrenzing van deze gebieden op perceelsniveau.

2.5 Waterbeheerplan, keur en legger

Het project PHS Meteren-Boxtel speelt zich af in de beheergebieden van de waterschappen Rivierland, Aa en Maas en De Dommel. Deze drie waterschappen hebben alle waterbeheerplannen vastgesteld. Deze plannen gelden voor de periode 2010-2015. De nieuwe waterbeheerplannen hebben een looptijd van 2016 tot 2021. In het waterbeheerplan geeft het waterschap onder andere aan wat de lange termijn doelstellingen voor het waterbeheer zijn. Het gaat hierbij om alle watertaken van het waterschap: waterkwantiteit (hoeveelheid), waterkwaliteit, waterkering (dijken) en waterketen (riolering en zuivering). Ook is aangegeven welk beleid gevoerd wordt voor water gerelateerde thema's en wat het waterschap in de planperiode wil doen om de doelstellingen te bereiken. In het waterbeheerplan zijn ook de doelstellingen en maatregelen verankerd om te kunnen voldoen aan de verplichtingen van de Kaderrichtlijn Water (KRW).

De keur van het waterschap is een verordening met wettelijke voorschriften die gelden voor alle oppervlaktewaterlichamen en keringen, op het gebied van waterkwantiteit en -kwaliteit, die in beheer zijn bij het waterschap. De keur is een aanvulling op de Waterwet met verschillende gebods- en verbodsbepalingen.

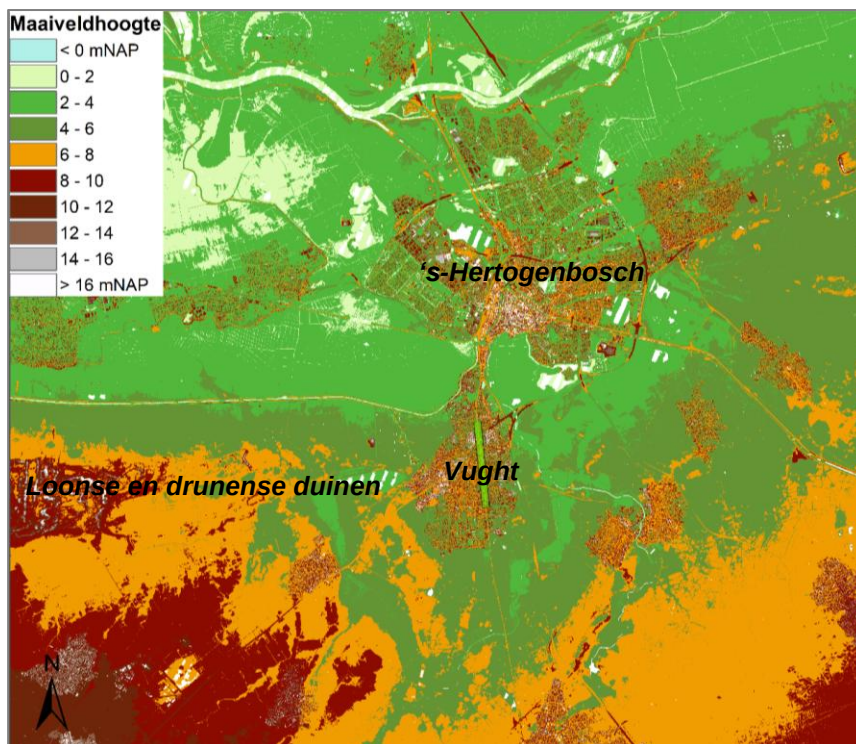
In de Waterwet is een specifieke verplichting opgenomen om een legger (de watersysteemlegger) op te stellen voor alle waterstaatswerken. In de legger legt het waterschap gegevens betreffende watergangen vast: van wie is deze en wie onderhoudt deze? Vaak worden ook de eigenschappen geregistreerd, zoals de breedte en/of het profiel van een watergang. Bij een legger hoort een stelsel kaarten, waarop de beheerde objecten zijn ingetekend.

3 WATERSYSTEEMANALYSE

3.1 Topografie & hoogteligging

Het plangebied voor de verdiepte ligging van het spoor ligt in de gemeente Vught. Vught is gelegen in het noorden van de provincie Noord-Brabant en ten zuiden van de stad 's-Hertogenbosch. Vught ligt in de overgangszone tussen het laaggelegen rivierengebied en hoger gelegen zandgronden. Het gebied ligt in het stroomgebied van De Dommel. Het lokale grond- en oppervlaktewatersysteem valt onder het beheer van Waterschap De Dommel.

Het maaiveldniveau in en rond Vught varieert van circa NAP +2,5 m tot NAP +8,0 m. Vanwege de overgang van hogere zandgronden naar het lager gelegen rivierengebied, loopt globaal gezien het maaiveld in noordwestelijke richting af. Het huidige spoor heeft een maaiveldhoogte rond de NAP +6,5 tot +6,8 m. Ten westen van Vught liggen de Loonse en Drunense Duinen met een maaiveldhoogte variërend van NAP +8,0 m tot op sommige plekken NAP +18,0 m.

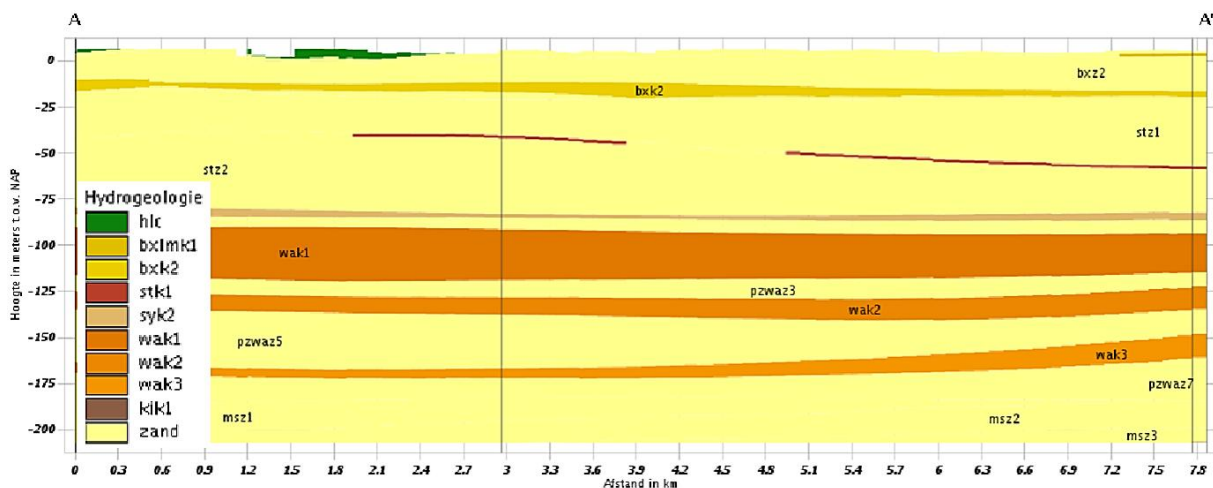


Figuur 1 | Maaiveldhoogte

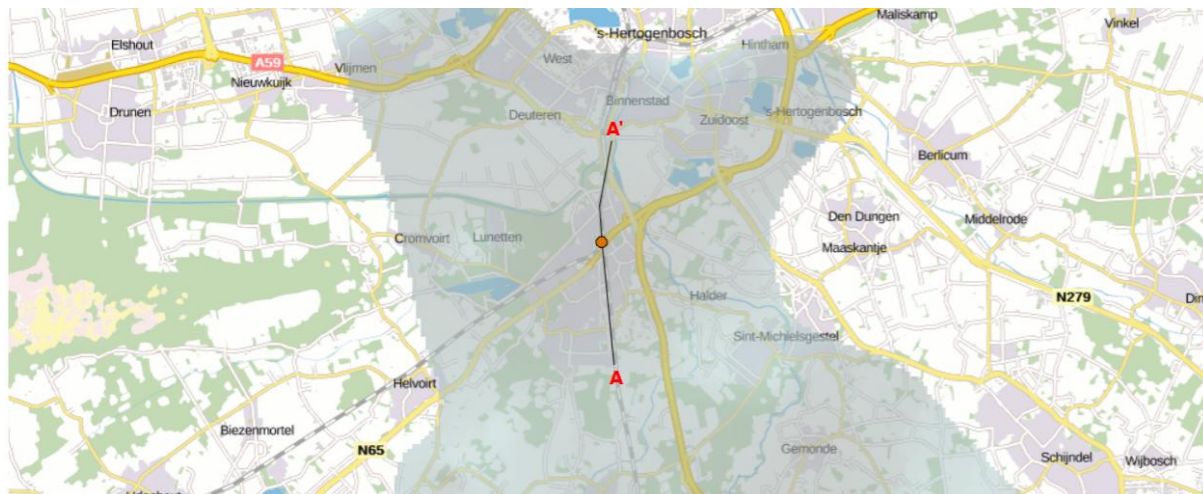
3.2 Lokale bodemopbouw en geohydrologie

Op basis van het geohydrologisch model REGIS II versie 2.1 is de globale bodemopbouw van de ondergrond rondom het projectgebied in kaart gebracht (Figuur 2). De deklaag heeft een dikte van circa 16 tot 20 m en bestaat overwegend uit fijn tot grof zand met mogelijk lokaal grovere inschakelingen of fijne afzettingen zoals dunne leem-, klei- of veenlagen.

Deze zandige eenheid, waarin zich het freatisch grondwater bevindt, behoort tot de Formatie van Bortel. Aan de onderkant van deze deklaag bevindt zich op een diepte van 20 m beneden het maaiveld (circa NAP -12 m) een slecht doorlatend pakket van circa 4 tot 8 m klei, die tevens behoort tot de Formatie van Bortel (tweede kleiige eenheid).

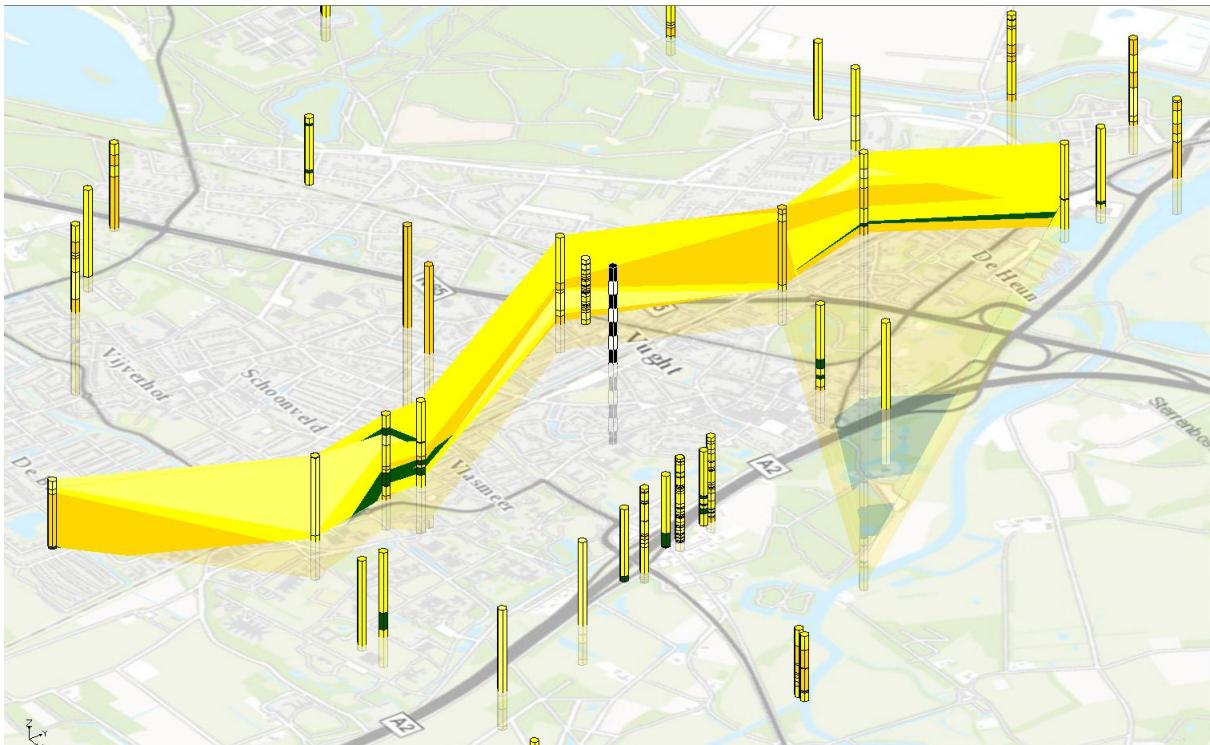


Figuur 2 | Globale bodemopbouw op basis van REGIS II v2.1 van TNO-Ondergrond. Hydrogeologische dwarsdoorsnede ter plaatse van het spoortracé.



Figuur 3 | De regionaal berekende dikte (2m) van de slecht doorlatende kleilagen van de Formatie van Bortel op basis van REGIS II v2.1 van TNO-Ondergrond.

Uit lokale boringen opgenomen in de BRO-database DINOLoket is echter af te leiden dat de Bostel kleilaag niet overal aanwezig is en vooral ten zuiden en westen van Vught voorkomt (Figuur 4). De dikte van deze laag - waargenomen bij boringen - varieert sterk van enkele decimeters tot enkele meters.



Figuur 4 | Dwarsdoorsnede op basis van lokale boringen uit de BRO-database DINOLoket aanvullend op de boringen gebruikt voor interpolatie van de hydrogeologie in REGISII v2.1 (geen=zand, groen=klei). De topografie is op NAP -25 m weergegeven (circa 5 m beneden Bostel klei). De verticale schaalbalk is in het midden van het tracé weergegeven (zwart/wit blok = 5 m).

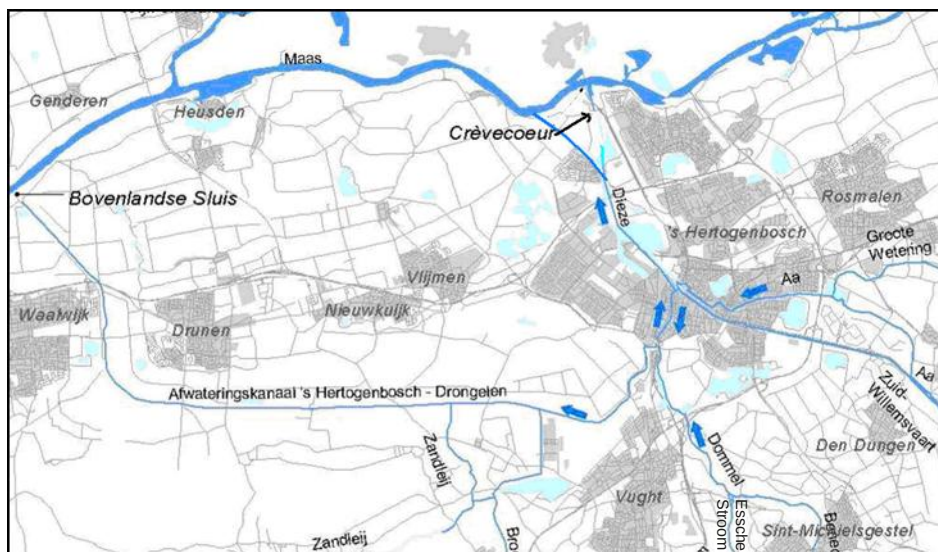
Onder dit slecht doorlatend pakket ligt het eerste watervoerende pakket, dat wordt gevormd door de Formatie van Sterksel. De eerste twee zandige eenheden van de Formatie van Sterksel bestaan voornamelijk uit fijn tot matig grof zand en reiken tot ongeveer NAP -85 m. Binnen deze formatie kunnen waterscheidende kleilagen voorkomen. In een waterscheidende laag overheerst de verticale grondwaterstroming en is de stroomsnelheid zeer gering. Binnen een watervoerend pakket overheerst de horizontale grondwaterstroming. Tussen verschillende watervoerende pakketten kunnen de stroomsnelheden sterk variëren, afhankelijk van het bodemmateriaal.

Een selectie van de lokale boringen uit de BRO-database DINOLoket zijn opgenomen in Bijlage A. Deze selectie is een 'dwarsdoorsnede' van de lokale bodemopbouw op basis van diepte (> 10 m diep) en ligging tot het tracé (circa 1 km). De overige boringen zijn ook meegenomen bij de interpretatie van de lokale bodemopbouw en zijn openbaar te raadplegen via www.dinoloket.nl.

3.3 Oppervlaktewatersysteem

Ligging (hoofd)watergangen regionaal systeem

De relevante hoofdwatergangen voor het regionale/provinciale watersysteem bij 's-Hertogenbosch en Vught zijn de Dommel, de Aa, de Dieze, de Essche Stroom en het Drongelens Kanaal. Deze watergangen voeren het water van een groot, zuidelijk, bovenstrooms gebied af richting de Maas in het noorden. De genoemde hoofdwatergangen zijn donkerblauw aangegeven in Figuur 5. Overige oppervlaktewateren zijn lichtblauw aangegeven in Figuur 5.



Figuur 5 | Hoofdwatersysteem in de omgeving van Vught en 's-Hertogenbosch, met de stromingsrichting (Bron: MER HoWaBo (Arcadis, 2008))

Lokaal oppervlaktewater- en rioleringssysteem Vught

Het lokale watersysteem van Vught bevindt zich ten westen van de Dommel en ten zuiden van het Drongelens Kanaal. Een deel watert af via het Drongelens Kanaal en een deel via de Essche Stroom. De Essche Stroom mondt ten zuiden van Vught uit in de Dommel. In Figuur 6 staan de leggerwatergangen van Waterschap De Dommel weergegeven.

Naast het oppervlaktewatersysteem is in Vught een RWA-riolering (RWA = regenwaterafvoer) en het vuilwatersysteem (bron: Basisrioleringsplan Vught; ARCADIS, 2010) aanwezig.

Het volgende geldt voor het watersysteem in Vught:

- Het gehele RWA-stelsel functioneert samen met het oppervlaktewater binnen de kern als één watersysteem, omdat het geheel aan elkaar verknoopt is door de vele verbindingen binnen het RWA-systeem. Er zijn diverse rioolverbindingen oostwest onder het spoor door ter plaatse van de Postweg, bij de Repelweg en bij Klein Brabant en noord-zuid rioolverbindingen onder de provinciale weg N65 door op een viertal locaties.
- Uit het voorgaande blijkt dat Vught in het noorden onder vrij verval afwatert op het Drongelens Kanaal, op de Essche Stroom in het zuiden en op de Dommel in het noordoosten (Arcadis, Effecten en oplossingen op waterhuishouding Vught, april 2017, kenmerk: MB21406-02-04_VA). Wanneer het peil in het Drongelens Kanaal te hoog wordt, dan wordt via mobiele pompen overgepompt op hetzelfde kanaal. Het verpompen vindt plaats via signalering door de gemeente Vught en Waterschap De Dommel, die het moment bepalen aan de hand van de benodigde drooglegging van de woonwijken. Het verpompen richting de Essche Stroom ten tijde van hoogwater vindt plaats met een vast pompgebied van Waterschap De Dommel. De afwatering

gaat via de Kettingweg naar het vijzelgemaal Beukenhorst en via een lange duiker aan de Buxtelseweg.

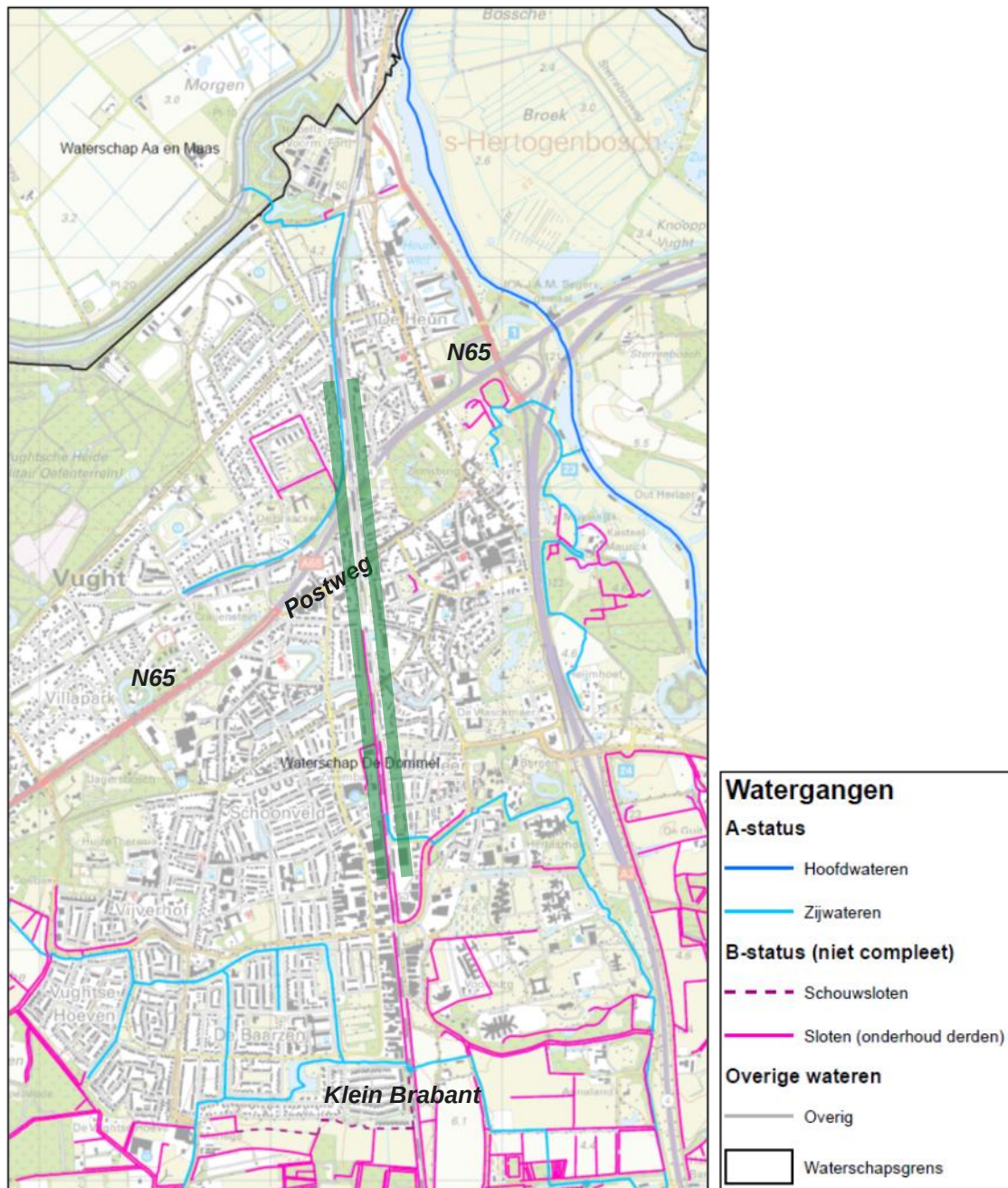
- Parallel langs het spoortraject liggen over vrijwel de gehele lengte watergangen en leidingen die dienen als afvoer van het regenwater en de ontwatering van (deel)gebieden.

Interactie oppervlaktewater-grondwatersysteem

In de huidige situatie lopen een aantal watergangen en rioleringsbuizen onder het spoor. Omdat er diepwanden geplaatst worden, zal dit systeem in de nieuwe situatie moeten worden aangepast en verlegd. Wijzigingen in het oppervlaktewatersysteem en de riolering hebben invloed op de grondwaterstand. Of dit leidt tot negatieve effecten is beoordeeld aan de hand van een risicoanalyse.

Een algemeen risico bij het uitvoeren van rioolvervangingen is het vervangen van lekke rioolleidingen, waardoor de (onbedoeld) drainerende werking wordt opgeheven. Dit kan leiden tot hogere grondwaterstanden. In dat geval zijn de veranderingen in het grondwater tevens niet direct toe te wijzen aan de barrièrewerking van de verdiepte spoorbak.

Het model van het stedelijk watersysteem en het grondwatermodel zijn niet gekoppeld. Het stedelijk watersysteem is aan het grondwatermodel in deze studie toegevoegd als randvoorwaarde. Hiermee is de huidige lokale ontwatering van het stedelijk gebied gedetailleerd in het grondwatermodel opgenomen. Voor de toekomstige situaties is de huidige lokale ontwatering van het stedelijk gebied gehanteerd. Hiermee is voorkomen dat de berekende effecten van de spoorbak op het grondwater beïnvloed worden door wijzigingen in de ontwatering van het stedelijk gebied. De effecten van het oppervlaktewater- en afwateringssysteem op de grondwaterstand en vice versa is in deze modelstudie niet gekwantificeerd. De effecten van veranderingen in het stedelijke watersysteem op de ontwatering (grondwater) worden kwalitatief beoordeeld. Hiervoor is het grondwatermodel binnen stedelijk gebied niet geschikt. Gedurende de uitvoeringfase zijn vermoedelijk kleinschalige tijdelijke bemalingen noodzakelijk om werkputten en sleuven voor kabels en leidingen aan te leggen. Als de tijdelijke onttrekking buiten Beschermd gebied waterhuishouding plaatsvindt, niet groter is dan 50.000 m³ per maand en niet langer duurt dan 6 maanden is er geen vergunningplicht en geen meldplicht. Indien niet voldaan wordt aan deze eis van Waterschap de Dommel moeten de effecten op het grondwater door tijdelijke bemalingen door de opdrachtnemer (uitvoerder) gekwantificeerd worden in een melding of vergunningaanvraag (bemalingsadvies).



Figuur 6 | Leggerwatergangen van Waterschap de Dommel in Vught (bron: Waterschap De Dommel¹). De twee groene lijnen illustreren de locatie waarbinnen de toekomstig verdiepte spoorbak zal komen te liggen.

¹ <http://dommel.webgispublisher.nl/?map=Vastgestelde-legger-oppervlaktewaterlichamen-2013-herziene-versie#>

3.4 Grondwaterstanden en stijghoogten

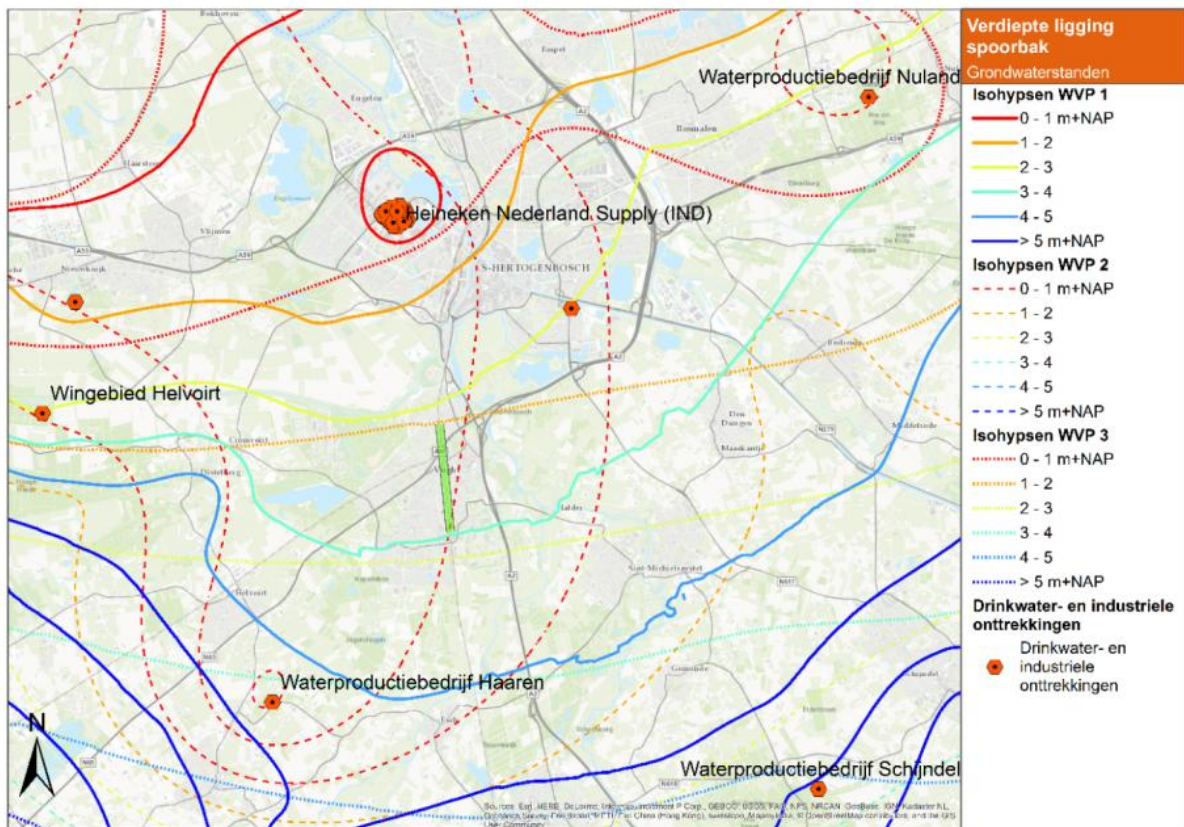
Regionale grondwaterstroming

De regionale grondwaterstroming is haaks op isohypsen. De isohypsenkaart van het eerste watervoerende pakket, verkregen vanuit DINOLoket, illustreert dat de grondwaterstroming in het pakket rondom de projectlocatie voornamelijk noord-noordwestelijk is georiënteerd, richting de Maas (Figuur 7). Deze stroming varieert van nagenoeg parallel tot diagonaal op de spoorbak. In Figuur 9 is de regionale grondwaterstroming weergegeven. Omdat uit de boringen blijkt dat de 'Boxtel klei' niet vlakdekkend aanwezig is, is het aannemelijk dat de regionale freatische grondwaterstroming vrijwel gelijk is aan de regionale grondwaterstroming van het eerste watervoerend pakket. Lokaal kan de stromingsrichting afwijken van de regionale grondwaterstroming onder invloed van watergangen die het gebied doorsnijden. Een voorbeeld hiervan is opgenomen in Figuur 8. In deze figuur zijn de met het Dommel-model (HGK) berekende grondwaterstanden/stijghoogten in het freatisch 'Boxtel zand' pakket weergegeven. Door deze lokale verschillen treedt er zowel wegzijging als kwel op in het gebied (zie ook paragraaf 3.5). In peilbuis B45C0388 op circa 1 km afstand van het spoorbak-tracé, ten zuiden van de woonwijk De Baarzen, wordt een drukhoogteverschil van 0,1 m tot 0,5 m gemeten tussen de stijghoogte onder de 'Boxtel klei' en de lokale freatische grondwaterstand in het beekdal van de Essche Stroom. Ook op andere locaties in het Beekdal van De Dommel (B45C0391 en B45D0117) wordt een drukhoogteverschil gemeten. Ter plaatse van het spoortracé/centrum van Vught zijn hier geen metingen van beschikbaar.

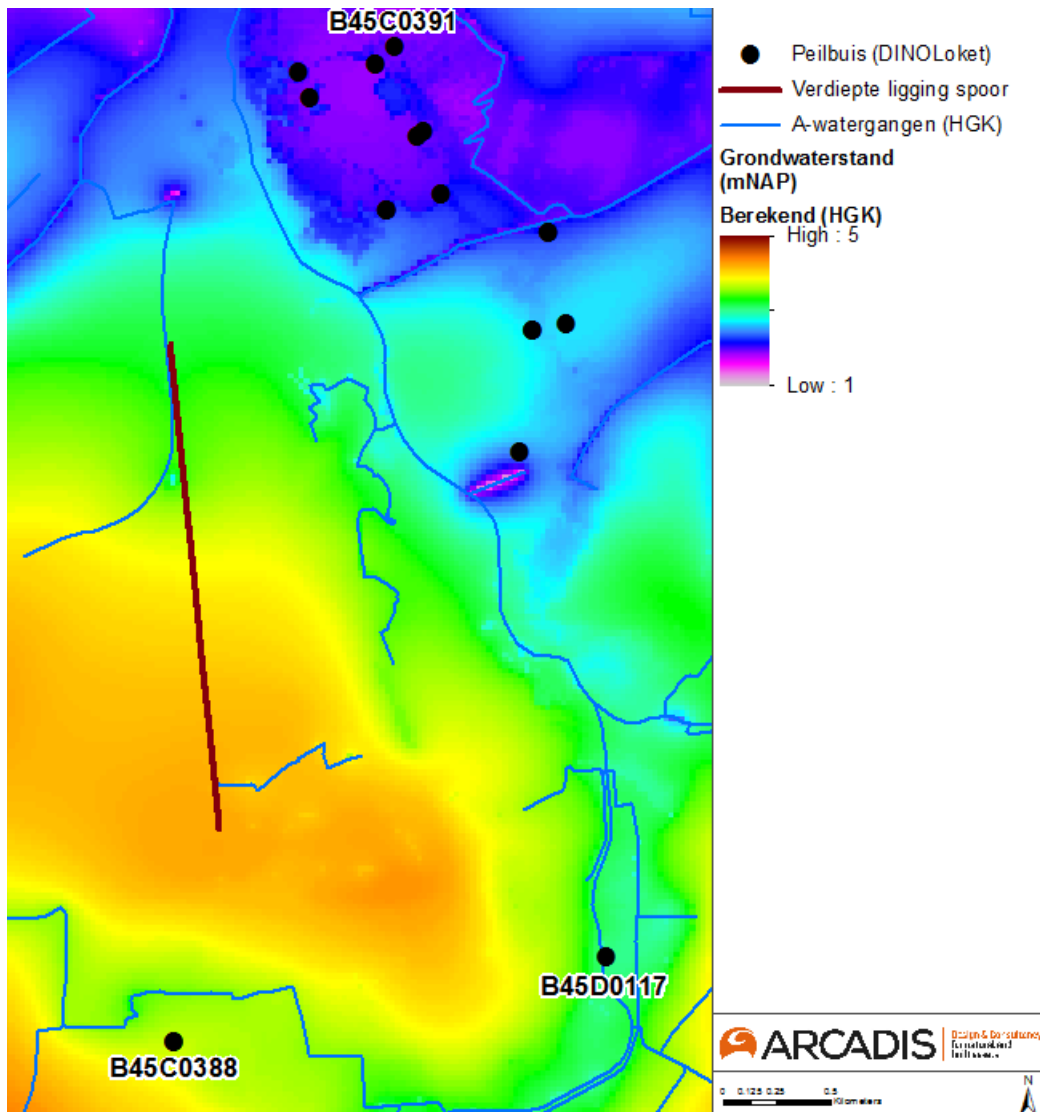
De isohypsen van het tweede watervoerende pakket (onder de 'Waalre klei') laten zien dat de stijghoogten in dit pakket sterk beïnvloed worden door de grondwateronttrekkingen die in dit pakket aanwezig zijn, vooral door waterproductiebedrijf Haaren. De stijghoogten in dit pakket zijn lager dan in het eerste watervoerende pakket, waardoor er wegzijging optreedt vanuit het eerste watervoerende pakket naar het tweede watervoerende pakket. Wanneer een grondwateronttrekking stopt of de productie verminderd, kan dit leiden tot een verminderde wegzijgingsflux waardoor er hogere freatische grondwaterstanden ontstaan. Bij een toename van de onttrekkingshoeveelheden is het omgekeerde het geval.

De isohypsen van het derde watervoerende pakket lopen ter hoogte van Vught vrijwel gelijk aan de isohypsen van het eerste watervoerende pakket. Ook hier zijn de stijghoogten lager dan in het eerste watervoerende pakket. De stijghoogten zijn echter hoger dan in het tweede watervoerende pakket waardoor er een diepe kwelstroom mogelijk is vanuit het derde watervoerende pakket naar het tweede watervoerende pakket.

Ter hoogte van de kern Vught varieert de grondwaterstand tussen de NAP +3,0 m en +4,0 m en ter hoogte van de kern 's-Hertogenbosch tussen de NAP +1,5 m en +2,5 m.



Figuur 7 | Isohypsenskaart watervoerende pakketten (Bron: DINOLoket).



Figuur 8 | Berekende stijghoogten in Baxtel zand 1 pakket (modelresultaten Dommel Model). In de met naam aangegeven peilbuisclusters (locatie met meerdere filters op verschillende diepte) worden drukhoogteverschillen tussen de stijghoogte onder de 'Baxtel klei' en de lokale freatische grondwaterstand gemeten.

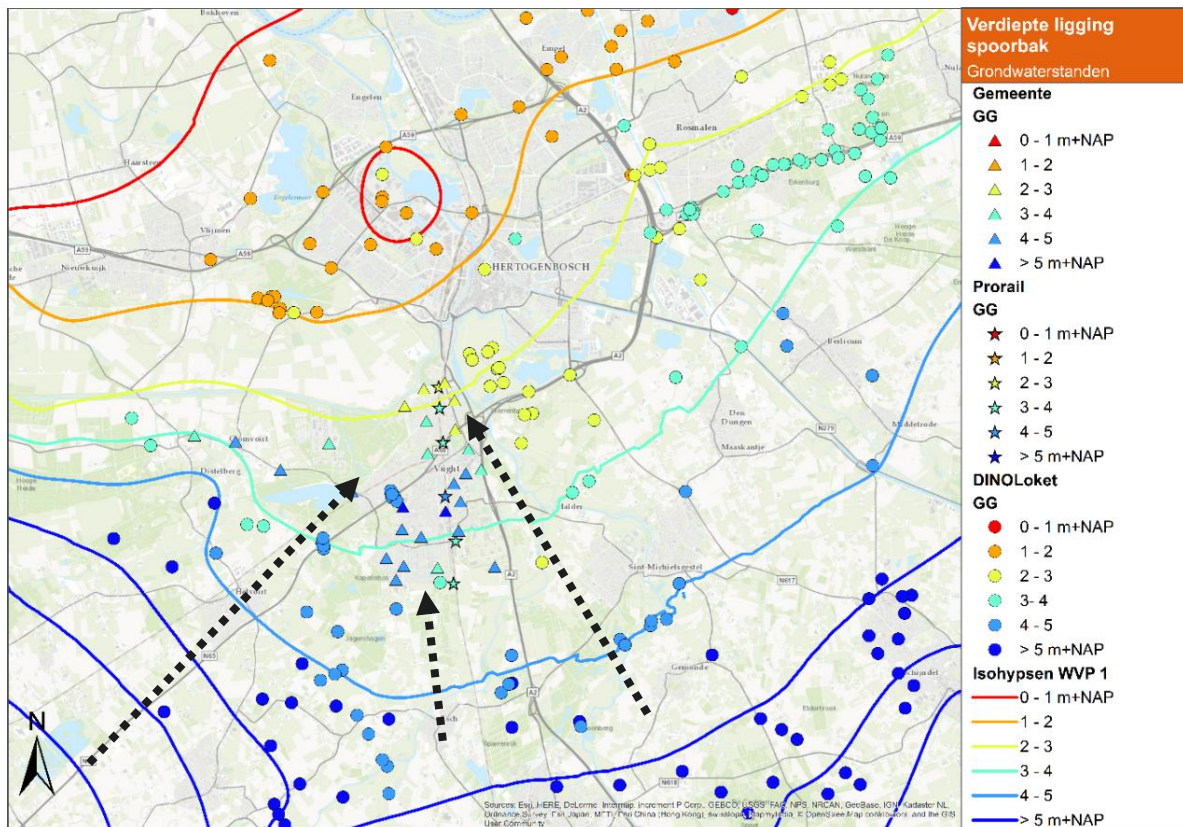
Lokale freatische grondwaterstanden

In de omgeving van het plangebied zijn vanaf februari 2016 in opdracht van ProRail peilbuizen gemonitord. De gemeente Vught heeft vanaf maart 2016 peilbuizen gemonitord. Het is bekend dat Rijkswaterstaat peilbuizen heeft laten monitoren rondom de N65. De rapportages over de locaties en eerste handmetingen zijn ontvangen. Digitale gegevens zijn niet verkregen. In het monitoringsplan paragraaf 5 is hiervan een overzicht gegeven.

Zowel de peilbuizen van ProRail als van de gemeente Vught monitoren de freatische grondwaterstanden. In beide gevallen wordt de monitoring uitgevoerd met behulp van een datalogger en beheerd door Inpijn-Blokpoel. De peilbuizen van ProRail hebben een meetfrequentie van 4 keer per dag en de peilbuizen van de gemeente een meetfrequentie van eens per dag. De locaties van de peilbuizen zijn weergegeven in Figuur 9 en Figuur 10. Zoals eerder vermeld blijkt uit de boringen dat de Baxtel klei niet vlakdekkend aanwezig is. Hierdoor is het aannemelijk dat de regionale freatische grondwaterstroming vrijwel gelijk is aan de regionale grondwaterstroming van het eerste watervoerend

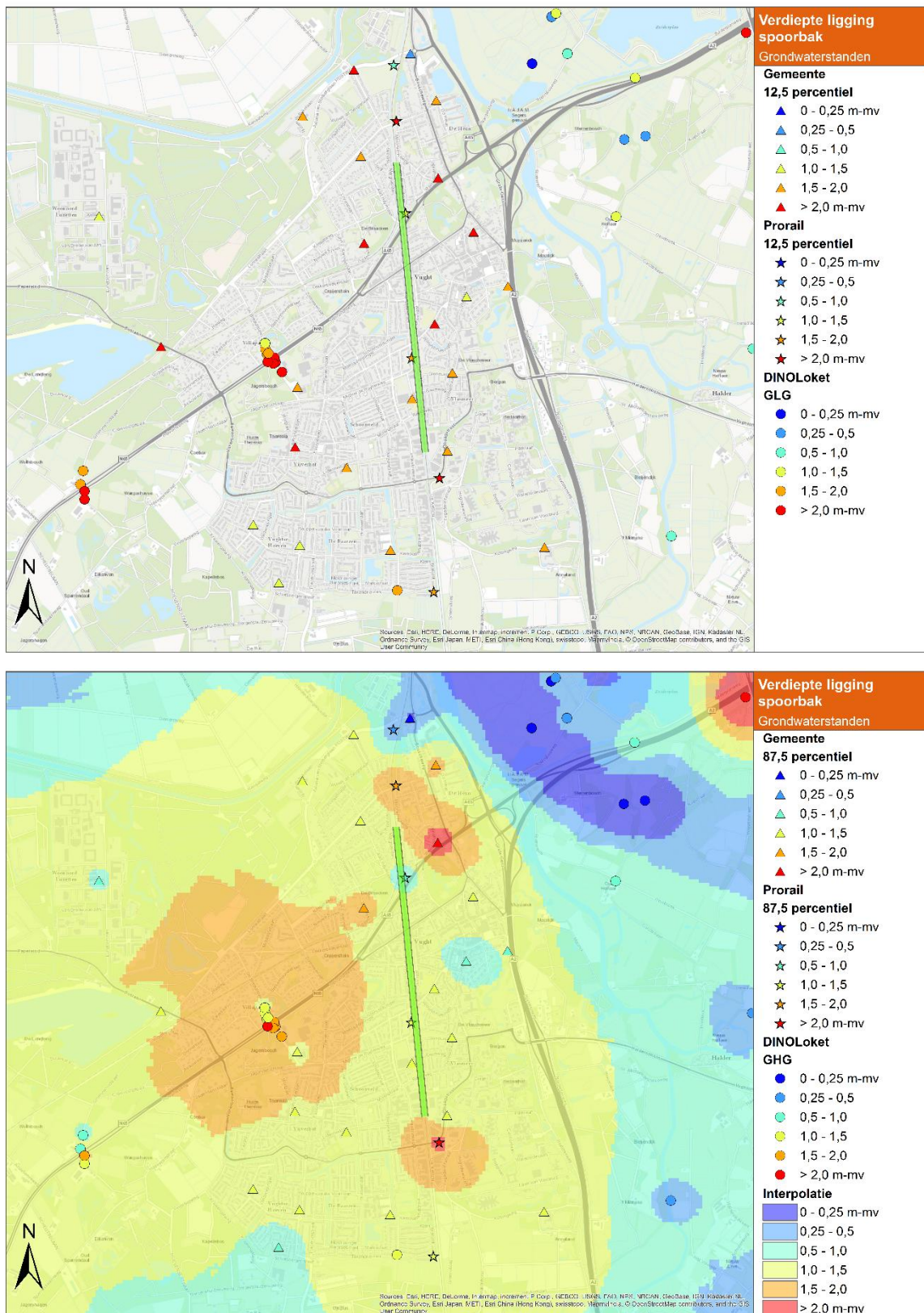
pakket. In Figuur 9 zijn de freatische grondwaterstanden weergegeven die de isohypsen in Figuur 7 bevestigen. Ook uit deze figuur is af te leiden dat de grondwaterstroming noordelijk is georiënteerd.

In Figuur 10 is met kleuren de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) gepresenteerd. Voor een nauwkeurige bepaling van de GHG en GLG is doorgaans een ononderbroken meerjarige meetreeks nodig van ten minste 8 jaar. De gemeentelijke peilbuizen en de peilbuizen van ProRail zijn niet lang genoeg gemonitord voor het bepalen van de GHG en GLG. Ondanks de korte meetperiode zijn de peilbuizen vanwege het aantal metingen (1-4x per dag) representatief voor de optredende grondwaterstanden en de grondwaterdynamiek. Op basis van de beschikbare tijdreeksen zijn voor de peilbuislocaties het 12,5 percentiel en het 87,5 percentiel bepaald. Op deze wijze is de GLG en GHG op een eenvoudige wijze benaderd.



Figuur 9 | Gemiddelde grondwaterstanden (GG) in mNAP rondom Vught en isohypsen uit het eerste watervoerende pakket/freatisch pakket. Met de zwarte pijlen is de regionale grondwaterstroming weergegeven.

Naast de gemeentelijke peilbuizen en de peilbuizen van ProRail zijn ook de peilbuizen uit DINOLoket gepresenteerd. Van deze peilbuizen zijn alleen de peilbuizen waarin de grondwaterstanden in het jaar 2000 en/of later zijn gemonitord gebruikt. Alle peilbuizen die in Figuur 10 zichtbaar zijn hebben filterstellingen tot maximaal 20 m beneden maaiveld (boven de slecht doorlatende kleilaag van de Formatie van Bostel). Deze peilbuizen meten de freatische grondwaterstanden in de deklaag en onderliggend zandpakket.



Figuur 10 | Gemiddeld hoogste (GHG en 87,5 percentiel) en gemiddeld laagst grondwaterstanden (GLG en 12,5 percentiel) in m-mv rondom Vught. Voor de gemiddeld hoogste grondwaterstanden zijn de peilbuisgegevens geïnterpoleerd (IDW). De groene lijn illustreert schematisch de ligging van het verdiepte spoor.

In Figuur 10 is te zien dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand in de gemeente Vught overwegend varieert van 1 tot 2 m-mv. Aan de noordoostzijde van Vught, nabij De Dommel, liggen de grondwaterstanden dicht aan maaiveld (GHG kleiner dan 0,25 m-mv). De gemiddelde hoogste grondwaterstand nabij het spoor is gemiddeld dieper dan 1,0 m-mv. Ten noorden van het tracé ligt de gemiddeld hoogste grondwaterstand tussen 0,5 en 1,0 m-mv. Dit wordt mede veroorzaakt door een verlaging in het maaiveld.

De gemeente Vught heeft een aantal jaren geleden een enquête uitgevoerd naar (grond)wateroverlast. Uit deze resultaten blijkt dat over het algemeen geen hoge grondwaterstanden worden ervaren en overlast beperkt blijft tot af en toe een vochtige tuin of woning. De oorzaak hiervan ligt vermoedelijk meer in de richting van ontwatering en slecht drainerende bodem dan hoge grondwaterstanden.

De aangenomen diepte (circa 20 m-mv²) van de diepwanden reiken tot net boven of in de slecht doorlatende kleilaag (Formatie van Boxtel, tweede kleiige eenheid) of het watervoerende pakket. De grondwaterstanden en grondwaterstroming kan hierdoor beïnvloed worden. De regionale grondwaterstroming loopt nagenoeg evenwijdig aan het tracé. De lokale grondwaterstroming kan wel haaks op de verdiepte spoorbak stromen door lokale ontwatering zoals waterlopen. In welke mate de verdiepte spoorbak een effect heeft op de grondwaterstroming en grondwaterstanden (verhoging/verlaging) is aan de hand van een geohydrologische modelstudie gekwantificeerd.

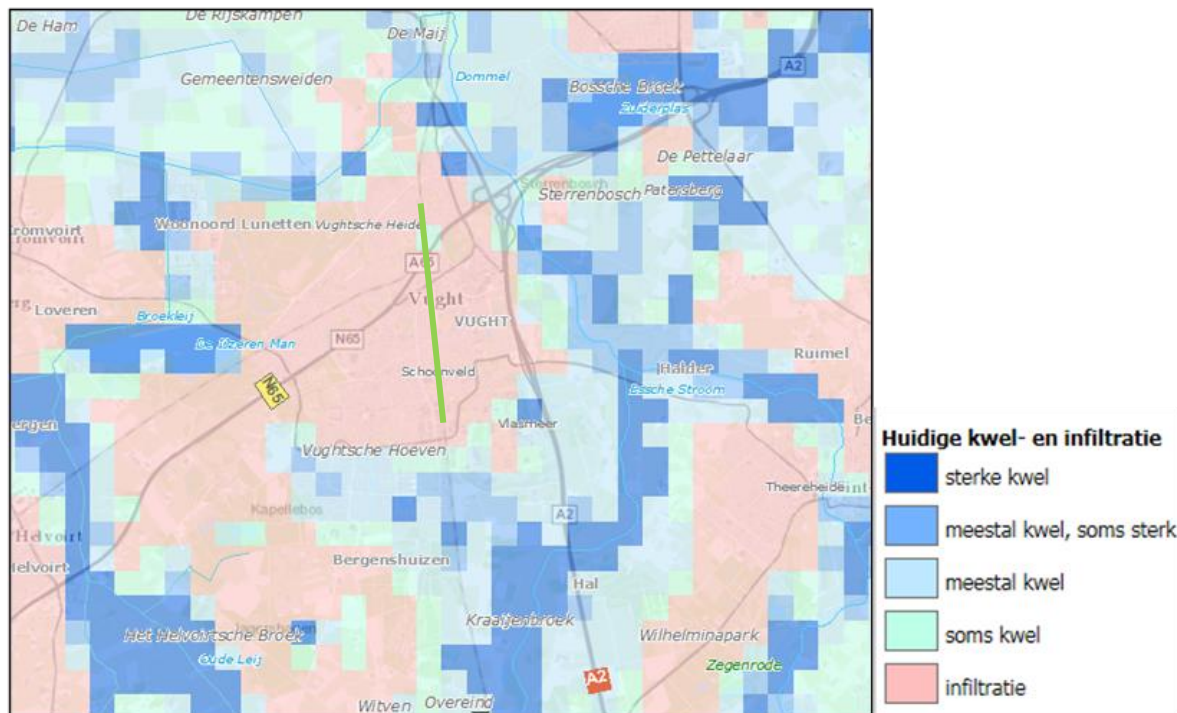
3.5 Kwel en wegzijging

Voor de ruimtelijke analyse is het van belang om te weten in welke gebieden kwel en infiltratie voorkomt. In kwelgebieden stroomt het grondwater van grote diepte omhoog naar het oppervlak. Deze gebieden kennen een constante aanvoer van grondwater, waardoor deze gebieden weinig bergingsmogelijkheden hebben in de bodem en gevoelig zijn voor (grond)wateroverlast.

In Figuur 11 is af te leiden, dat het plangebied met de verdiepte ligging van het spoor is gelegen in een infiltratiegebied. Op basis van deze informatie worden er vanuit kweltoestroming geen risico's verwacht. Aandachtspunt hierbij is de noordelijke toerit/uitrit nabij De Dommel waar een GHG van 0,5 m-mv is waargenomen. Dit kan mogelijk toe te wijzen zijn aan het verlaagde maaiveld, maar ook een indicatie van kwel in het beekdal. In peilbuis B45C0388 op circa 1 km afstand van het spoorbak tracé, ten zuiden van de woonwijk De Baarzen, wordt een drukhoogteverschil van 0,1 m tot 0,5 m gemeten tussen de stijghoogte onder de 'Boxtel klei' en de lokale freatische grondwaterstand in het beekdal van de Essche Stroom. Ook op andere locaties in het Beekdal van De Dommel (B45C0391 en B45D0117) wordt een kweldruk gemeten.

De afgebeelde kwel- en infiltratiekaart voor de huidige situatie is gebaseerd op berekeningen met het waterdoelenmodel (gezamenlijk regionaal grondwatermodel van de provincie en waterschappen in Noord-Brabant). Op basis van de gemiddelde en de maximale jaarlijkse verticale stroming door de deklaag of eerste scheidende laag (flux) zijn de kwel- en infiltratieklassen gedefinieerd zoals weergegeven in Tabel 1.

² Tekening (3 stuks) MB132-04-01 Bijlage 7 - Principe dwarsprofiel diepwanden-Ref-dp A B en C, Ref-dp F en G, Ref-dp H en I, van 22-04-2014, versie A, status definitief



Figuur 11 | Kwel- en infiltratiegebieden (Bron: Wateratlas Provincie Noord- Brabant). De groene lijn illustreert schematisch de ligging van de verdiepte spoorbak.

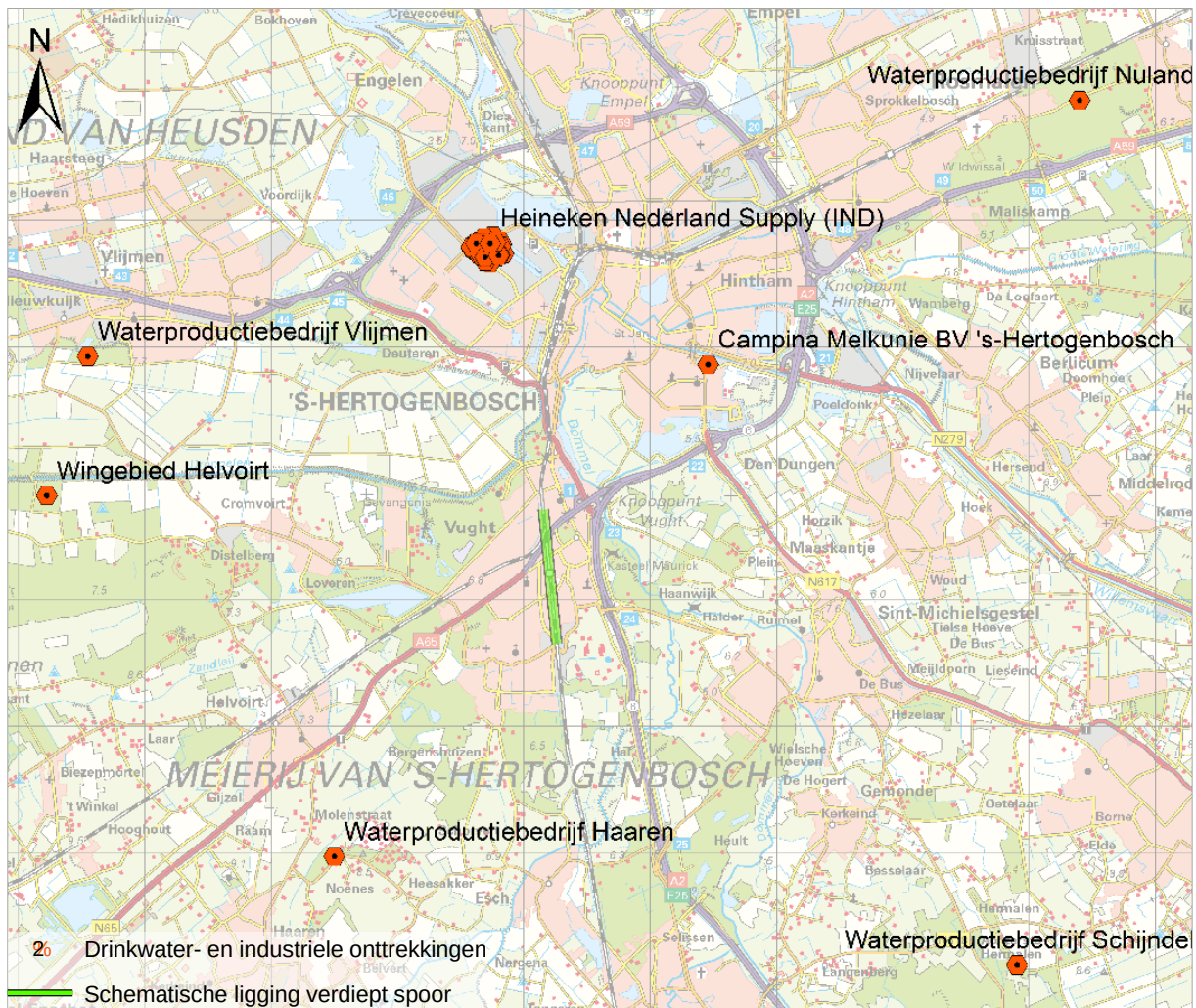
Tabel 1 | Kwelklassen

	Gemiddelde flux (mm/dag)	Maximale flux (mm/dag)
Sterke kwel	> 0,5	> 0,5
Meestal kwel, soms sterk	0,0 – 0,5	> 0,5
Meestal kwel	0,0 – 0,5	0,0 – 0,5
Soms kwel	< 0,0	> 0,0

3.6 Onttrekkingen

In de omgeving van Vught komen verscheidene drinkwater- en industriële onttrekkingen voor (Figuur 12). De industriële onttrekkingen van Campina Melkunie BV en Heineken Nederland Supply zijn de onttrekkingen, die het dichtst zijn gelegen bij het plangebied in Vught (op circa 3 km afstand). Op grotere afstand van het plangebied komen ook verscheidene waterproductiebedrijven voor (Vlijmen, Nuland, Helvoirt, Schijndel, Haaren).

Op dit moment is niet bekend wat het invloedgebied van de onttrekkingen is. Wanneer het effect van een onttrekking tot aan Vught reikt, kan dit voor lagere grondwaterstanden zorgen. Wanneer deze onttrekkingen sterk wijzigen tijdens of na de werkzaamheden van de verdiepte bak, kunnen grondwaterstandveranderingen mogelijk onterecht worden toegekend aan de gevolgen van de aanleg. Met grondwatermonitoring voor, tijdens en na aanleg van de verdiepte ligging kan dit potentieel effect op de grondwaterstand door grondwateronttrekkingen gekwantificeerd worden. De huidige monitoring van de Gemeente Vught wordt aangevuld/ondersteund met een aanvullende monitoring om een betrouwbaar ruimtelijk beeld van de optredende grondwaterstanden te verkrijgen.



Figuur 12 | Drinkwater- en industriële onttrekkingen in de omgeving van Vught

3.7 Bodemverontreinigingen

In 2011 is in het bestemmingsplangebied van Voorburg in de gemeente Vught gekeken naar bodembedreigende activiteiten voor het opnieuw vaststellen van de destijds bestaande bestemming (Arcadis, Beperkt historisch onderzoek t.b.v. vaststellen bestemmingsplan Voorburg te Vught, kenmerk: 0575777437, 2011). Hiervoor zijn gegevens van het Bodemloket en aangeleverde onderzoeksgegevens van de gemeente gebruikt. Hieruit zijn in het onderzoeksgebied 66 locaties met bekende bodeminformatie naar voren gekomen (Bijlage B). Hiervan waren voor 15 locaties zowel bodembedreigende activiteiten als aanvullende (onderzoeks)informatie bekend. Van 22 verdachte locaties was alleen een vermelding vanuit het Bodemloket bekend.

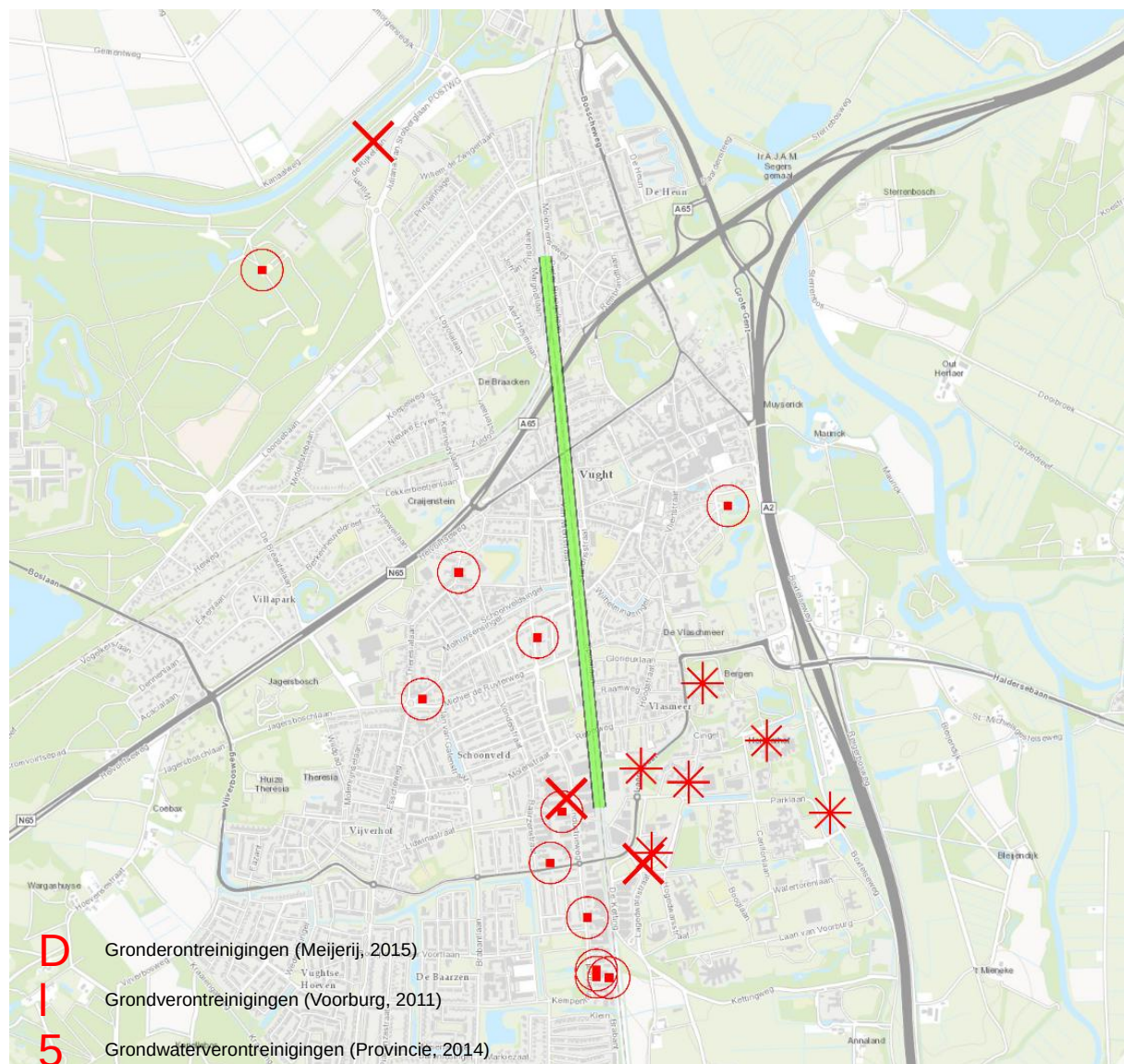
Met name voor de brandstoffenhandel (Boxtelseweg 47B), de 3 metaaloppervlaktebehandelingsbedrijven, de 3 medische laboratoria/afvalbehandelingsbedrijven en het ziekenhuis/ophooglaag met grond (Lagedwarsstraat 28/Laagstraat) is destijds bepaald dat een (ernstig) geval van bodemverontreiniging niet kan worden uitgesloten, waardoor daar gebruiksbeperkingen kunnen gelden. Hetzelfde geldt voor de vijf locaties waar geen sprake is van bedrijfsmatige activiteiten, maar bekend was dat er sterke verontreinigingen aanwezig zijn (Bijlage C).

Ook liggen in het onderzoeksgebied een aantal (voormalige) opslagtanks waarvan destijds niet duidelijk was of deze al dan niet een bodemverontreiniging hebben achtergelaten. Het gaat om de adressen, opgenomen in Bijlage D.

In 2015 is er voor het opstellen van een grondwatermeetnet in de Meijerij ook een kort overzicht gemaakt van locaties waar de gemeente Vught te maken heeft met in verschillende mate verplichte monitoring (Arcadis, Meetnet grondwater werkeenheid de Meijerij, kenmerk: 077930772, 2015). Het gaat om de volgende locaties:

- De voormalige milieustraat aan de Industrieweg 20.
- De huidige milieustraat aan de Kettingweg.
- Een bodemvervuiling in het ontwikkelingsgebied Stadhouderspark, aan het Drongelens Kanaal.
- Voormalig vuilstortplaats in Cromvoirt.

In Figuur 13 zijn bovengenoemde locaties opgenomen, met aanvullend de grondwaterverontreinigingen zoals bekend bij de provincie Noord-Brabant (juli 2014).



Figuur 13 | Bekende bodemverontreinigingen. De verontreinigingen uit het rapport van de Meijerij en Voorburg zijn indicatief weergegeven op basis van het adres dat bekend is.

4 RISICOANALYSE

In onderstaande tabel zijn de risicofactoren opgenomen, waarbij is verondersteld dat het laagste nummer de hoogste kans heeft op voorkomen. In de praktijk hoeft dit niet zo te zijn. De nummers behorende bij de risico's zijn opgenomen in de risicokaart. Elke gebiedsontwikkelingen is apart in de kaart genummerd. De overige risicofactoren zijn indicatief op de kaart neergezet. De locaties waar de nummers in de kaart zijn weergegeven, hoeven niet de exacte locaties te zijn waar de mogelijke gevolgen optreden. Bij de omschrijvingen, beheersmaatregelen en aandachtspunten zijn de modelresultaten, beschreven in de navolgende hoofdstukken, meegenomen. Hiervoor is gekozen om een compleet overzicht op risico's, beheersmaatregelen en aandachtspunten te geven. Voor situaties die niet zijn voorzien in het geohydrologisch onderzoek en de risicoanalyse is de volgende procesafspraken gemaakt tussen ProRail, gemeente en waterschappen. Het monitoringsplan is een beheersmaatregel om onvoorziene situaties op de grondwaterstand te identificeren en optredende effecten te verifiëren. Bij het optreden van een onvoorziene situatie wordt het effect beoordeeld (door ProRail) en vindt afstemming plaats tussen ProRail en gemeente en waterschappen over de verdere afhandeling van eventuele negatieve effecten of schade. Om eventuele maatregelen te financieren adviseren wij om binnen het project een (risico)budget te reserveren, voor zowel de tijdelijke- als de permanente situatie.

Tabel 2 | Risicotabel

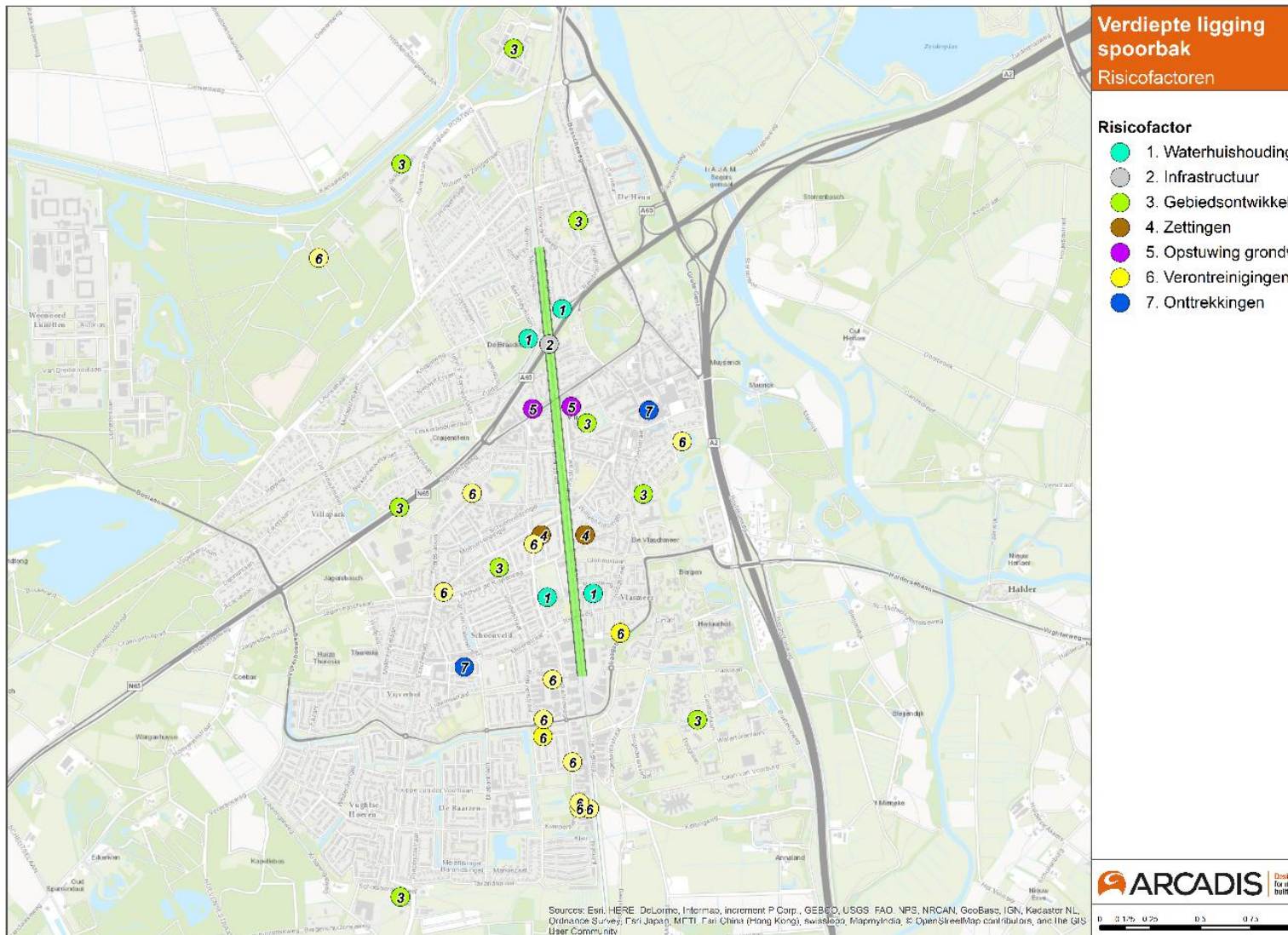
Nr.	Risico	Omschrijving	Beheersmaatregel/aandachtspunten
1	Verleggen/vernieuwen watergangen en riolering	- Door het aanleggen van de verdiepte spoorbak met diepwanden, wordt een deel van het watersysteem in de kern Vught opnieuw ingericht. De wijzigingen in het oppervlakte- en het RWA-systeem (riolering, sloten/greppels, watergangen) kunnen leiden tot grondwaterstandsveranderingen. - Door de aanwezigheid van openingen in de rioleringsbuizen (door bijv. erosie, slijtage) kunnen deze drainerend werken. Hierdoor wordt het water in de huidige situatie sneller afgevoerd en de grondwaterstanden verlaagd. Wanneer ten tijde van het aanleggen van de verdiepte bak deze rioleringsbuizen worden vervangen, kan dit in de nieuwe situatie leiden tot hogere grondwaterstanden. - Volgens het vergunningenbeleid van Waterschap De Dommel dient er waterdicht gebouwd te worden. Er mag dus na de in gebruikstelling van de spoorbak geen grondwater meer worden onttrokken. De afvoer van het regenwater dient te worden geregeld in de Waterparagraaf.	- Bij te dempen watergangen/drainagemiddelen moet het huidige ontwateringsniveau worden gegarandeerd door drainage aan te leggen. - Deze drainage moet het huidige ontwateringsniveau garanderen en ten minste 0,7 m bij bebouwing/infrastructuur. - De drainage moet voldoende capaciteit hebben om grondwateroverlast te voorkomen. - De drainage mag geen verdroging t.o.v. de gemiddeld laagste grondwaterstand tot gevolg hebben om het risico op zetting te voorkomen. - Het beleidsuitgangspunt van Waterschap De Dommel is Hydrologisch Neutraal Ontwikkelen (geen negatieve effecten). - Gedraineerd grondwater moet geretourneerd worden in de bodem, bijvoorbeeld door het toepassen van infiltratievoorzieningen. Permanente en tijdelijke negatieve effecten op de grondwaterstand kunnen niet uitgesloten worden, dit risico is beheersbaar beoordeeld.

Nr.	Risico	Omschrijving	Beheersmaatregel/aandachtspunten
2	Wijzigingen infrastructuur	- In de huidige situatie loopt de N65/A65 nu onder het spoor door via een tunnel. Voor een juiste drooglegging wordt deze gedraineerd. Wanneer het spoor in een verdiepte spoorbak wordt gelegd, komt de N65/A65 hierboven te liggen, waardoor deze niet meer in een tunnel komt te liggen. - De drainagemiddelen die in de huidige situatie worden gebruikt worden na de aanleg van de spoorbak niet meer gehanteerd. Hierdoor kunnen grondwaterstandsveranderingen ontstaan. - Als de verdiepte ligging van de N65 in de toekomstige situatie achter blijft in de ondergrond kan door de aanleg van de spoorbak een extra barrière vormen voor het grondwater.	- Idem #1 - In de grondwatermodellering is de verdiepte ligging van de N65 in de huidige situatie niet gemodelleerd. Op basis van de ligging en diepte worden vergelijkbare effecten verwacht als berekend in deze studie. De ontwatering ter plaatse van de kruising met de N65 is circa 0,9 m (GHG; PB512-2-1). - In een aanvullende modelberekening is de verdiepte ligging van de N65 als barrière gemodelleerd. Hieruit volgt geen significant verschil met de situatie zoals gerapporteerd in de Hydrologische modelstudie spoorbak Vught. Daarnaast is als uitgangspunt gehanteerd dat de barrièrewerking van de verdiepte N65 ongedaan wordt gemaakt. Permanente negatieve effecten op de grondwaterstand kunnen niet uitgesloten worden, dit risico is beheersbaar beoordeeld.
3	Overige gebiedsontwikkelingen	- De volgende overige ontwikkelingen zijn in de gemeente gepland: - Ten dele een verdiepte ligging van de N65 van 's-Hertogenbosch tot IJzeren Man - Bouwplannen: Irenelaan, Paleisje, Koepel, Mariaplein, Reeburgpad, Esschestraat/M. de Ruijterweg, Isabellakazerne, Stadhouderspark, Voorburg, Vughtse Hoeve. Deze gebiedsontwikkelingen kunnen ook voor veranderingen in het oppervlakte- en het RWA-systeem (riolering, sloten/greppels, watergangen) zorgen. Op basis van de Wet op de lijkbezorging is een ontwateringsniveau van 0,3 m boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand en een gronddek van minimaal 0,65 m verplicht. Een ontwateringsniveau van 1,5 m boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand is daarom aanbevolen bij een standaard kisthoogte van 0,55 m. - Op circa 250 m is de begraafplaats van de Heilig Hart kerk van de Edith Stein parochie gelegen. Het berekende invloedgebied (tot 0,05 m verandering) is circa 150 tot 250 m. - Aan het tracé is de begraafplaats Ouwerkerk gelegen. De meest nabijgelegen peilbuis is B-G-15 (Gemeente Vught). Hier is een gemiddelde grondwaterstand van NAP 4,30 m en gemiddeld hoogste grondwaterstand (87,5-percentiel) van 4,65 m gemeten. Het maaiveld ter plaatse van de begraafplaats bevindt zich tussen de NAP 7,5 m en NAP 5,8 m.	- Overige ontwikkelingen, Idem #1 - Het berekende maximale invloedgebied is gelijk aan de afstand waarop de begraafplaats van de Heilig Hart kerk van de Edith Stein parochie is gelegen. Het ontwateringsniveau ter plaatse van de begraafplaats is groter dan 1,5 m-mv. Tussen de begraafplaats en de spoorbak is oppervlaktewater gelegen. Hierdoor worden geen negatieve effecten op de grondwaterstand ter plaatse van de begraafplaats verwacht. Permanente negatieve effecten op de grondwaterstand kunnen niet uitgesloten worden, dit risico is beheersbaar beoordeeld. - De berekende maximale grondwaterstandverandering is 0,05 tot 0,10 m op de afstand van de begraafplaats Ouwerkerk. Het huidige ontwateringsniveau ten opzichte van de gemiddeld hoogste grondwaterstand ter plaatse van de begraafplaats is mogelijk 1,15 m tot 1,85 m, afhankelijk van het maaiveldniveau. Hiermee is het huidige ontwateringsniveau ten opzichte van de gemiddeld hoogste grondwaterstand vermoedelijk al onvoldoende. Grondwaterstandverhogingen door de spoorbak moeten daarom voorkomen worden. Bijvoorbeeld door verbetering van de waterhuishouding of aanleggen van drainage. Gedraineerd grondwater moet geretourneerd worden in de bodem, bijvoorbeeld door het toepassen van infiltratievoorzieningen.

Nr.	Risico	Omschrijving	Beheersmaatregel/aandachtspunten
4	Zettingen tijdens uitvoering en toekomstige (permanente) situatie.	- De verdiepte spoorbak wordt zeer waarschijnlijk aangelegd in den natte. Hierbij zijn er geen/verwaarloosbare effecten op het grondwater tijdens aanleg. Voor de permanente effecten van de verdiepte spoorbak worden geen risico's verwacht op zettingen. De kans op de aanwezigheid van samendrukbare lagen onder bebouwing is zeer minimaal. - Wanneer de werkzaamheden in den droge worden uitgevoerd zal het tijdelijk effect op de grondwaterstand groter zijn, doordat er gebruik wordt gemaakt van bronneringen. Hierdoor neemt het risico op zetting toe. - Bij de aanleg van de spoorbak is het zeer aannemelijk dat er voor kleine bouwkuipen en werksleuven gebruik gemaakt zal worden van tijdelijke bronneringen. Wanneer de grondwaterstand hierbij zakt tot onder de historische laagste grondwaterstand in zettingsgevoelige bodemlagen is er een verhoogd risico op zetting. Hiervoor zal door de opdrachtnemer een zettingsanalyse en indien nodig zettingsmonitoring uitgevoerd moeten worden.	- Het beleidsuitgangspunt is Hydrologisch Neutraal Ontwikkelen (geen negatieve effecten). - Als de tijdelijke onttrekking buiten Beschermd gebied waterhuishouding plaatsvindt, niet groter is dan 50.000 m³ per maand en niet langer duurt dan 6 maanden is er geen vergunningplicht en geen meldplicht. - Indien niet voldaan wordt aan deze eis van Waterschap de Dommel moeten de effecten op het grondwater door tijdelijke bemalingen door de opdrachtnemer (uitvoerder) gekwantificeerd worden in een melding of vergunningaanvraag (bemalingsadvies). - Bij grondwaterstandsverlagingen mag de gemiddeld/historisch laagste grondwaterstand niet groter zijn dan 0,1 m bij bebouwing op zettinggevoelige bodemlagen om het risico op schade door zetting te voorkomen. Als beheersmaatregel kan zettingsmonitoring worden voorgeschreven. Mitigerende maatregelen zijn kostbaar en bestaan uit oa. ondervangen van bestaande bebouwing, grondverbetering en/of het aanbrengen van een schermconstructie. Omdat in deze fase van het onderzoek niet bekend is wat de omvang, op welke locatie(s) en de uitvoeringswijze in de tijdelijke situatie grondwaterstandsverlagingen worden gerealiseerd, is het risico beheersbaar beoordeeld als voldaan wordt aan de voorgestelde beheersmaatregelen. Op basis van de berekende grondwaterstandsverandering worden geen permanente negatieve effecten op de omgeving door zetting verwacht, dit risico is beheersbaar beoordeeld.

Nr.	Risico	Omschrijving	Beheersmaatregel/aandachtspunten
5	Opstuwing in het grondwater	De verdiepte ligging van het spoor vormt een barrière voor de grondwaterstroming. In hoeverre dit kan leiden tot grondwateroverlast/onderlast is gekwantificeerd met behulp van een grondwatermodel. De gemiddelde ontwateringsdiepte is 1,0 tot 1,5 m. Ten noorden zijn ontwateringsdieptes van 0,5 tot 1,0 m mogelijk. De maximaal berekende grondwaterstandverhogingen zijn 0,1 m. Op basis van de ontwateringsdieptes worden geen negatieve effecten verwacht.	- Het beleidsuitgangspunt is Hydrologisch Neutraal Ontwikkelen (geen negatieve effecten). - Als beheersmaatregel is een concept monitoringsplan opgesteld. Dit heeft als doel de nul-situatie (referentie huidige situatie) vast te leggen. In het monitoringsplan zijn de berekende effecten opgenomen als grenswaarden. Als in de permanente situatie de effecten op de grondwaterstand boven/onder de aangegeven grenswaarden reiken, moeten eventuele negatieve effecten gemitigeerd worden. - Bij grondwaterstandsverhogingen moet de minimale ontwateringseis van 0,7 m bij bebouwing en infrastructuur behouden blijven. Mitigerende maatregelen zijn aanvullende ontwateringsmiddelen zoals watergangen en drainage. Gedraineerd grondwater moet geretourneerd worden in de bodem, bijvoorbeeld door het toepassen van infiltratievoorzieningen. Op basis van de berekende grondwaterstandverandering worden geen permanente negatieve effecten op de omgeving verwacht. Eventuele over-/onderschrijdingen zijn beheersbaar beoordeeld.
6	Verontreinigingen	- In Vught zijn diverse bodem- en grondwaterverontreinigingen aanwezig. Bij aanleg van de verdiepte ligging in 'den natte' worden geen negatieve effecten op de (bekende) grondwaterverontreinigingen verwacht. - Er zijn twee grondwaterverontreinigingen binnen een afstand van 200 m van de verdiepte spoorbak gelegen. Als deze buiten het invloedgebied op de grondwaterstand/-stroming liggen van de verdiepte spoorbak worden geen negatieve effecten verwacht. - Tijdens aanleg zal extra aandacht moeten uitgaan naar beïnvloeding van verontreiniging door tijdelijke bronneringen voor kleine bouwputten en werksleuven.	- Idem #4 - Monitoring van de grondwaterstand en waterkwaliteit tussen de werkzaamheden en de verontreinigingslocaties wordt hiervoor doorgaans door het Waterschap voorgeschreven. Omdat in deze fase van het onderzoek niet bekend is wat de omvang, op welke locatie(s) en de uitvoeringswijze in de tijdelijke situatie grondwaterstandverlagingen worden gerealiseerd, is het risico beheersbaar beoordeeld als voldaan wordt aan de voorgestelde beheersmaatregelen. Op basis van de berekende grondwaterstandverandering worden geen permanente negatieve effecten op de omgeving door verontreinigingen verwacht. Dit risico is beheersbaar beoordeeld.

Nr.	Risico	Omschrijving	Beheersmaatregel/aandachtspunten
7	Wijzigingen van onttrekkingen in de omgeving	• Drinkwater- en industriële onttrekkingen bevinden zich zowel in het eerste- als tweede watervoerend pakket of dieper. Deze zijn gelegen buiten het berekend invloedgebied. • De meest nabijgelegen systeem voor warmte- koudeopslag (KWO) bevindt zich in het tweede watervoerend pakket. • Wanneer in de huidige situatie grondwateronttrekkingen/KWO-systemen voor een verlaging/verhoging van de grondwaterstanden zorgen in Vught, kan bij het stopgezet of verminderen van de onttrekkingshoeveelheden de grondwaterstanden in Vught stijgen. Deze potentiële stijging van de grondwaterstanden zijn dan niet gerelateerd aan de barrière werking van de verdiepte spoorbak. Grondwatermonitoring en registratie van onttrekkingshoeveelheden zijn noodzakelijk om dit te kunnen kwantificeren.	• Als beheersmaatregel is een concept monitoringsplan opgesteld. Dit heeft als doel de nul-situatie (referentie huidige situatie) vast te leggen. Met het monitoringsplan kan ook het effect van grondwateronttrekkingen en KWO-systemen op de grondwaterstand en stijghoogten gemonitord worden. Hierdoor kan onderscheid gemaakt worden tussen effecten die optreden door de spoorbak (project gerelateerd) en grondwateronttrekkingen/KWO-systemen(niet project gerelateerd). • Op basis van de berekende grondwaterstandverandering worden geen permanente negatieve effecten op onttrekkingen verwacht.
	Restrisico	• Ondanks de vooronderzoeken en het Watertoets-proces die met redelijke bekwaamheid, zorgvuldigheid en toewijding zijn uitgevoerd bestaat er een restrisico op onvoorziene situaties.	Voor situaties die niet zijn voorzien in het geohydrologisch onderzoek en de risicoanalyse is de volgende procesafpraak gemaakt tussen ProRail, gemeente en waterschappen. • Het monitoringsplan is een beheersmaatregel om onvoorziene situaties op de grondwaterstand te identificeren en optredende effecten te verifiëren. Bij het optreden van een onvoorziene situatie wordt het effect beoordeeld (door ProRail) en vindt afstemming plaats tussen ProRail en gemeente en waterschappen over de verdere afhandeling van eventuele negatieve effecten of schade. Om eventuele maatregelen te financieren adviseren wij om binnen het project een (risico)budget te reserveren, voor zowel de tijdelijke- als de permanente situatie. Na de evaluatie van de eindsituatie, dat onderdeel uitmaakt van het monitoringsplan, en er geen negatieve effecten zijn toe te wijzen aan de spoorbak Vught, vervalt de monitoringsinspanning en aansprakelijkheid voor het project en ProRail.



Figuur 14 | Risicokaart waarbij de genoemde risicofactoren in de nabijheid van het tracé zijn weergegeven.

5 MODELBESCHRIJVING

5.1 Gegevensbronnen

Voor de grondwatermodellering is gebruikt gemaakt van de volgende gegevensbronnen:

- Regionaal grondwatermodel van De Dommel;
- Hydrologische basisgegevens uit de Hydrologische Gereedheidskist (HGK);
- Leggergegevens van het oppervlaktewatersysteem van het Waterschap De Dommel.
- Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (www.DINOLoket.nl), boringen, grondwaterstanden en bodemschematisatie (REGIS II v2.1).
- Uittreksel van onttrekkingen uit het Landelijk Grondwaterregister (LGR).
- Neerslag en verdampinggegevens van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI/Meteobase).
- Tekening (3 stuks) MB132-04-01 Bijlage 7 - Principe dwarsprofiel diepwanden-Ref-dp A B en C, Ref-dp F en G, Ref-dp H en I, van 22-04-2014, versie A, status definitief.
- Gemeten grondwaterstanden in nabijgelegen peilbuizen van de gemeente Vught en ProRail.
- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2);
- Landelijk Grondgebruik Nederland (LGN6), te raadplegen via Wateratlas Provincie Noord-Brabant.
- Nationaal Hydrologisch Instrument (NHI; www.nhi.nu).

5.2 Modelopbouw

De HGK en het Dommel Model vormen de basis voor het grondwatermodel verdiepte spoorbak Vught. Met aanvullende gegevens zijn de randvoorwaarden (waterlopen, drainage, onttrekkingen) en variabelen (bodemopbouw, doorlatendheden, initiële grondwater condities) bijgewerkt en waar nodig verfijnd. De (initiële) modelafmetingen (grid) hebben de volgende eigenschappen:

- Lengte: 5800 m;
- Breedte: 4800 m;
- Afmeting model cel regionaal model (l x b): 100 x 100 m;
- Afmeting model cel studiegebied (l x b): 12,5 x 12,5 m;
- Oorsprong modelgrid (x, y): Rijksdriehoekstelsel 146.100 m, 404.900 m;
- Aantal modellen: 6.

De geohydrologische opbouw van het grondwatermodel is gebaseerd op de gegevens uit de HGK en REGIS-database. In onderstaande tabel is de bodemopbouw weergegeven zoals deze is opgenomen in het grondwatermodel tot een diepte van NAP -127 m (initieel).

Tabel 3 | Modelschematisatie grondwatermodel verdiepte spoorbak Vught

Model-laag	Geohydrologisch pakket	Formatie	Omschrijving	Diepte indicatie [m NAP]	kh/kv* [m/d]
1	Holoceen <i>Niet vlakdekkend aanwezig. Daar waar de Holocene deklaag niet voorkomt komen de eigenschappen overeen met modellaag 2.</i>	Holoceen	Klei	+6 tot +4	0,5
2	1^e watervoerende pakket	Boxtel	Zand, zeer fijn tot matig grof	+4 tot -14	9
3	Slecht doorlatende laag	Boxtel	Leem, zwak tot sterk zandig, soms kleiig	-14 tot -18	0,007
4	1^e watervoerende pakket	Sterksel en Stramproy	Zand, matig grof tot uiterst grof	-18 tot -90	52
5	Slecht doorlatende laag	Waalre	Klei, sterk zandig tot zwak siltig	-90 tot -118	0,0007
6	2^e watervoerende pakket	Peize/Waalre	Zand, uiterst fijn tot uiterst grof	-118 tot -127	48

*k-waarden zijn gebaseerd op de HGK.

5.3 Uitgangspunten

Bij het opstellen van het model zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De modelberekeningen zijn stationair uitgevoerd voor de gemiddelde langjarige periode 2008-2016. In een stationaire berekening wordt gerekend totdat er een evenwicht ontstaat.
- Aangenomen is dat zowel de watervoerende als de slecht doorlatende lagen isotroop zijn (doorlatendheid in x-, y- en z-richting zijn gelijk). In werkelijkheid zijn deze anisotroop (gemiddeld een factor 1 – 10).
- Voor de watervoerende lagen is voor de porositeit een waarde van 0,3 aangenomen. Voor de slecht doorlatende lagen is voor porositeit een waarde van 0,1 aangenomen.
- Daar waar de Holocene deklaag voorkomt heeft de deklaag een dikte van 2 m. Dit is gebaseerd op de gegevens uit de HKG.
- Het huidige oppervlaktewatersysteem is in het grondwatermodel opgenomen.
- Aangenomen is dat de damwanden een diepte hebben van circa 20 m. De onderkant damwand is gemiddeld op NAP -14 m aangenomen.
- Wijzigingen rondom de aanleg van het nieuwe tracé van de N65 zijn niet opgenomen in het grondwatermodel.

5.4 Randvoorwaarden en variabelen

Grondwateraanvulling

Op basis van de laatste KNMI-neerslag- en verdampinggegevens is de grondwateraanvulling over de jaren 2008 tot en met 2016 circa 0,58 mm/d (neerslaggegevens van KNMI-station Boxtel en verdampingsgegevens van KNMI-station Herwijnen). Deze grondwateraanvulling is toegekend aan het hele modelgebied, waarin geen onderscheid is gemaakt tussen gebieden met verschillende landgebruikstypen.

Stijghoogten

Op basis van de modelresultaten uit de HKG (DORegMod2014) is een regionale grondwaterstand op de modelrand als randvoorwaarde opgelegd. Deze stationaire modelresultaten uit de HKG zijn berekend over de periode 2000-2010. Het ruimtelijk beeld is gemaakt voor watervoerende lagen 2, 4 en 6. De randvoorwaarden zorgen dat er een regionale stroming aan het model wordt toegekend.

Drainage en oppervlaktewater

A-watervangsten

Op basis van de oppervlaktewatergegevens uit de HKG zijn de A-watervangsten aan het grondwatermodel toegevoegd. Voor iedere watervangst is de waterstand, bodemhoogte, breedte watervangst, drainageweerstand en infiltratieweerstand bepaald. De A-watervangsten zijn als drainerende en infiltrerende randvoorwaarden gemodelleerd (MODFLOW 'drains' en 'rivers').

Sloten en greppels

Op basis van de oppervlaktewatergegevens uit de HKG zijn de sloten en greppels aan het model toegekend. In de HKG zijn de sloten en greppels als gebiedsdekkende drainage aan het model toegekend. Voor de sloten en de greppels is de drainagehoogte en drainageweerstand bepaald. De sloten en greppels zijn als drainerende randvoorwaarden aan het model toegevoegd (MODFLOW 'drains').

Stedelijke watervangsten

Naast een geohydrologische modelstudie voert Arcadis ook een oppervlaktewater modelstudie uit voor het watersysteem in Vught. Het watersysteem die in deze modelering is opgenomen is ook gebruikt in de geohydrologische berekening. Hierbij is het watersysteem van de huidige situatie opgenomen. Voor de afmeting van de stedelijke wateren is een breedte van 4 m aangehouden (de meeste watervangsten zijn zeer breed) en een intree en uittreeweerstand van 20 d. De stedelijke watervangsten zijn als drainerende en infiltrerende randvoorwaarden gemodelleerd (MODFLOW 'drains' en 'rivers').

Buisdrainage

Op basis van het NHI is buisdrainage toegekend aan het grondwatermodel. Hierbij zijn de drainageniveaus en drainageweerstanden van het NHI gehanteerd. Binnen het stedelijk gebied en langs infrastructuur is de NHI-buisdrainage niet overgenomen. Binnen de gemeente Vught is het gedetailleerde stedelijke watersysteem hiervoor aangenomen. Voor de NHI-drainage bij infrastructuur is aangenomen dat deze door

sloten en greppels uit de HGK zijn opgelegd. Hiermee is voorkomen dubbele randvoorwaarden aan het model toe te wijzen. De overige NHI-buisdrainage zijn als drainerende randvoorwaarden (MODFLOW 'drains') toegekend aan het model.

5.5 Software

De grondwaterberekeningen zijn uitgevoerd in de programmacode MODFLOW-2000 en MODFLOW-USG (*Unstructured Grid/Quadtree refinement*) van de U.S. Geological Survey. MODFLOW is een driedimensionaal eindige differentie grondwaterstromingsmodel waarmee stijghoogtes, stroomsnelheden en stroombanen kunnen worden berekend. Het model in deze studie is opgesteld in de modelleromgeving Groundwater Vistas 6 van Environmental Simulations, Inc.³ (Version 6.93 Build 35). Groundwater Vistas is een gebruikersschil dat modelleers faciliteert in het aanmaken van modelinput en het analyseren van de modeloutput.

6 MODELRESULTATEN

De gevoeligheidsanalyse en kalibratie van het stationaire grondwatermodel is uitgevoerd aan de hand van gemeten grondwaterstanden en stijghoogten van Gemeente Vught (vanaf maart 2016), ProRail (vanaf februari 2016) en metingen opgenomen in de BRO-database DINOLoket. Uit DINOLoket zijn alleen de locaties en metingen gebruikt waar de grondwaterstanden in het jaar 2000 en/of later zijn gemonitord. De monitoringsgegevens van Rijkswaterstaat voor de N65 zijn niet digitaal beschikbaar gesteld en zijn om deze reden niet meegenomen in de gevoeligheidsanalyse en kalibratie. Controle van de waargenomen grondwaterstanden in peilbuizen van Rijkswaterstaat nabij het spoortracé³ in september en oktober 2014, tonen vergelijkbare grondwaterstanden tussen de 1,3 en 2,5 m-mv (gemiddeld NAP +3,9 m).

De berekende grondwaterstanden zijn uitgezet tegen de gemeten gemiddelde grondwaterstanden. Het verschil wordt uitgedrukt in 'residuals'.

6.1 Gevoeligheidsanalyse

In een gevoeligheidsanalyse wordt systematisch het modelgedrag voor veranderingen in de invoer, begincondities en parameters getoetst. De gevoeligheidsanalyse is geautomatiseerd uitgevoerd. Het modelgedrag is bestudeerd aan de hand van veranderingen van de uitvoervariabelen. De uitkomsten geven informatie met betrekking tot de nauwkeurigheid die gewenst is en anderzijds voor welke parameters parameterschatting zinvol is.

De veranderingen van de nauwkeurigheid van het model is bestudeerd aan de hand van de variaties van zes parametersets:

- Horizontale doorlatendheid (K_h);
- Verticale doorlatendheid (K_v);
- Grondwateraanvulling;
- Doorlatendheid bodem A-watervangsten, stedelijke wateren en sloten en greppels (infiltratie- en drainageweerstand);
- Waterniveau A-watervangsten en stedelijke wateren;
- Drainageniveau A-watervangsten, stedelijke wateren en sloten en greppels.
- Effectieve porositeit voor watervoerende laag 0,27 en voor waterscheidende laag 0,1.

Een maat voor de nauwkeurigheid van het model is het verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de veldwaarnemingen en modeluitkomsten, dit verschil wordt aangeduid als afwijking ('*residual*').

De variatie van de grootte van de parameters is uitgezet tegen de *sum of squared residuals* (verticaal, Y-as) en de vermenigvuldigingsfactoren (horizontaal, X-as). Deze gevoeligheidsanalyse is in onderstaande figuren weergegeven. Hierbij geldt dat de multiplier 1 op de X-as, de initiële parameterwaarde aangeeft zoals in het model opgenomen. Door deze te variëren (delen door 10 tot vermenigvuldigen met 10, dat wil zeggen 0,1 tot 10 op de X-as), neemt de *sum of squared residuals* (kwadraat, wordt gehanteerd om afwijkingen positief en negatief vergelijkbaar en optelbaar te maken) toe of af. Hoe horizontaler de lijn in de grafiek, hoe ongevoeliger de modeluitkomsten zijn voor wijzigingen in de desbetreffende parameter.

Waterstanden/drainageniveaus van A-watervangsten, B-watervangsten en sloten en greppels zijn ook in de gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om eventuele fouten in het modelconcept op te sporen.

De variatie van de grootte van de parameters is in Figuur 15 uitgezet tegen de absolute gemiddelde afwijking ('*absolute residual mean*') (verticaal, Y-as) en de vermenigvuldigingsfactoren (horizontaal, X-as). Hierbij geldt dat de vermenigvuldigingsfactor 1 op de X-as, de initiële parameterwaarde aangeeft zoals in het model opgenomen. Door deze te variëren (delen door 10 tot vermenigvuldigen met 10, dat wil zeggen 0,1 tot 10 op de X-as), neemt de *absolute residual mean* toe of af. Hoe horizontaler de lijn in de grafiek, hoe ongevoeliger de modeluitkomsten zijn voor wijzigingen in de desbetreffende parameter.

De gevoeligheid voor waterstanden is ook uitgevoerd om eventuele fouten in het modelconcept op te sporen of juist uit te sluiten. Zo is te zien dat het aanpassen van het drainageniveau van de A-watervangsten, het aanpassen van het drainageniveau van de sloten en greppels én het aanpassen van de

³ Peilbuizen: B-P01, B-P02, B-P03-1, B-P03-2, B-P04, B-P08, B-P09, B-P10, B-P11-1, B-P11-2, B-P18-1, B-P18-2, B-P19-1, B-P19-2 (Inpijn-Blokpoel, 2014. Globale verkenning N65 te Vught en Helvoirt: Resultaten geotechnisch onderzoek. Documentnummer 02P004977-RG-02, 6/11/2014, INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau, Son en Breugel.)

grondwateraanvulling zorgt voor een verslechtering van het grondwatermodel (verhoging *absolute residual mean*). Des te groter de *absolute residual mean* is, des te groter de afwijking wordt ten opzichte van de gemeten stijghoogten. En des te kleiner de *absolute residual mean*, des te kleiner de afwijking ten opzichte van de gemeten stijghoogten.

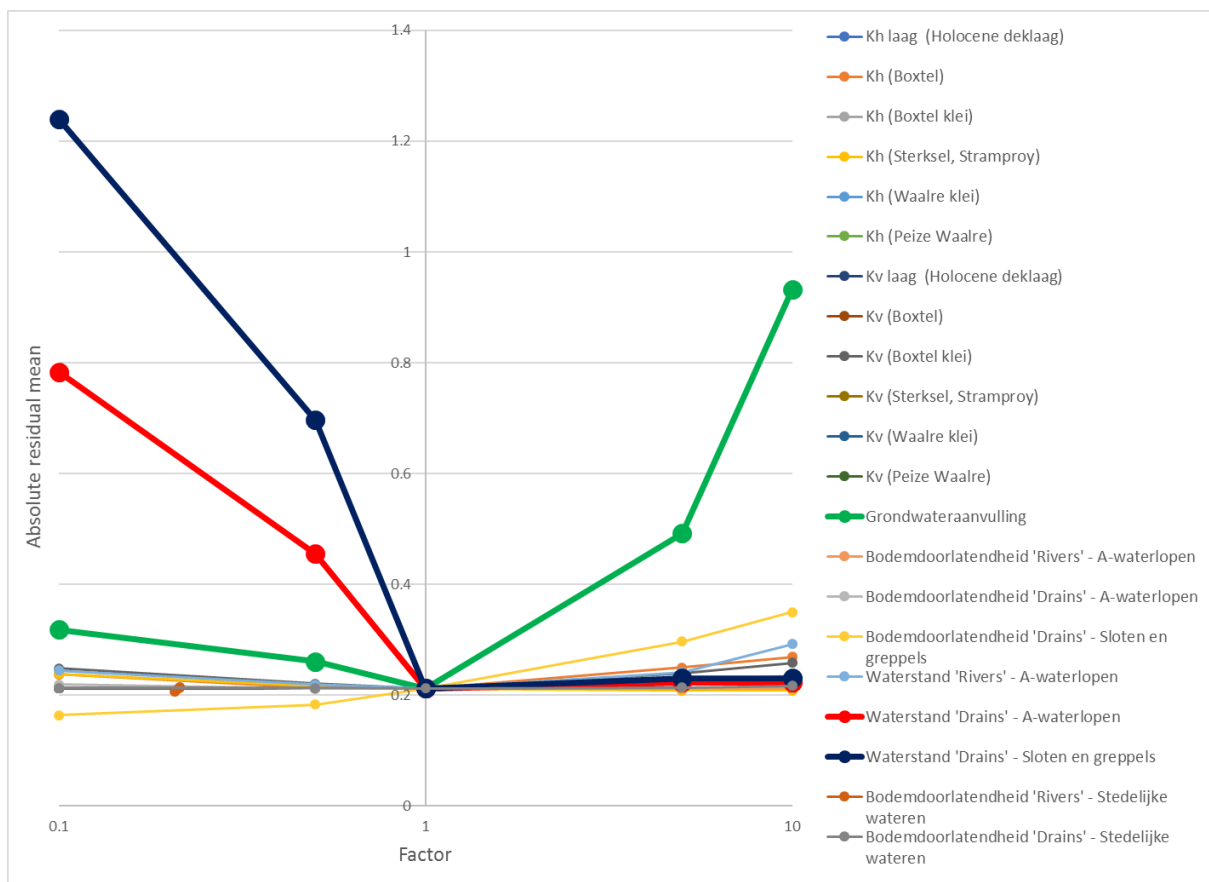
De meest interessante parameters binnen een gevoeligheidsanalyse zijn de parameters die bij een bepaalde wijziging zorgen voor een kleinere *absolute residual mean*. Omdat deze parameters moeilijk zijn af te lezen uit de grafiek, zijn de *absolute residual means* voor de meest gevoelige parameters weergegeven in Tabel 4.

De gevoeligheidsanalyse laat zien dat met de initieel ingeschatte parameterwaarden een goed resultaat behaald wordt. Veel van de toegepaste verhogingen of verlagingen in de parameterwaarden zorgen voor een grotere afwijking tussen gemeten en berekende grondwaterstanden (verslechtering van grondwatermodel).

Op basis van de gevoeligheidsanalyse zijn de voornaamste te kalibreren parameters bepaald. Het modelresultaat is het meest gevoelig voor de volgende parameter waarbij een verbetering van het modelresultaat kan worden behaald:

- Doorlatendheid rivierbodem sloten en greppels (drainageweerstand).

Voor de drainagehoogte van greppels en sloten (rode lijn in Figuur 15), waterstand van waterlopen (blauwe lijn) en grondwateraanvulling (groene lijn) is het model eveneens gevoelig. De eerste twee parameters zijn een controle op de werking van het model. Bij een verlaging van de drainagehoogte en/of waterpeil neemt de modelafwijking toe. Bij zowel een verhoging als een verlaging van de grondwateraanvulling neemt de modelafwijking toe. In Tabel 4 zijn voor de meest gevoelige parameters de berekende absolute gemiddelde afwijkingen opgenomen zoals weergegeven in Figuur 15.



Figuur 15 | Kalibratieresultaat. In de kalibratie worden de meest gevoelige parameterwaarden geoptimaliseerd en in beeld gebracht.

Tabel 4 | Gevoeligheid weergegeven in de **absolute gemiddelde afwijking**.

Verm. factor	Grondwater-aanvulling	Drainage weerstand sloten en greppels 'Drain Cond2'	Drainage niveau A-waterlopen 'Drain Head1'	Drainage niveau sloten en greppels 'Drain Head1'
0,1	0,32	0,16	0,78	1,24
0,5	0,26	0,18	0,46	0,70
1	0,21	0,21	0,21	0,21
5	0,49	0,30	0,22	0,23
10	0,93	0,35	0,22	0,23

In een gevoeligheidsanalyse wordt de interactie tussen verschillende parameters niet onderzocht. Tijdens kalibratie worden combinaties van parameteraanpassingen uitgevoerd om te komen tot een beter modelresultaat.

6.2 Kalibratie (basismodel 2008-2016)

Kalibratie is het in overeenstemming brengen van veldwaarnemingen (bijvoorbeeld grondwaterstanden en stijghoogten) en de modeluitkomsten, door parameterwaarden bij te stellen. Het verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de veldwaarnemingen en modeluitkomsten worden uitgedrukt in afwijkingen ('residuals'). Tijdens de kalibratie wordt een set parameters (gekozen op basis van de gevoeligheidsanalyse) zo aangepast, dat de absolute afwijking van de berekende grondwaterstand met de langjarige gemiddelde grondwaterstand of stijghoogte kleiner is dan 10% van het bereik in gemeten gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten. Hierbij wordt gestreefd naar:

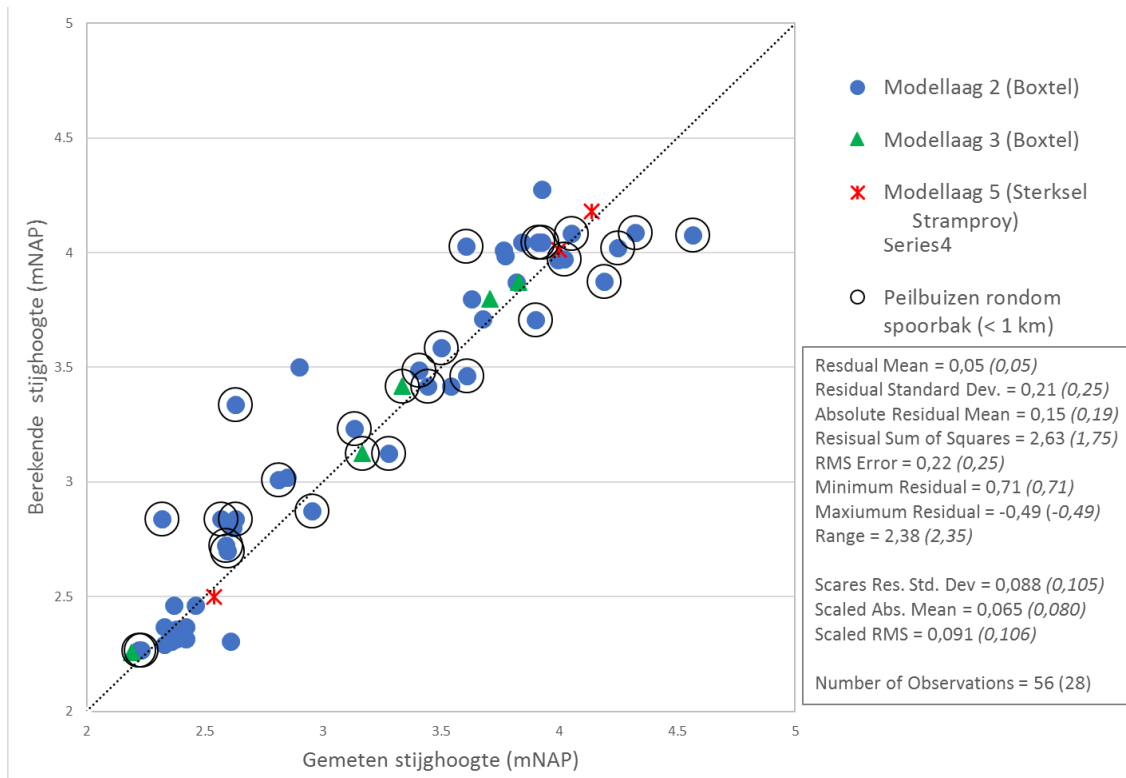
- Een zo klein mogelijke afwijking, waarbij de afwijkingen gelijkmatig verdeeld zijn over het modelgebied, en;
- Te hoog en te laag berekende waarden moeten gelijkmatig verdeeld zijn en de afwijkingen van de te hoge waarden moeten ongeveer gelijk zijn aan de afwijkingen van de te lage waarden (gemiddelde afwijking zo laag mogelijk).

Wanneer grotere afwijkingen alleen in bepaalde gebieden worden waargenomen of wanneer er een ongelijke verdeling is tussen te hoog en te laag berekende waarden, dan duidt dit op een (conceptuele) fout in het model. Voor de gemeentelijke peilbuislocaties en peilbuizen van ProRail worden grotere afwijkingen geaccepteerd vanwege de korte meetperiode (< 1 jaar). De gemiddeld berekende waargenomen grondwaterstanden kunnen door deze korte meetperiode boven of onder het langjarig gemiddelde liggen.

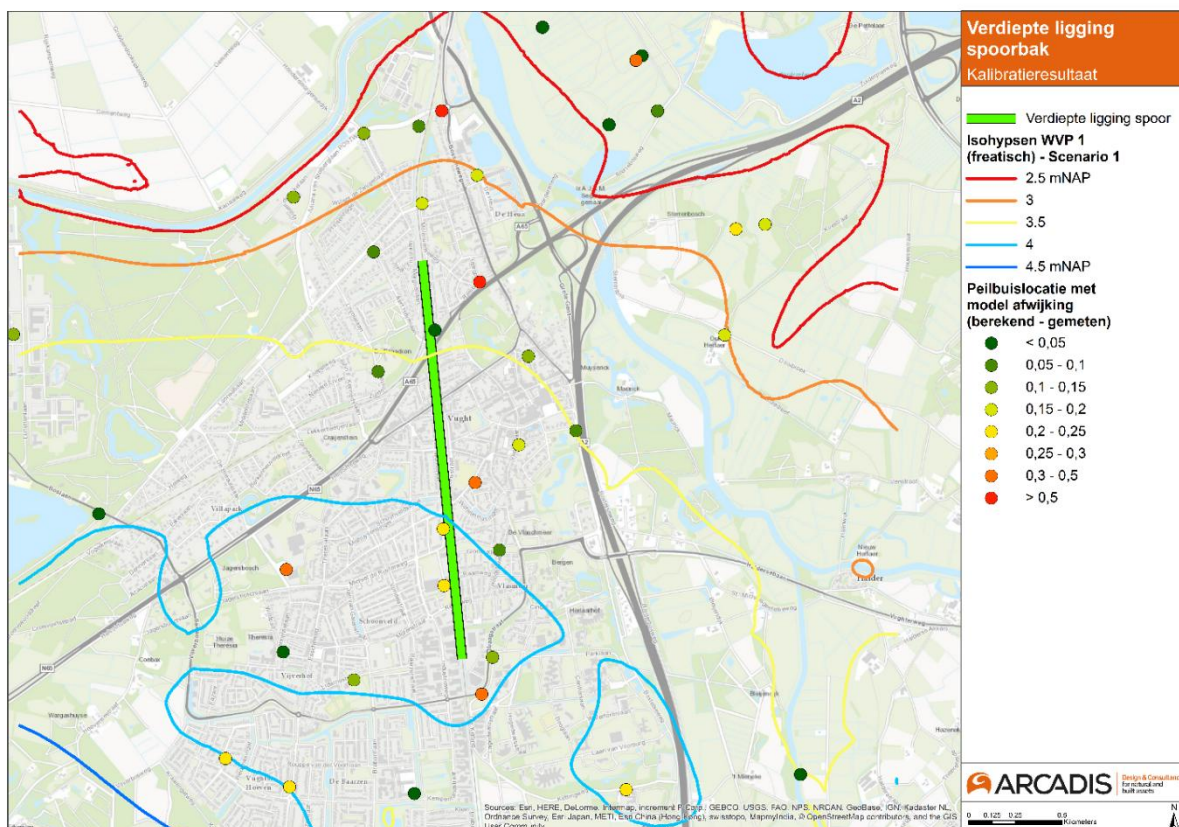
Op basis van de gevoeligheidsanalyse is een handmatige kalibratie uitgevoerd op de meest gevoelige parameters. Door een handmatige kalibratie uit te voeren wordt er beter grip gehouden op de wijzigingen die in het model worden aangebracht. Hierbij is een optimale parameterinschatting bepaald waarbij de gekalibreerde parameters representatieve waarden hebben die binnen een realistisch bereik liggen. In Figuur 16 is het kalibratieresultaat weergegeven voor het hele modelgebied.

- De gemiddelde absolute afwijking is 0,15 m. Dit is een maat voor de bandbreedte van de modelberekeningen. Er zijn grotere afwijkingen berekend tot 0,7 m te hoog en 0,5 m te laag.
- De verdeling tussen te hoog en te laag berekende grondwaterstanden en stijghoogten is goed verdeeld. Dit is af te leiden uit de gemiddelde afwijking van 0,05 m en weergegeven in Figuur 16.

De berekende stijghoogten in het eerste watervoerend pakket (modellaag 5) komen goed overeen met de gemeten stijghoogten op peilbuislocaties B45C0388, B45C0391 en B45D0117, zie ook Figuur 16. De berekende afwijkingen in de 3 peilbuisclusters met zowel filters boven als onder de 'Boxtel klei' is gemiddeld kleiner dan 0,05 m, met uitzondering van de freatische grondwaterstand in peilbuis B45D0117_1. Dit filter is in het beekdal van De Dommel gelegen waardoor het langjarig gemiddelde sterk beïnvloed wordt door het oppervlaktewaterpeil op deze watergang en daardoor minder geschikt is als kalibratiepunt voor het grondwatermodel.



Figuur 16 | Spreidingsdiagram van het kalibratieresultaat (referentiemodel), weergegeven aan de hand van de berekende en gemeten (waargenomen) gemiddelde stijghoogten voor de periode 2008-2016. De omcirkelde punten illustreren de peilbuizen binnen een straal van 1 km rondom de spoorbak. In het tekstvak staan de statistieken weergegeven voor alle peilbuizen en voor de peilbuizen binnen de straal van 1 km (cursief).



Figuur 17 | Kalibratieresultaat (referentiemodel). Afwijkingen zijn in absolute waarden weergegeven.

6.3 Geldigheidsgebied en verantwoording

Het grondwatermodel is gekalibreerd op basis van grondwaterstand- en stijghoogtegegevens voor de hydrologische periode van 2008 tot en met 2016. Het aandachtsgebied van het model is het gebied rondom de verdiepte spoorbak. Binnen dit aandachtsgebied mogen de modelresultaten onder de volgende omstandigheden gebruikt worden:

- Het grondwatermodel is gebouwd om het effect van een verdiepte spoorbak in Vught in beeld te brengen. Het model dient in de huidige staat alleen voor dit doeleinde te worden gebruikt.
- Het model is stationair gekalibreerd voor een gemiddeld langjarige periode van 8 jaar (2008 - 2016). Hierdoor is het model alleen geschikt om gemiddelde situaties door te rekenen (geen extremen/grondwaterdynamiek).
- De gebruiker dient kennis te nemen van de kalibratieresultaten en berekende afwijkingen ten opzichte van gemeten grondwaterstanden en stijghoogten ('residuals'). Deze residuals geven inzicht in de betrouwbaarheid van de modelresultaten. De berekende afwijkingen hebben een gemiddelde absolute afwijking van 0,15 m (= bandbreedte). De gemiddelde afwijking is 0,05 m. De maximaal berekende afwijking op 2 locaties zijn +0,71 en -0,49.
- Het grondwatermodel is opgesteld met alle redelijke bekwaamheid, zorgvuldigheid en toewijding, rekening houdend met de middelen die tot de beschikking van Arcadis behoorden ten tijde van uitvoering.

7 EFFECTEN OP DE OMGEVING

Met het grondwatermodel opgesteld zijn de mogelijke permanente effecten van de verdiepte spoorbak op grondwaterstanden en grondwaterstroming in berekend. Op basis van de ondergrondgegevens, stijghoogten en kwelkaarten is een heterogene bodemopbouw waargenomen. Aanvullend op de hydrogeologische schematisatie van de HGK en REGISII v2.1 is de onzekerheid over de aanwezigheid van de kleilaag van Bortel op circa NAP -20 is in beeld gebracht met lokale boringen. Naast een overwegend infiltratiesituatie is het effect van een mogelijke kwelsituatie ook in beeld gebracht (zie Hoofdstuk 3). Het effect van deze ruimtelijke variaties op de modelberekening is gekwantificeerd aan de hand van scenarioberekeningen. Hiervoor zijn 3 scenario's bepaald, waarbij: 1) de kleilaag vlakdekkend aanwezig is; 2) de kleilaag deels ontbreekt en 3) een kwelsituatie optreedt ter plaatse van Vught. De volgende uitgangspunten zijn in de scenarioberekeningen gehanteerd:

- Scenario 0: huidige situatie (gekalibreerd model ~ 'referentie' model)
De Bortel klei is als vlakdekkende slecht doorlatende laag opgenomen. Dit komt overeen met de schematisatie in REGIS II versie 2.1 en de schematisatie zoals deze in de HGK is opgenomen. Er treedt overwegend infiltratie op in het aandachtsgebied.
- Scenario 1: verdiepte spoorbak
Als uitgangsmodel is het basismodel (scenario 0) gebruikt. De dieptes van de diepwanden zijn overgenomen uit de meest actuele ontwerptekeningen.
- Scenario 2: verdiepte spoorbak zonder vlakdekkende aanwezigheid Bortel klei.
De Bortel klei is alleen in het zuidoostelijke deel van het modelgebied als vlakdekkende slecht doorlatende laag opgenomen. Als referentie is een variant op het basismodel (scenario 0) gebruikt, waarin de vlakdekkende slecht doorlatende laag deels is verwijderd.
- Scenario 3: verdiepte spoorbak met kwelsituatie.
De Bortel klei als vlakdekkende slecht doorlatende laag opgenomen. Hierbij is aangenomen dat de stijghoogten onder de Bortel klei hoger zijn dan de stijghoogten boven de Bortel klei (kwelsituatie). Om een stijghoogteverschil van circa 0,10 m (boven en onder de kleilaag) te realiseren zijn de stijghoogten op de modelranden in modellaag 5 met 0,7 m verhoogd en in modellaag 3 met 0,7 m verlaagd. Daarnaast is er geen grondwateraanvulling aan het model opgelegd. Als referentie is een variant op het basismodel (scenario 0) gebruikt waarin deze kwelsituatie is doorgevoerd.

Tabel 5 | Berekende effecten op de grondwaterstand in de 3 scenario's

Verdiepte spoorbak	Verhoging/verlaging	Afstand	Negatief effect
1. vlakdekkende kleilaag	+0,05 m / -0,05 m	Circa 150 m	Nee
2. lokale kleilaag	+0,05 m / -0,05 m +0,10 m / -0,10 m	Circa 250 m Circa 85 m	Nee
3. kwelsituatie vlakdekkende kleilaag	+0,05 m / -0,05 m +0,10 m / -0,10 m*	Circa 160 m Circa 100 m*	Nee

* aanvullende modelberekening met 0,5 m kwel ter plaatse van het spoorbak-tracé/centrum Vught

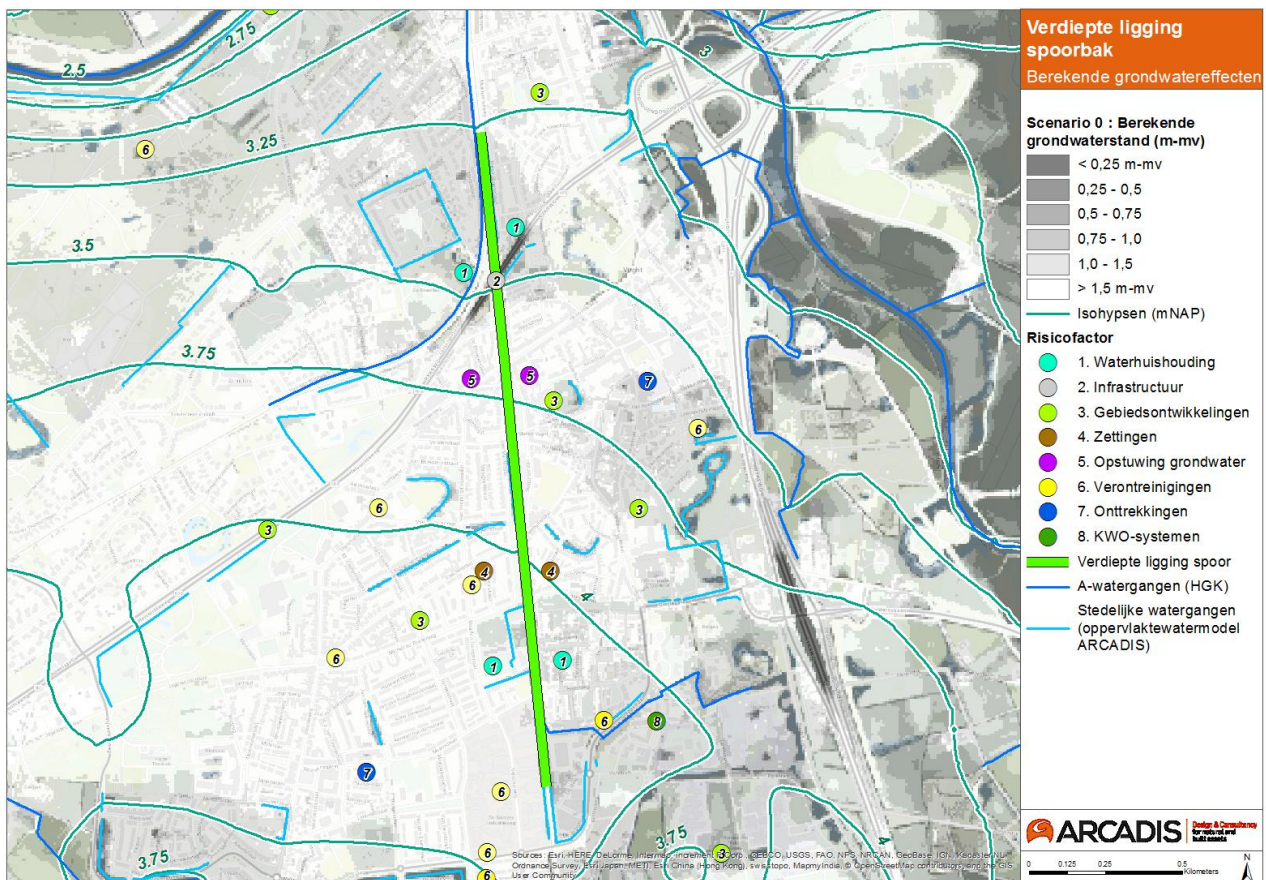
- De berekende freatische grondwaterstandverandering (verhoging/verlaging) in modellaag 1 is circa 0,05 tot 0,10 m.
- De afstand waarover de grondwaterstandverandering (verhoging) is berekend is circa 85 m (0,10 m) tot 250 m (0,05 m) van het tracé (Scenario 2). Binnen deze afstand komen voor zo ver bekend geen onttrekkingen voor. Voor alle overige risicofactoren, naast de grondwateronttrekkingen, leidt de berekende grondwaterstandsverandering niet tot negatieve effecten. Hiervoor is de berekende verandering te klein ten opzichte van de ontwateringsdiepte (>1 m-mv).
- Extra aandacht moet uitgaan (onderzoek en monitoring) naar locaties waar in de huidige situatie wateroverlast wordt ervaren. Bijvoorbeeld nabij de N65 waar de grondwaterstand een hogere GHG heeft / het maaiveld lager ligt dan het gemiddelde in Vught en de begraafplaats Ouwerkerk.
- De berekende stijghoogteverandering onder de slecht doorlatende kleilaag van de Formatie Bortel is niet significant (<0,05 m).

7.1 Scenario 0

Scenario 0: huidige situatie (gekalibreerd model ~ 'referentie' model)

De Bostel klei is als vlakdekkende slecht doorlatende laag opgenomen. Dit komt overeen met de schematisatie in REGIS II versie 2.1 en de schematisatie zoals deze in de HGK is opgenomen. Er treedt overwegend infiltratie op in het aandachtsgebied.

In de huidige situatie worden over het algemeen geen hoge grondwaterstanden ervaren. Dit is naar voren gekomen in een enquête die de Gemeente Vught een aantal jaren geleden heeft uitgevoerd naar (grond)wateroverlast. Wateroverlast is incidenteel en blijft beperkt tot af en toe een vochtige tuin of woning. De oorzaak hiervan ligt vermoedelijk meer in de richting van ontwatering en slecht drainerende bodem dan hoge grondwaterstanden. In onderstaande figuur is het berekende ontwateringsniveau weergegeven ten opzichte van het AHN2.



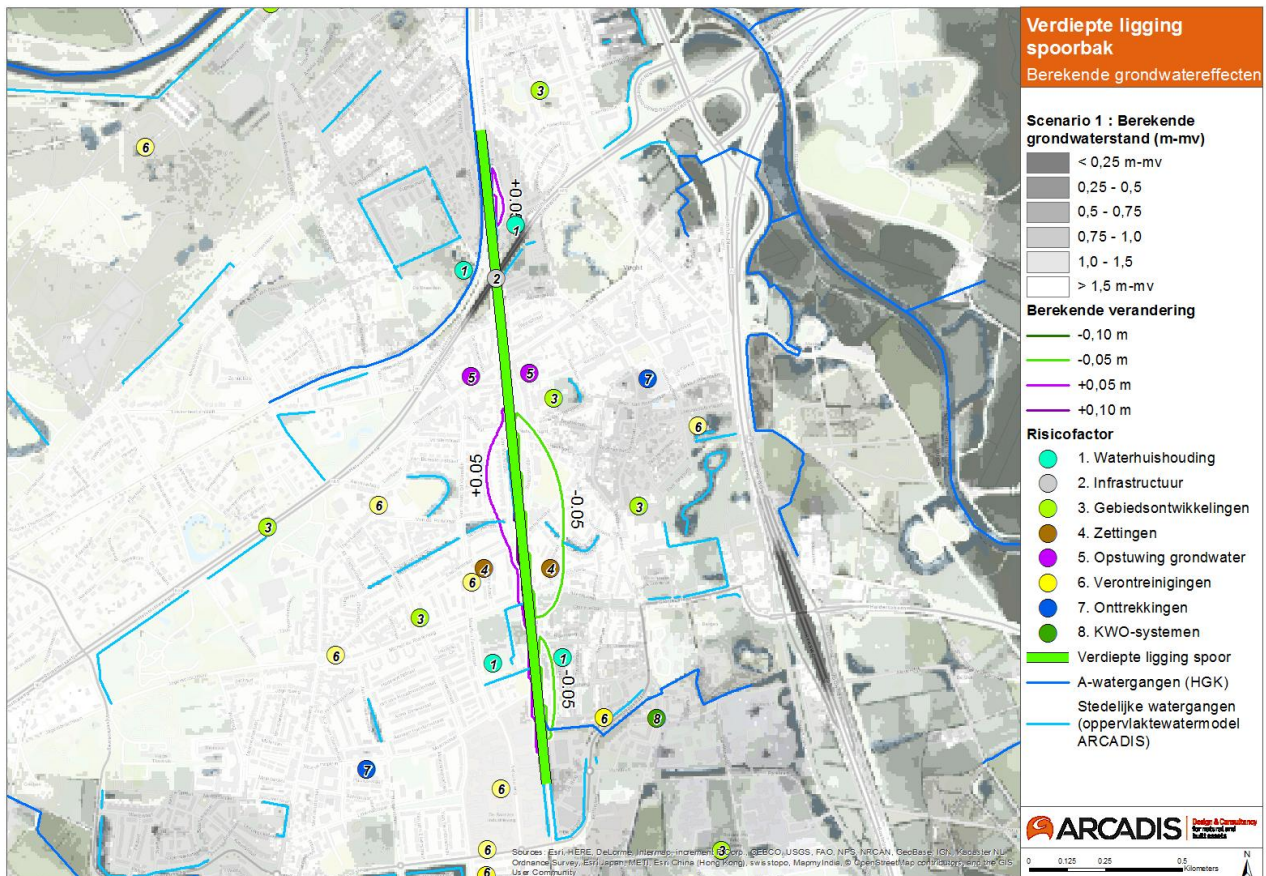
Figuur 18 | Berekend ontwateringsniveau en freatische grondwaterstand voor de huidige situatie (Scenario 0).

7.2 Scenario 1

Scenario 1: verdiepte spoorbak

Als uitgangsmodel is het basismodel (scenario 0) gebruikt. De dieptes van de diepwanden zijn overgenomen uit de meest actuele ontwerptekeningen.

- De berekende freatische grondwaterstandverandering (verhoging/verlaging) in modellaag 1 is circa 0,05 m (zie Figuur 19).
- De afstand waarover de grondwaterstandverandering (verhoging/verlaging) is berekend is tot op circa 150 m van het tracé. Binnen deze afstand komen geen onttrekkingen voor.
- Voor alle overige risicofactoren, naast de grondwateronttrekkingen, leidt de berekende grondwaterstandsverandering niet tot negatieve effecten. Hiervoor is de berekende verandering te klein ten opzichte van de ontwateringsdiepte (>1 m-mv).
- Extra aandacht moet uitgaan (onderzoek en monitoring) naar locaties waar in de huidige situatie wateroverlast wordt ervaren. Bijvoorbeeld nabij de N65 waar de grondwaterstand een hogere GHG heeft / het maaiveld lager ligt dan het gemiddelde in Vught en de begraafplaats Ouwerkerk.
- De berekende stijghoogteverandering onder de slecht doorlatende kleilaag van de Formatie Bostel is niet significant ($<0,05$ m).



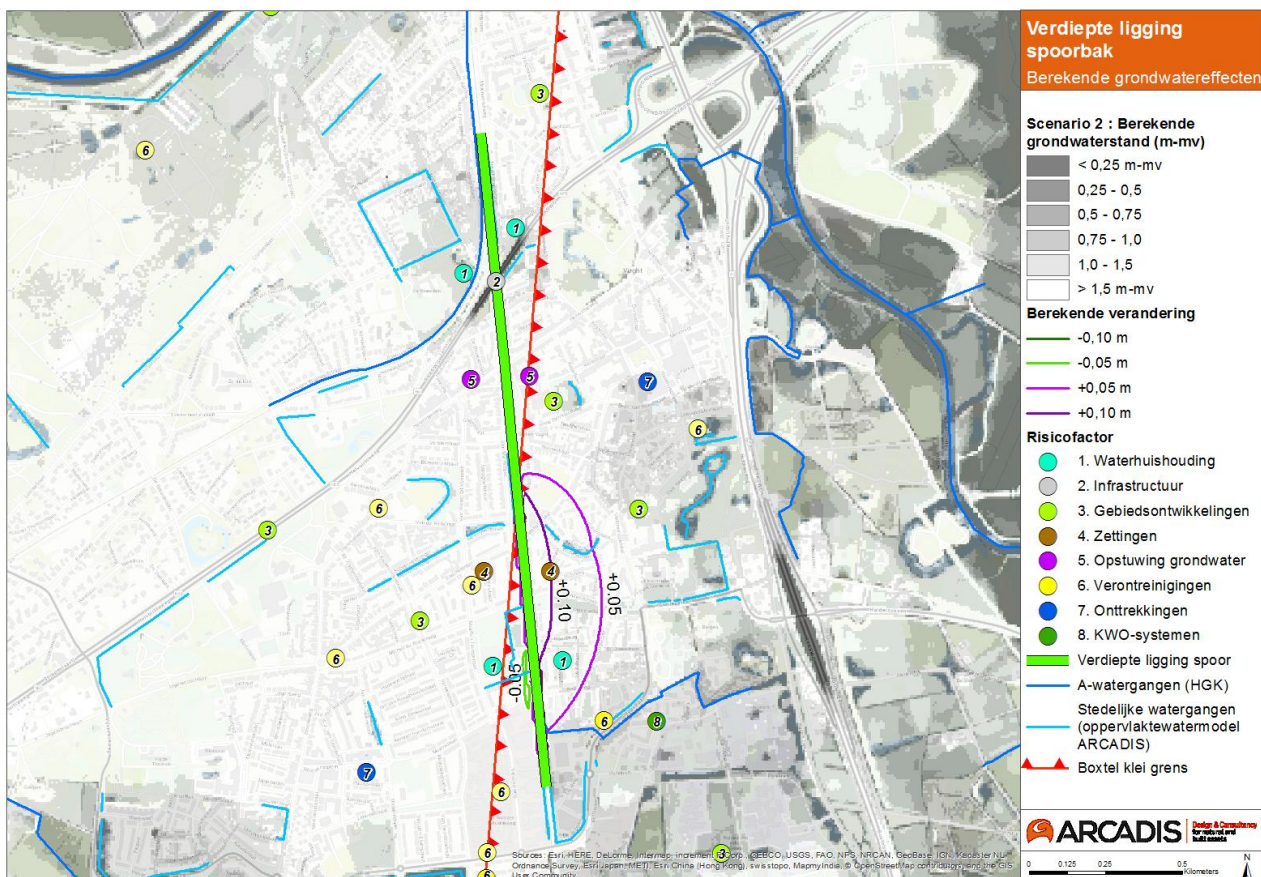
Figuur 19 | Berekende grondwaterstandverandering door de verdiepte spoorbak in scenario 1: bij een wijdverbreide (vlakdekkende) kleilaag van de Formatie van Bostel op circa 20 m-mv. De berekende grondwaterstand in m-mv is het ontwateringsniveau van de referentieberekening zonder spoorbak (= scenario 0).

7.3 Scenario 2

Scenario 2: verdiepte spoorbak zonder vlakdekkende aanwezigheid Bostel klei.

De Bostel klei is alleen in het zuidoostelijke deel van het modelgebied als vlakdekkende slecht doorlatende laag opgenomen. Als referentie is een variant op het basismodel (scenario 0) gebruikt, waarin de vlakdekkende slecht doorlatende laag deels is verwijderd.

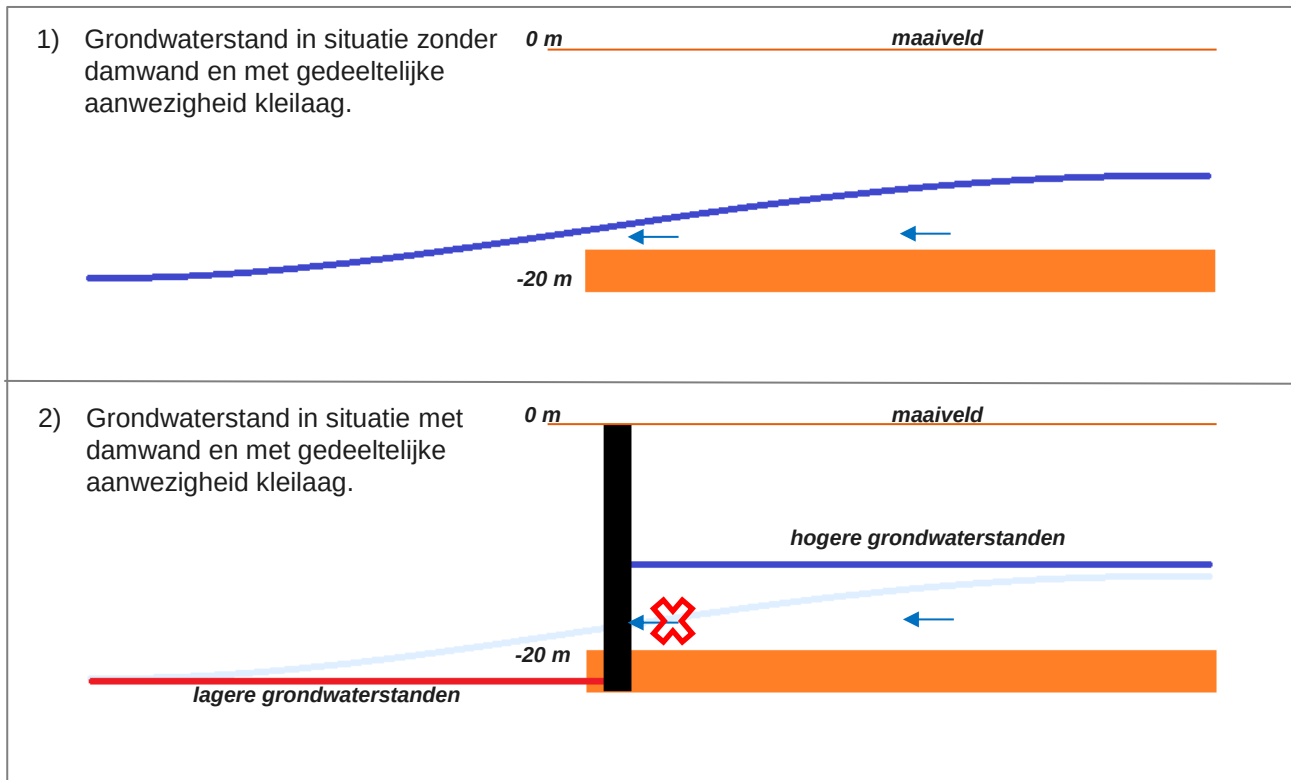
- De berekende freatische grondwaterstandverandering (verhoging/verlaging) in modellaag 1 is circa 0,05 m tot 0,10 m (zie Figuur 20).
- De afstand waarover de grondwaterstandverandering (verhoging) is berekend is circa 85 m (0,10 m) tot 250 m (0,05 m) van het tracé. Binnen deze afstand komen voor zo ver bekend geen onttrekkingen voor.
- Voor alle overige risicofactoren leidt de berekende grondwaterstandsverhoging niet tot negatieve effecten. Hiervoor is de berekende verhoging te klein ten opzichte van de ontwateringsdiepte (>1 m-mv).
- Extra aandacht moet uitgaan (onderzoek en monitoring) naar locaties waar in de huidige situatie wateroverlast wordt ervaren. Bijvoorbeeld nabij de N65 waar de grondwaterstand een hogere GHG heeft / het maaiveld lager ligt dan het gemiddelde in Vught en de begraafplaats Ouwerkerk.
- De berekende stijghoogteverandering onder de slecht doorlatende kleilaag van de Formatie van Bostel is niet significant (<0,05 m).



Figuur 20 | Berekende grondwaterstandverandering door de verdiepte spoorbak in scenario 2: bij een deels aanwezige kleilaag (oostelijk) van de Formatie van Bostel op circa 20 m-mv. De berekende grondwaterstand in m-mv is het ontwateringsniveau van de referentieberekening zonder spoorbak (scenario 2).

Toelichting op het berekend effect

De scheiding van de slecht doorlatende laag is op basis van lokale boringen en de heterogeniteit bewust halverwege de verdiepte ligging van de spoorbak gekozen. Hierdoor is inzichtelijke gemaakt wat het effect is van de scheidende laag ter plaatse van het tracé. In onderstaande illustratie is dit conceptueel toegelicht.



Figuur 21 | Illustratie bij toelichting op berekend effect scenario 3. De ingetekende grondwaterstanden zijn illustratief.

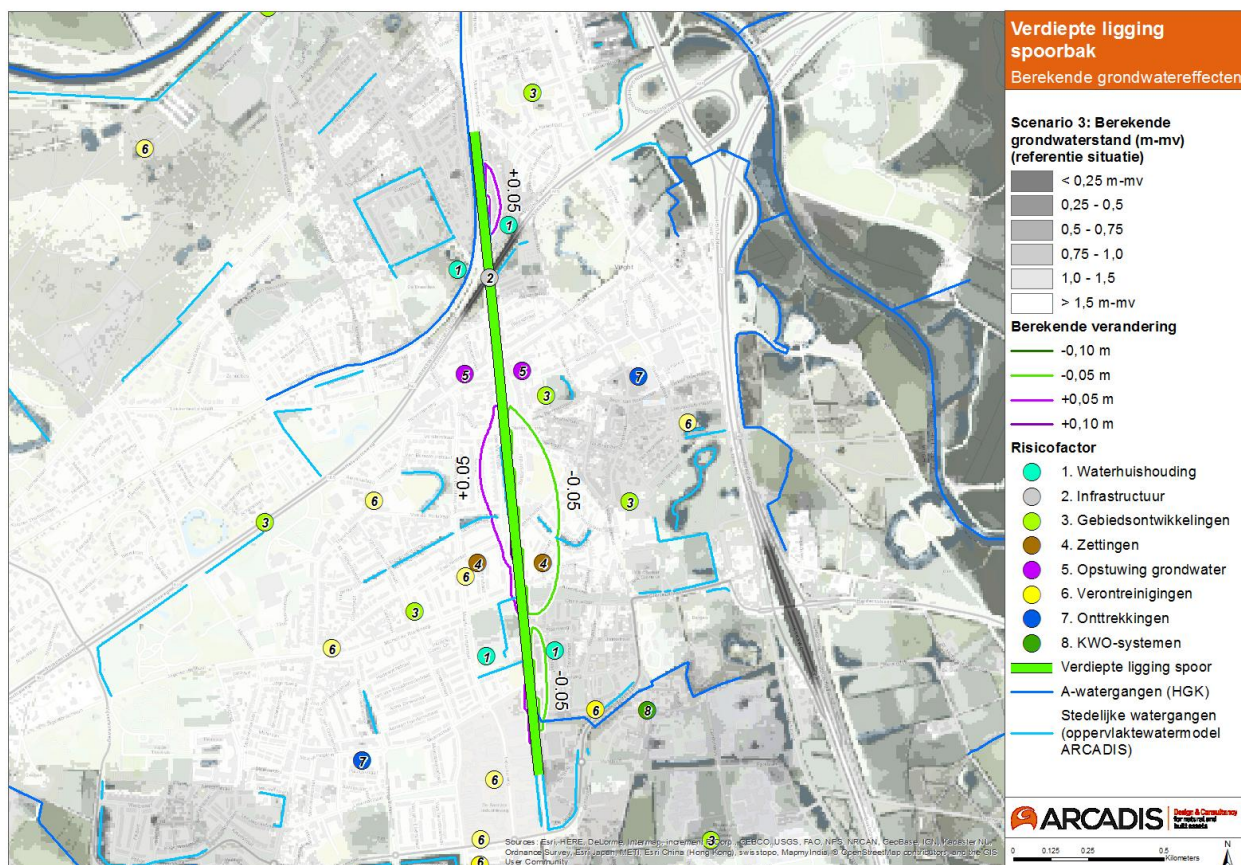
- Langs het tracé waar de kleilaag ontbreekt worden geen significante grondwaterstand-veranderingen berekend. Het grondwater heeft hier de mogelijkheid om onder de verdiepte spoorbak door te stromen.
- Waar de scheidende laag aan weerszijde van het tracé aanwezig is, wordt aan de zijde waar de grondwaterstroming tegen de spoorbak stroomt voornamelijk een grondwaterstandverhoging berekend. Aan de andere zijde wordt voornamelijk een grondwaterstandverlaging berekend. Zie hiervoor ook het berekend effect in scenario 1.
- In de referentiesituatie zonder spoorbak en met een gedeeltelijk aanwezige kleilaag kan de grondwaterstand richting de rand van de kleilaag richting het dieper gelegen watervoerend pakket stromen. Hierdoor ontstaat een meer geleidelijke overgang van de grondwaterstand boven de kleilaag (oost) naar waar de kleilaag ontbreekt (west). Zie situatie 1) in Figuur 21.
- Door de aanwezigheid van de spoorbak wordt deze stroming en geleidelijke overgang geblokkeerd wat leidt tot een grondwaterstandverhoging aan de oostkant van het tracé. Zie situatie 2) in Figuur 21.

7.4 Scenario 3

Scenario 3: verdiepte spoorbak met kwelsituatie.

De Boxtel klei als vlakdekkende slecht doorlatende laag opgenomen. Hierbij is aangenomen dat de stijghoogten onder de Boxtel klei hoger zijn dan de stijghoogten boven de Boxtel klei (kwelsituatie). Om een stijghoogteverschil van circa 0,10 m (boven en onder de kleilaag) te realiseren zijn de stijghoogten op de modelranden in modellaag 5 met 0,7 m verhoogt en in modellaag 3 met 0,7 m verlaagd. Daarnaast is er geen grondwateraanvulling aan het model opgelegd. Als referentie is een variant op het basismodel (scenario 0) gebruikt waarin deze kwelsituatie is doorgevoerd.

- De berekende freatische grondwaterstandverandering (verhoging/verlaging) in modellaag 1 is circa 0,05 m (zie Figuur 22).
- De afstand waarover de grondwaterstandverandering is berekend is tot op circa 160 m van het tracé. Binnen deze afstand komen geen onttrekkingen voor.
- Voor alle overige risicofactoren leidt de berekende grondwaterstandsverhoging niet tot negatieve effecten. Hiervoor is de berekende verhoging te klein ten opzichte van de ontwateringsdiepte (>1 m-mv).
- Extra aandacht moet uitgaan (onderzoek en monitoring) naar locaties waar in de huidige situatie wateroverlast wordt ervaren. Bijvoorbeeld nabij de N65 waar de grondwaterstand een hogere GHG heeft / het maaiveld lager ligt dan het gemiddelde in Vught en de begraafplaats Ouwerkerk.
- De berekende stijghoogteverandering onder de slecht doorlatende kleilaag van de Formatie van Boxtel is niet significant ($<0,05$ m).



Figuur 22 | Berekende grondwaterstandverandering door de verdiepte spoorbak in scenario 3: bij een wijdverbreide (vlakdekkende) kleilaag van de Formatie van Boxtel op circa 20 m-mv en kwel flux vanuit watervoerend pakket onder de Boxtel klei naar het freatisch pakket. De berekende grondwaterstand in m-mv is het ontwateringsniveau van de referentieberekening zonder spoorbak (scenario 3).

Aanvullende berekening kwelsituatie

Om de gevoeligheid op de aangenomen kwelsituatie in Scenario 3 te onderzoeken is een aanvullende berekening uitgevoerd waarbij een extra verhoging van 0,5 m is opgelegd aan de stijghoogte in het eerste

watervoerend pakket, onder de 'Boxtel klei' (modellaag 5). Hiermee is onderzocht wat het effect is ter plaatse van het spoorbak-tracé als de stijghoogte onder de 'Boxtel klei' hoger is dan in de referentiesituatie is aangenomen (=gekalibreerd model). De berekende grondwaterstandverandering en invloedgebied is groter dan berekend in scenario 3 maar ligt in dezelfde orde-van-grootte als berekend in scenario 2. In het monitoringsplan (beheersmaatregel) is uitgegaan van het maximaal berekend effect.

8 MONITORINGSPLAN

8.1 Monitoringsdoel

In hoofdstuk 4 is een aantal risicofactoren en knelpunten benoemd. Op basis van de benoemde knelpunten en risicofactoren én berekende effecten is een (concept) monitoringsplan opgesteld. Het monitoringsplan is een aanvulling op de bestaande meetnetten van de gemeente Vught, Rijkswaterstaat en ProRail. Het monitoringsplan is met de volgende doelen opgesteld:

1. Vastleggen van de nul-situatie
2. Effectmonitoring tijdens de bouwfase
3. Effectmonitoring permanente situatie (evaluatie)
4. Controle berekende en onvoorziene effecten in de modelstudie (verificatie)
5. Waterkwaliteit van grondwater in beeld brengen

Voor situaties die niet zijn voorzien in het geohydrologisch onderzoek en de risicoanalyse, heeft het monitoringsplan als doel om als beheersmaatregel onvoorziene situaties op de grondwaterstand te identificeren en optredende effecten te verifiëren. Bij het optreden van een onvoorziene situatie wordt het effect beoordeeld (door ProRail) en vindt afstemming plaats tussen ProRail en gemeente en waterschappen over de verdere afhandeling van eventuele negatieve effecten of schade. Dit is afgesproken in het Watertoets-proces. Om eventuele maatregelen te financieren adviseren wij om binnen het project een (risico)budget te reserveren, voor zowel de tijdelijke- als de permanente situatie. Na de evaluatie van de eindsituatie, dat onderdeel uitmaakt van het monitoringsplan, en er geen negatieve effecten zijn toe te wijzen aan de spoorbak Vught, vervalt de monitoringsinspanning en aansprakelijkheid voor het project en ProRail.

Vastleggen van de nul-situatie

Om de potentiële effecten van de spoorbak op de grondwaterstanden en omgeving te kunnen kwantificeren zijn meetreeksen noodzakelijk. Hiermee kunnen effecten tijdens de uitvoering (bouwfase), in de permanente situatie en eventuele effecten veroorzaakt door derden (niet project gerelateerd) aangetoond worden. Door het vastleggen van de nul-situatie kan bij overschrijding/onderschrijding van de grenswaarden (grondwaterstanden) beheersmaatregelen getroffen worden.

Effectmonitoring tijdens de bouwfase

Bij de aanleg van de spoorbak is het zeer aannemelijk dat er voor kleine bouwkuipen en werksleuven gebruik gemaakt zal worden van tijdelijke bronneringen. Als de tijdelijke onttrekking buiten Beschermd gebied waterhuishouding plaatsvindt, niet groter is dan 50.000 m³ per maand en niet langer duurt dan 6 maanden is er geen vergunningplicht en geen meldplicht. Indien niet voldaan wordt aan deze eis van Waterschap de Dommel moeten de effecten op het grondwater door tijdelijke bemalingen door de opdrachtnemer (uitvoerder) gekwantificeerd worden in een melding of vergunningaanvraag (bemalingsadvies). Monitoring maakt onderdeel uit van deze melding of vergunningaanvraag. In het (concept) monitoringsplan is geen rekening gehouden met deze werkzaamheden, omdat de exacte locaties en omvang in deze fase van het onderzoek niet bekend zijn. Het monitoringsplan voorziet door het vastleggen van de referentiesituatie deels in de monitoringsverplichting.

Effectmonitoring permanente situatie (evaluatie)

Na ingebruikname van het vernieuwde spoor en afronding van de werkzaamheden moet geverifieerd worden dat de aanleg van de spoorbak niet tot negatieve effecten op de omgeving leidt. Met een grondwatermodel zijn de potentiële effecten op de grondwaterstand berekend. De monitoring heeft als doel te verifiëren of de optredende grondwatereffecten binnen de berekende bandbreedte vallen. Als overschrijding/onderschrijding van de grenswaarden (grondwaterstanden) leiden tot negatieve effecten moet mitigerende en/of compenserende maatregelen getroffen worden.

Controle berekende effecten in de modelstudie (verificatie)

In de hydrologische modelstudie spoorbak Vught zijn aannamen gedaan voor invoerparameters van het grondwatermodel. Deze modelparameters zijn gekalibreerd op grondwaterstanden. Het monitoringsplan heeft als doel om de aangenomen grondwaterstanden en modelparameters te verifiëren. Bij grote afwijkingen in de optredende grondwaterstanden (nul-situatie) en veldcondities, in vergelijking met de aangenomen grondwaterstanden (kalibratie set) en parameters, is een herziening van de invoerparameters noodzakelijk. Optimalisatie en kalibratie van het grondwatermodel aan de hand van aanvullend veldonderzoek en monitoring is noodzakelijk voordat een herberekening van de effecten plaats kan vinden. Daarnaast is het monitoringsplan een beheersmaatregel om onvoorziene situaties op de grondwaterstand te identificeren en optredende effecten te verifiëren. Bij het optreden van een onvoorziene situatie wordt het effect beoordeeld (door ProRail) en vindt afstemming plaats tussen ProRail en gemeente en waterschappen over de verdere afhandeling van eventuele negatieve effecten of schade.

Waterkwaliteit van grondwater in beeld brengen

In de Gemeente Vught zijn bodem- en grondwaterverontreinigingen aanwezig. Deze bekende verontreinigingen liggen buiten het berekende invloedgebied van de spoorbak. Het monitoringsplan heeft als doel om te verifiëren dat de grondwaterstand en daarmee de grondwaterstroming niet veranderd. Daarnaast kunnen op de monitoringslocaties gebruikt in aanvulling op het milieuhygiënisch bodemonderzoek dat is vereist bij graafwerkzaamheden bij de aanleg van de spoorbak en tijdelijke bemalingen.

8.2 Uitgangspunten

In Tabel 7 zijn de uitgangspunten voor de monitoring per risico benoemd. De coördinaten van de peilbuizen zijn een indicatie van het zoekgebied waarbinnen de peilbuizen geplaatst moeten worden. Het meetnet is in Figuur 23 en Figuur 24 weergegeven. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Het aangegeven (concept) monitoringsplan is een eerste opzet waar Gemeente Vught en Waterschap De Dommel akkoord mee zijn. De precieze invulling en inrichting moet in overleg met de Gemeente Vught en Waterschap De Dommel uitgevoerd worden.
- In het concept monitoringsplan is aangenomen dat er gebruik gemaakt kan worden van monitoring door derden.
- De bestaande peilbuizen van Rijkswaterstaat hebben een ligging zeer dicht bij het huidige tracé van de N65. Men dient te controleren of de peilbuizen niet worden verwijderd ten tijde van uitvoering. Wanneer dit het geval is, moeten de peilbuizen worden herplaatst.
- Naast een goede monitoring is het van belang een goede tijdslijn (logboek) bij te houden van alle maatregelen die worden uitgevoerd (zoals wijzigingen in het watersysteem, plaatsen van nieuwe riolering, wijzigingen in het tracé van de N65, etc.). Op deze manier kan inzichtelijk worden gemaakt welke maatregelen hebben geleid tot wijzigingen van de grondwaterstanden.
- De peilbuizen aangewezen voor monitoring van effecten van grote onttrekkingen op grondwaterstanden en stijghoogten zijn tot eind 2016/begin 2017 gemonitord. Er is aangenomen dat dit in de toekomst voortgezet wordt. Er moet contact worden gelegd met de bronhouders van de peilbuizen om dit te verifiëren. Ook moeten er afspraken worden gemaakt over het gebruik, delen en aanleveren van deze monitoringsgegevens.
- Voor de monitoringsinspanning is 10 jaar aangenomen. De bouw staat gepland in 2021 en zal circa 5 jaar in beslag nemen. Aangenomen is dat het plaatsen van de damwanden en tijdelijke bemalingen niet de gehele bouwfase in beslag nemen. Als de ruimtelijke inrichting, waaronder de waterhuishouding, pas na 5 jaar gereed is of de aanvang van de werkzaamheden vertraging oplopen kan de monitoringsinspanning oplopen tot meer dan 10 jaar. Voor de evaluatie van de permanente situatie (gebruiksfasen) is een monitoringsperiode aangenomen van 3 jaar.

8.3 Coördinatie en beheer

Het monitoringsplan is vanuit het voorzorgsprincipe opgesteld als beheersmaatregel om negatieve effecten door de spoorbak te voorkomen, signaleren, mitigeren en indien nodig te compenseren. Als opdrachtgever

van de aanleg van de spoorbak is ProRail verantwoordelijk voor een gedegen monitoringsplan, de inrichting, coördinatie en het beheer hiervan.

De Gemeente Vught en Waterschap De Dommel (en Brabant Water) beschikken beide over een netwerk van grondwatermonitoring. Gezien de meerjarige monitoringsopgave is het sterk aan te bevelen de projectmonitoring voor de spoorbak hierop aan te laten sluiten. Zowel de Gemeente Vught als Waterschap De Dommel hebben aangegeven ondersteuning te willen bieden in de coördinatie en beheer van de projectmonitoring voor de spoorbak Vught.

Voor een adequate evaluatie van de monitoring voor, tijdens en na uitvoering van de aanleg van de spoorbak moeten de monitoringsgegevens beschikbaar zijn voor de uitvoerder van de werkzaamheden. Het monitoringsplan en monitoring is de voornaamste beheersmaatregel voor ProRail en uitvoerder om de werkzaamheden binnen de gestelde voorwaarden van Waterschap De Dommel uit te kunnen voeren en bij te sturen indien nodig.

8.4 Meetfrequentie, analyse en evaluatie

De monitoring en beheer van de aangewezen peilbuizen wordt bij voorkeur zo spoedig mogelijk uitgevoerd. Hiermee neemt de betrouwbaarheid van de in beeld te brengen referentiesituatie toe. Wanneer voor oktober 2017 gestart wordt met monitoring, kan hiermee een 4-jarige referentieperiode worden vastgelegd. Bij voorkeur worden meerdere volledige hydrologische zomer- en winterhalfjaren gemonitord om seizoensinvloeden in de (tijdreeks)analyse te kunnen identificeren en het effect van de spoorbak Vught te kwantificeren. De hydrologische zomer is gedefinieerd van 1 april tot 1 oktober en hydrologische winter van 1 oktober tot 1 april.

De grondwaterstanden dienen met een minimale meetfrequentie van 1 keer per dag te worden gemonitord (idem meetnet Gemeente Vught). Bij voorkeur 4 keer per dag (meetnet ProRail) of zelfs 24 keer per dag. Tijdens uitvoering van de werkzaamheden wordt aanbevolen de meetfrequentie te verhogen naar uurlijkse metingen. Aanbevolen wordt om elk filter met een automatische drukopnemer uit te rusten, dit is aangenomen in de indicatieve kostenraming. Daarnaast is door Waterschap De Dommel geadviseerd om in de kostenraming rekening te houden met 5 filters die gekoppeld zijn aan telemetrie zodat de grondwaterstanden 'online' geraadpleegd kunnen worden (stelpost). Dit heeft vooral betrekking op de monitoring tijdens uitvoering om onvoorziene situaties tijdig te signaleren en vergunningverlening te bevorderen.

Analyse van de monitoring kan opgedeeld worden in 3 fasen, over een periode van circa 10 jaar:

1. Referentie situatie - vaststellen van de nul-situatie in 2021;
2. Uitvoeringsfase - effectmonitoring tijdens en analyse na aanleg van de spoorbak in 2026;
3. Gebruiksfase - vaststellen van de permanente situatie na aanleg van de spoorbak, 3 tot 4 jaar na de eindsituatie.

Na afloop van iedere fase kan de analyse uitgevoerd en beschreven worden in een tussentijdse rapportage. De wordt voorgelegd en besproken met ProRail en Gemeente Vught en waterschappen. Voor fase 1 is dit na aanvang van het plaatsen van de damwanden. Voor fase 2, nadat de damwanden van de spoorbak zijn geplaatst en uitvoeringswerkzaamheden (tijdelijke bemalingen) afgerond zijn. Analyse van de effectmonitoring tijdens bemalingswerkzaamheden vindt plaats in het kader van de Waterwet. Voor fase 3 zal de analyse en evaluatie na een meerjarige monitoringsperiode (circa 3 jaar) nadat de eindsituatie is gerealiseerd uitgevoerd moeten worden. Deze eindsituatie is na afloop van uitvoeringswerkzaamheden en herinrichting van de waterhuishouding die invloed kunnen hebben op de grondwaterstand.

De verantwoordelijkheid voor uitvoering van deze evaluaties ligt bij ProRail. Analyse van grondwaterstandsverandering wordt uitgevoerd met tijdreeksanalyses van het grondwaterregime. Kengetallen die hierbij gebruikt worden zijn de gemiddeld hoogste- en laagste grondwaterstanden (GHG en GLG) en/of percentielwaarden (12,5 en 87,5). Voor de GHG en GLG zijn langjarige meetreeksen vereist met een minimale meetperiode van 8 opeenvolgende jaren met metingen op of nabij de 14^e en 28^e van de maand. Deze periode van monitoring is niet haalbaar vóór uitvoering en niet realistisch na uitvoering. Bij tijdreeksanalyses wordt daarom doorgaans gebruik gemaakt van tijdreeksmodellen.

Tijdens uitvoering van de aanlegwerkzaamheden van de spoorbak is het sterk aan te bevelen meerdere evaluatiemomenten uit te voeren. Deze momenten kunnen gekozen worden op basis van werkfasen waarbij effecten op het grondwater verwacht worden. Het registreren van het type werkzaamheden, start en eindtijd

is cruciaal om relatie met eventuele effecten op het grondwater te kunnen aantonen. Ook is het raadzaam om tijdens bemalingswerkzaamheden permanente monitoring in te stellen zodat bij grenswaarden maatregelen kunnen worden getroffen.

8.5 Grenswaarden en maatregelen

Aangenomen is dat een verhoging of verlaging van minder dan 0,10 m geen nadelig effect heeft op de omgeving. De peilbuizen op de grootste afstand van de spoorbak zijn geplaatst tussen de 0,05 m en 0,10 m verlagingcontourlijn (circa 110 m vanaf de spoorbak). Wanneer er in deze peilbuizen meer dan 0,10 m verlaging wordt gemonitord, zijn de effecten groter dan berekend in de modellering. Nader onderzoek naar de oorzaak en uitbreiding/intensivering van de monitoring is dan noodzakelijk.

Als de overschrijding van de grenswaarde leidt tot negatieve effecten op de omgeving en deze niet voorkomen kunnen worden dan moeten mitigerende maatregelen getroffen worden. Mogelijke maatregelen zijn per risicofactor opgenomen in de risicotabel (Tabel 2 in hoofdstuk 4). Indien de effecten niet gemitigeerd/beheerst kunnen worden moeten compenserende maatregelen getroffen worden.

8.6 Kosten oprichting en beheer

De kosten voor het monitoringsplan zijn ingeschat op basis van het aantal te plaatsen aanvullende peilbuizen, telemetrie en beheer en onderhoud hiervan gedurende een periode van 10 jaar. Voor de kostenindicatie zijn landelijk erkende kengetallen van de STOWA gebruikt⁴ (zie Bijlage E). De indicatieve kosten voor oprichting en beheer van 15 peilbuizen is ingeschat op circa €92.200,-.

In onderstaande raming (Tabel 6) zijn de kosten voor de volgende werkzaamheden niet meegenomen:

- Een correctie op het huidige prijspeil (2017). Op basis van het overleg met Waterschap De Dommel is aangegeven dat het prijspeil van 2017, significant hoger ligt dan 2012.
- Voorafgaand aan de plaatsing van de peilbuizen moet de exacte locatie en omvang van het meetnet in een definitief monitoringsplan vastgelegd worden.
- In een veldopname moet de bruikbaarheid van bestaande peilbuizen beoordeeld worden en indien nodig, vervangende peilbuizen geplaatst worden.
- Monitoring, beheer en onderhoud van bestaande peilbuizen en stijgbuizen die ingezet zijn in het concept monitoringsplan (circa 5 ondiepe peilbuizen en 3 diepe stijgbuizen).
- De aanbevolen tussenevaluaties van de grondwatermonitoring (effectbepaling spoorbak Vught, tijdreeksanalyses).
- Waterkwaliteitsmonitoring (monsternamen en analyses).
- Defecten, storingen en vervangingskosten van peilbuizen, dataloggers en eventuele telemetrie.

Tabel 6 | Kostenindicatie oprichting en beheer (prijspeil van 2012)

Onderdeel	Eenheidsprijs	Aantal	Prijs
Installeren freatische peilbuis (tot 5 meter)	€ 300,-	15	€ 4.500,-
Installeren peilbuis eerste watervoerend pakket (tot 25 meter)	€ 1.750,-	3	€ 5.250,-
Aanschaf en installatie datalogger, inclusief vaste uitleeskabel	€ 700,-	18	€ 12.600,-
Aanschaf en installatie barometrische logger	€ 450,-	3	€ 1.350,-
Aanschaf en installatie telemetrie (bovenop kosten sensor)	€ 1.250,-	5	€ 6.250,-
Schoonmaken filter (spoelen/afpompen peilbuis)	€ 75,-	18	€ 1.350,-
Hoogtemeting peilbuis (NAP)	€ 100,-	18	€ 1.800,-

⁴ STOWA, 2012. Handboek meten van grondwaterstanden in peilbuizen. STOWA 2012-50, Amersfoort, december 2012.

Onderdeel	Eenheidsprijs	Aantal	Prijs
Dataloggers: Dataverzameling en validatie (2x/jaar) + uitwerken en externe opslag gegevens met ontsluiting via internet (incl. barobetrische logger)	€ 210,-	21 (x10 jaar)	€ 44.100,-
Telemetrie**: Dataverzending en validatie + uitwerken en externe opslag gegevens met ontsluiting via internet, inclusief batterijwissel elke twee jaar en een jaarlijkse controleronde.	€ 300,-	5 (x10 jaar)	€ 15.000,-
Totaal*			€ 92.200,-

* prijspeil 2012, exclusief bestaande meetpunten, definitief monitoringsplan en tussenevaluatie.

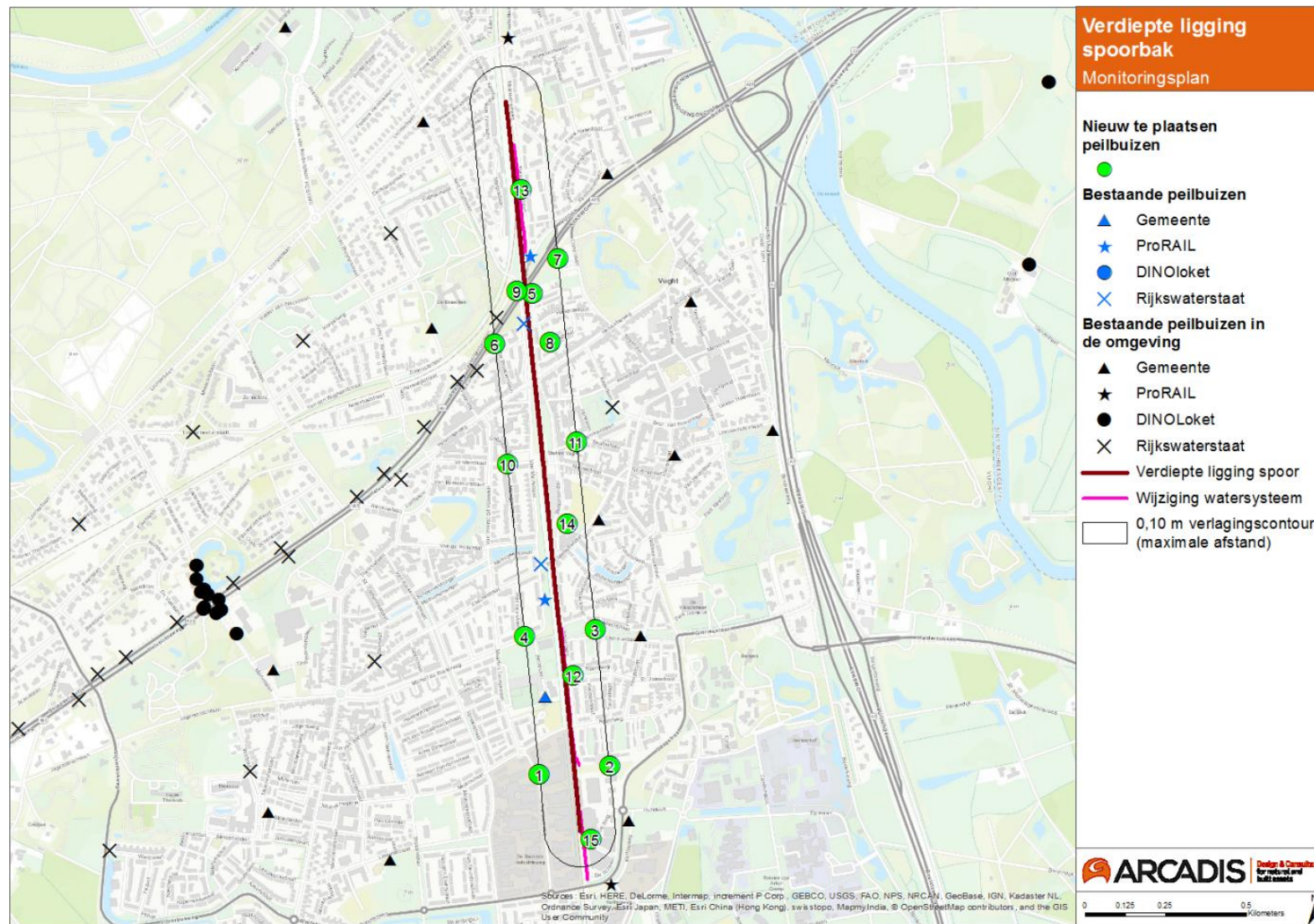
** Door Waterschap De Dommel is geadviseerd om in de kostenraming rekening te houden met 5 filters die gekoppeld zijn aan telemetrie zodat de grondwaterstanden 'online' geraadpleegd kunnen worden (stelpost). Dit heeft vooral betrekking op de monitoring tijdens uitvoering om onvoorziene situaties tijdig te signaleren en vergunningverlening te bevorderen.

Tabel 7 | Grondwatermonitoringplan. Per risico (genoemd in paragraaf 4) zijn de uitgangspunten benoemd voor de monitoring en is het zoekgebied voor de peilbuizen gegeven.

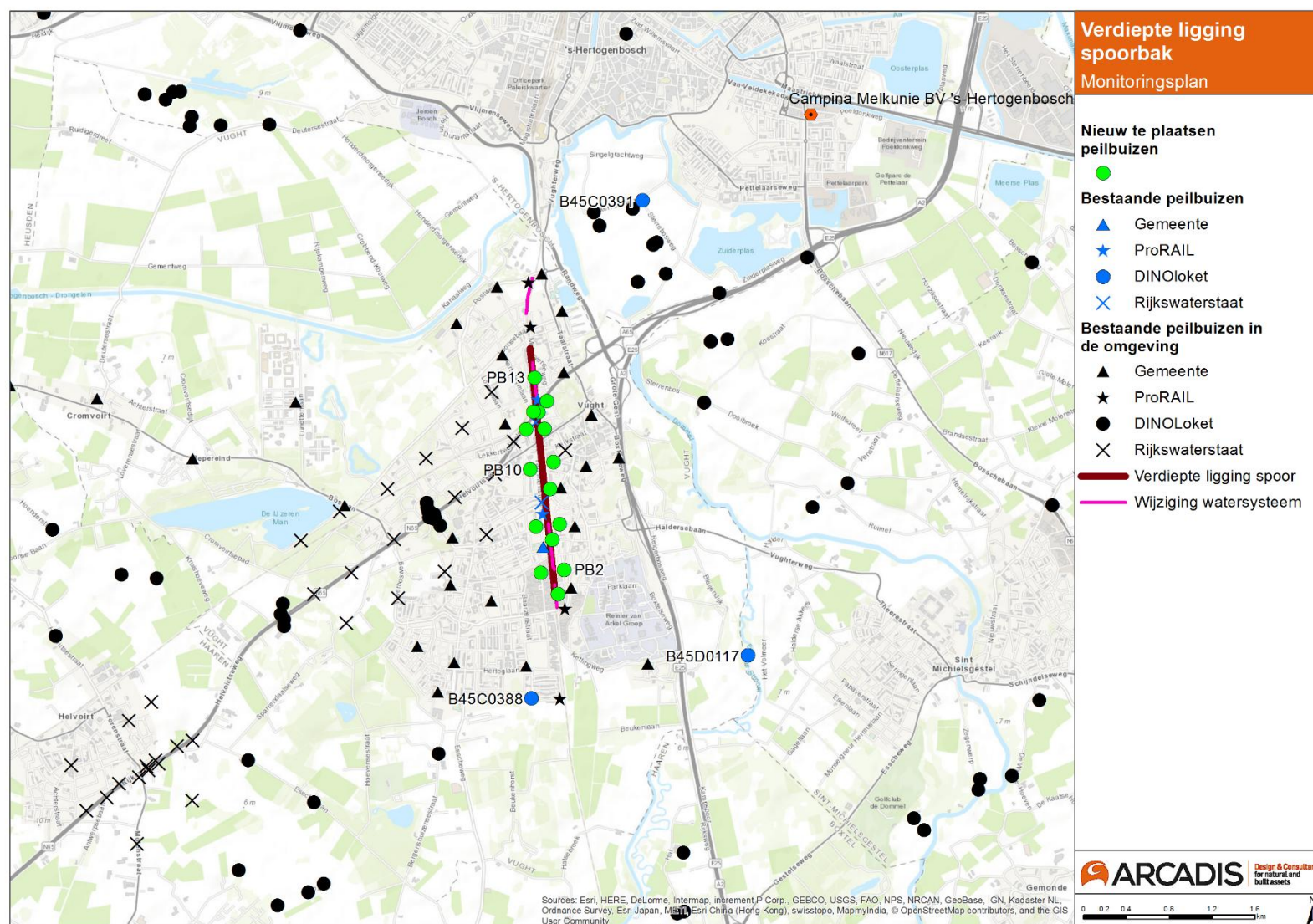
Nr.	Risico	Uitgangspunten	Zoekgebied	Filterdiepte
1	Verleggen/vernieuwen watergangen en riolering	Wijzigingen in het watersysteem mogen niet lijden tot grondwaterstandseffecten. Vanwege deze reden zijn er twee peilbuizen geplaatst aan de oostelijke zijde van het spoor, daar waar de het watersysteem wijzigt. Om het mogelijke effect van de watergangen goed te kunnen monitoren worden de peilbuizen bij voorkeur op 10 tot 20 m afstand geplaatst.	- PB12: 148508, 406757 - PB13: 148347, 408265	4 – 5 m-mv
2	Wijzigingen infrastructuur	- Rondom de N65 vinden verschillende wijzigingen plaats (veranderingen drainagemiddelen, verdiepte liggen N65 en verdiepte ligging spoor). Om de effecten goed in beeld te brengen zijn zowel aan de noord- en zuidzijde van de N65 peilbuizen geplaatst als ten oosten en westen van het spoor. - Aangenomen is dat een verhoging of verlaging van minder dan 0,10 m geen nadelig effect heeft op de omgeving. - De peilbuizen aan de oost- en westzijde zijn zowel tussen de 0,10 m en 0,05 m verlagingsscontourlijn geplaatst als daarbinnen om het maximale effect te monitoren. - Twee bestaande peilbuizen, één van Rijkswaterstaat (B-P01) en één van ProRAIL(PB5121-2), worden gebruikt voor het monitoringsnetwerk. Indien dit niet mogelijk is moeten nieuwe peilbuizen in de nabijheid van deze locaties geplaatst worden - Om het mogelijke effect van de Boxtel klei waar te nemen, wordt op de locatie van PB7 ook een diepe peilbuis geplaatst.	- PB5: 148382, 148266: - PB6: 148266, 407787 - PB7: 148460, 408050 - PB8: 148435, 407790 - PB9: 148334, 407951 - PB10: 148305, 407414 - PB13: 148347, 408265	4 – 5 m-mv (alle) 30 – 31 m-mv (PB10 en PB13)
3	Overige gebiedsontwikkelingen	- Aangenomen wordt dat er geen negatieve effecten plaatsenvinden bij een grondwaterstandverandering van minder dan 0,1 m. - Naast de N65 bevinden er zich geen gebiedsontwikkelingen binnen de 0,10 m verlagingsscontour. - De bouwplannen van de Irenelaan valt buiten de maximaal berekende 0,10 m verlagingsscontourlijn. Wanneer er in PB11 een grondwaterstandsverandering optreedt van meer dan 0,10 m dient de monitoring te worden uitgebreid om de effecten rondom het bouwterrein beter te kunnen monitoren.	- PB2: 148621, 406476 - PB10: 148305, 407414 - PB11: 148519, 407482 - PB13: 148347, 408265	4 – 5 m-mv (alle) 30 – 31 m-mv (PB2, PB10 en PB13)

Nr.	Risico	Uitgangspunten	Zoekgebied	Filterdiepte
4	Zettingen tijdens uitvoering en toekomstige (permanente) situatie	- De maximaal berekende grondwaterstandverlaging is 0,10 m. Dit betekent dat wanneer er onder de bebouwing samendrukbare lagen aanwezig zijn, de kans op zettingen zeer minimaal is (maximaal circa 2 mm). De kans op samendrukbare lagen onder bebouwing in dit gebied is echter niet aannemelijk. De kans op zettingen wordt als zeer minimaal beschouwd. - Er zijn geen peilbuizen geplaatst ten behoeve van mogelijke zettingen in toekomstige situatie. - Zoals eerder benoemd, is het bij de aanleg van de spoorbak zeer aannemelijk dat er voor kleine bouwkuipen en werksleuven gebruik gemaakt zal worden van tijdelijke bronneringen. Wanneer de grondwaterstand hierbij zakt tot onder de historische laagste grondwaterstand in zettingsgevoelige bodemlagen is er een verhoogd risico op zetting. Afhankelijk van het effect van de bronneringen dient er een aparte monitoring te worden opgesteld om de risico's op zettingen te monitoren tijdens uitvoering.	Alle peilbuizen	
5	Opstuwing in het grondwater	- Aangenomen is dat een verhoging of verlaging van minder dan 10 cm geen nadelig effect heeft op de omgeving. - Er zit een grote onzekerheid in de mate van voorkomen van de Bostel klei. Deze slechtdoorlatende laag bepaald echter in grote mate het effect van de verdiepte spoorbak op zijn omgeving. - Vanwege deze reden zijn er zowel aan de oostelijke zijde als westelijke zijde vier peilbuizen geplaatst langs het tracé tussen de 0,05 m en 0,10 m verlagingscontourlijn. - Om de maximale effecten te monitoren zijn ook peilbuizen binnen de 0,10 m verlagingscontourlijn geplaatst aan de oostelijke zijde van het spoor (PB12, PB13, PB14 en PB15).	- PB1: 148403, 406451 - PB2: 148621, 406476 - PB3: 148577, 406901 - PB4: 148358, 406879 - PB6: 148266, 407787 - PB7: 148460, 408050 - PB8: 148435, 407790 - PB10: 148305, 407414 - PB11: 148519, 407482 - PB12: 148508, 406757 - PB13: 148347, 408265 - PB14: 148489, 407229 - PB15: 148562, 406249	4 – 5 m-mv (alle) 30-31 m-mv (PB2, PB10 en PB13)

Nr.	Risico	Uitgangspunten	Zoekgebied	Filterdiepte
6	Verontreinigingen	- Aangenomen wordt dat er geen verplaatsing van grondwaterverontreinigingen plaatsvinden buiten de 0,10 m verlagingcontourlijn. - Er bevinden zich geen verontreinigingen binnen de 0,10 m verlagingcontourlijn. - Wel bevindt zich een grondwaterverontreiniging aan de Wolfkamerweg en de Maarten Trompstraat, buiten de 0,10 m verlagingcontourlijn. Wanneer de verlaging in PB1 en PB4 niet groter is dan 0,10 m worden er geen verplaatsingen verwacht. Wanneer de grondwaterstand groter is dan 0,10 m dient de monitoring te worden uitgebreid om de effecten rondom de verontreinigingen beter te kunnen monitoren.	PB1: 148403, 406450	4 – 5 m-mv
7	Wijzigingen van onttrekkingen in de omgeving	Om mogelijke wijzigingen in onttrekkingsdebieten van grote industriële winningen en waterproductiebedrijven te monitoren wordt gebruikt gemaakt van een drietal bestaande peilbuislocaties (referentie). Op deze locaties worden de stijghoogten/grondwaterstanden zowel onder de Waalre klei (WVP 2), als onder de Boxtel klei (WVP 1) als boven de Boxtel klei bemeten (freatisch). Met behulp van de nieuw te plaatsen diepe peilbuizen kan de oorzaak van een eventuele verandering in diepe stijghoogte in Vught gekwantificeerd worden.	- PB2: 148621, 406476 - PB10: 148305, 407414 - PB13: 148347, 408265 Bestaand: - B45C0388, B45C0391 & B45D0117	4 – 5 m-mv (alle) 30 – 31 m-mv (PB2, PB10 en PB13)



Figuur 23 | Monitoringsplan met peilbuizen voor de monitoring van de spoorbak (blauwe en groene meetpunten). Voor peilbuislocaties PB2, PB10 en PB13 zijn dubbele filters voorzien waarvan 1 ondiep (freatisch grondwater) en 1 diep (eerste watervoerend pakket op circa 30 m-mv onder de 'Boxel klei').



Figuur 24 | Monitoringsplan met peilbuizen voor de monitoring wijzigingen grondwateronttrekkingen (blauwe en groene meetpunten). Peilbuislocaties aangegeven met naam op kaart zijn aangewezen om de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket op circa 30 m-mv onder de 'Boxtel klei' te monitoren.

9 CONCLUSIE

Het doel van de studie is een inschatting te maken van de permanente hydrologische effecten van de verdiepte spoorbak in Vught. Om de geohydrologische impact van de verdiepte spoorbak in beeld te brengen is in overleg met Gemeente Vught, Waterschap De Dommel en Waterschap Aa en Maas een aanpak bepaald. Met een watersysteemanalyse en grondwatermodellering is een risicoanalyse uitgevoerd, waarbij beheersmaatregelen en aandachtspunten zijn aangegeven (zie Hoofdstuk 4). Op basis van de risicoanalyse is als voornaamste beheersmaatregel een (concept) monitoringsplan opgesteld (zie Hoofdstuk 8). De huidige monitoring van de Gemeente Vught, Waterschap De Dommel, Brabant Water en Rijkswaterstaat, moet aangevuld/ ondersteund worden met monitoring om een betrouwbaar ruimtelijk beeld van de optredende grondwaterstanden te verkrijgen. Met grondwatermonitoring voor, tijdens en na aanleg van de verdiepte ligging kan het potentieel effect op de grondwaterstand door de verdiepte spoorbak, watersysteem en grondwateronttrekkingen geverifieerd worden. Daarnaast kan met de monitoring beheersmaatregelen worden getroffen voor de tijdelijke situatie.

Voor situaties die niet zijn voorzien in het geohydrologisch onderzoek en de risicoanalyse is de volgende procesafpraak gemaakt tussen ProRail, gemeente en waterschappen. Het monitoringsplan is een beheersmaatregel om onvoorziene situaties op de grondwaterstand te identificeren en optredende effecten te verifiëren. Bij het optreden van een onvoorziene situatie wordt het effect beoordeeld (door ProRail) en vindt afstemming plaats tussen ProRail en gemeente en waterschappen over de verdere afhandeling van eventuele negatieve effecten of schade. Om eventuele maatregelen te financieren adviseren wij om binnen het project een (risico)budget te reserveren, voor zowel de tijdelijke- als de permanente situatie. Na de evaluatie van de eindsituatie, dat onderdeel uitmaakt van het monitoringsplan, en er geen negatieve effecten zijn toe te wijzen aan de spoorbak Vught, vervalt de monitoringsinspanning en aansprakelijkheid voor het project en ProRail.

Grondwaterstandverandering door de spoorbak Vught

De berekende grondwaterstandsveranderingen leiden niet tot negatieve effecten op de in beeld gebrachte risicofactoren. Hiervoor is de berekende verandering (maximaal 0,1 m) in alle onderzochte scenario's te klein ten opzichte van de ontwateringsdiepte (>1 m-mv). Risico's op zetting en verontreinigingen worden in de permanente situatie niet verwacht. Voor de tijdelijke situatie (tijdens aanleg) zijn de risico's beheersbaar beoordeeld.

Extra aandacht moet uitgaan (onderzoek en monitoring) naar locaties waar in de huidige situatie wateroverlast wordt ervaren. Bijvoorbeeld nabij de N65 waar de grondwaterstand een hogere GHG heeft/ het maaiveld lager ligt dan het gemiddelde in Vught.

De aanwezigheid van slecht doorlatende lagen (diep en ondiep) kunnen lokaal voor andere effecten zorgen dan berekend met het grondwatermodel. Dit is ondervangen door het uitvoeren van 3 scenarioberekeningen. De uitgangspunten, aannamen en berekeningsresultaten moeten door veldonderzoek en monitoring geverifieerd worden. Het grondwatermodel wordt ter beschikking gesteld aan Waterschap De Dommel en derden voor controle en toekomstig gebruik.

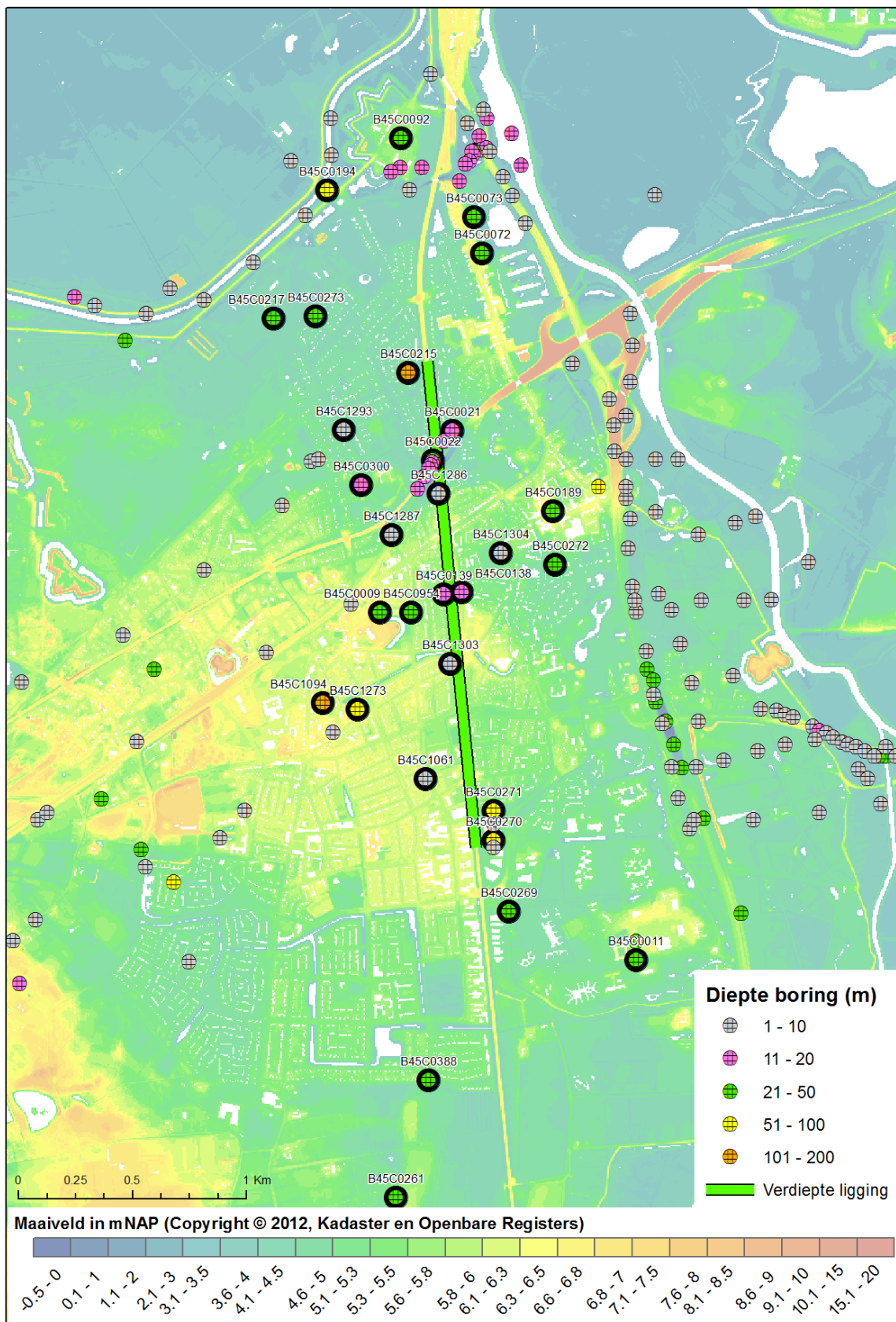
Grondwaterstandverandering door wijzigingen in het watersysteem

Bij de aanleg van de spoorbak worden watergangen, riolering en infrastructuur verlegd en/of vervangen. Hierdoor kunnen de lokale hydrologische- en grondwatercondities wijzigen. Deze wijzigingen kunnen zowel positieve als negatieve effecten op de omgeving veroorzaken. Signalen van wateroverlast door onvoldoende ontwatering en infiltratiecapaciteit van de bodem zijn bij de Gemeente Vught bekend. Om negatieve effecten te voorkomen moet extra aandacht uitgaan naar de waterhuishouding/ het watersysteem. Effecten op oppervlaktewater zijn beschreven in "Effecten en oplossingen voor riolering en waterhuishouding Vught (Kenmerk: MB21406-02-04_VA)".

Wanneer in de huidige situatie grondwateronttrekkingen voor een verlaging van de grondwaterstanden zorgen in Vught, kan bij het stopgezet of verminderen van de onttrekkingshoeveelheden de grondwaterstanden in Vught stijgen. Deze potentiële stijging van de grondwaterstanden zijn dan niet gerelateerd aan de barrière werking van de verdiepte spoorbak. Grondwatermonitoring en registratie van onttrekkingshoeveelheden zijn noodzakelijk om dit te kunnen kwantificeren.

BIJLAGEN

BIJLAGE A | LOKALE BORINGEN DINOLOKET (SELECTIE)



Overzicht van boringen uit de BRO-database DINOLoket. Zwart gemarkeerde boringen zijn bijgevoegd in deze bijlage als referentie van de lokale bodembouw.

BIJLAGE B | OVERZICHT VERDACHTE ACTIVITEITEN

(Arcadis, 2011)

Adres locatie	Bodembedreigende bedrijfsactiviteiten	Ondergrondse tankvermelding	Bodemonderzoek bekend	Status bodemloket
Beukenlaan 3	nee	ja	nee	onbekend
Boxtelseweg 15	ja	nee	nee	onbekend
Boxtelseweg 25	ja	nee	nee	uitvoeren NO
Boxtelseweg 26	nee	ja	ja	uitvoeren HO
Boxtelseweg 30	nee	ja	nee	onbekend
Boxtelseweg 32	nee	ja	ja	onbekend
Boxtelseweg 34	nee	ja	ja	onbekend
Boxtelseweg 35	ja	nee	nee	onbekend
Boxtelseweg 41	ja	nee	nee	onbekend
Boxtelseweg 47B	ja	nee	nee	onbekend
Boxtelseweg 48	ja	ja	ja	uitvoeren HO
Boxtelseweg 52	ja	nee	nee	onbekend
Boxtelseweg 56	ja	nee	nee	onbekend
Boxtelseweg 63	nee	nee	ja	onbekend
Boxtelseweg 69A	nee	ja	nee	onbekend
Boxtelseweg 75	nee	nee	ja	onbekend
Boxtelseweg 83	nee	ja	nee	onbekend
Boxtelseweg 89	nee	ja	ja	onbekend
Boxtelseweg (ong.)	nee	nee	ja	onbekend
De Ketting 1	ja	nee	ja	onbekend
De Ketting 6	nee	nee	nee	onbekend
De Ketting 8	ja	nee	nee	onbekend
De Ketting 10	nee	nee	nee	onbekend
De Ketting 12	ja	nee	nee	onbekend
De Ketting 14	ja	nee	nee	onbekend
De Ketting 16 (Broeders)	ja	nee	ja	onbekend
De Ketting (ong.) (bedrijven)	ja, niet beschreven	nee	ja	onbekend
De Schakel 1	ja	nee	ja	onbekend
De Schakel 3	ja	nee	ja	onbekend
De Schakel 5	nee	nee	ja	onbekend
De Schakel 6	ja	nee	nee	onbekend
De Schakel 7	nee	nee	nee	onbekend
De Schakel 10	ja	nee	nee	onbekend
De Schakel 12	ja	nee	nee	onbekend
Glorieuxlaan 1	nee	ja	ja	onbekend
Glorieuxlaan 65	ja	nee	nee	onbekend
Haspelstraat 7	ja	nee	nee	onbekend
Hoogstraat 6-8	nee	nee	ja	onbekend
Hoogstraat 32	ja	nee	nee	uitvoeren NO
Hoogstraat 42	ja	nee	nee	onbekend
Hoogstraat 61	ja	ja	ja	uitvoeren HO
Hoogstraat (ong.)	nee	nee	ja	onbekend
Kettingweg 3	nee	ja	ja	onbekend

Adres locatie	Bodembedreigende bedrijfsactiviteiten	Ondergrondse tankvermelding	Bodemonderzoek bekend	Status bodemloket
Kettingweg 5	ja	ja	ja	onbekend
Kettingweg (ong.), stort	ja	nee	ja	uitvoeren NO
Laagstraat 1	nee	ja	ja	onbekend
Laagstraat 5	nee	nee	ja	onbekend
Laagstraat 16	ja	nee	nee	uitvoeren NO
Laagstraat 20	nee	ja	nee	onbekend
Laagstraat 30	ja	ja	ja	voldoende onderzocht
Laagstraat 34	nee	ja	nee	onbekend
Laagstraat 36	nee	ja	nee	onbekend
Laagstraat/De Schakel (weg)	nee	nee	ja	voldoende gesaneerd
Laagstraat (weg)	nee	nee	ja	onbekend
Lagedwarsstraat 5	nee	nee	ja	onbekend
Lagedwarsstraat 28 / Laagstraat (Groote Cingels)	ja	ja	ja	opstellen SP
Repelweg 1A	nee	nee	ja	onbekend
Repelweg 6	nee	ja	nee	onbekend
Repelweg 21	ja	nee	nee	onbekend
Repelweg 43	ja	nee	nee	uitvoeren NO
Sint Janstraat 3	nee	ja	ja	onbekend
Sint Janstraat, achter 3	nee	nee	ja	onbekend
Sint Janstraat 26	ja	nee	nee	onbekend
Twijnstraat 10	ja	nee	nee	onbekend
Vlashoek 1	ja	nee	ja	uitvoeren HO
Vlashoek (ong.)	nee	nee	ja	onbekend

HO = historisch bodemonderzoek

NO = nader bodemonderzoek

SP = saneringsplan

BIJLAGE C | BODEMONDERZOEKEN ONVERDACHTE LOCATIES

(Arcadis, 2011)

	Adres locatie	Jaartal, soort onderzoek en indien bekend onderzoeksbureau	Conclusie
1	Boxtelseweg 63	2000, VO	lichte verontreiniging
2	Boxtelseweg 75	1995, VO	lichte verontreiniging
3	Boxtelseweg (ong.)	2003, VO	matige verontreiniging (grond) sterke verontreiniging (grondwater)
4	De Schakel 5	1996, VO	lichte verontreiniging
5	Hoogstraat 6-8	1994, VO 1995, evaluatie	lichte verontreiniging geen verontreiniging
6	Hoogstraat (ong.)	2002, VO	lichte verontreiniging
7	Laagstraat 5 - Novadic - FPA	2002, VO (tijdelijke units) 2003, VO 2006, VO waterbodembodem 2007, VO 2009, AO waterbodembodem	geen verontreiniging lichte verontreiniging slib tot klasse 2 lichte verontreiniging (grondwater) slib tot klasse 2
8	Lagedwardsstraat 5	2001, VO 2001, AO 2004, VO	matige verontreiniging uitsplitsing VO, lichte verontreiniging lichte verontreiniging
9	Repelweg 1A	1995, VO	lichte verontreiniging
10	Sint Janstraat, achter 3	1997, VO	lichte verontreiniging
11	Vlashoek (ong.)	1991, IO 1991, NO 1993, AO 1993, SP 1993, SE	matige verontreiniging matige verontreiniging alle verontreinigde grond afgevoerd
12	Boxtelseweg 26, vermelding og tank	1994, OO	lichte verontreiniging
13	Boxtelseweg 32-34 (Herlaerhof / De Zwengel), vermelding og tank	1994, VO 1997, VO 2000, VO 2004, VO 2005, VO 2008, VO 2008, AO 2008, VO	lichte verontreiniging lichte verontreiniging lichte verontreiniging lichte verontreiniging lichte verontreiniging sterke verontreiniging (ondergrond) sterke verontreiniging (zie VO 2008) geen verontreiniging
14	Boxtelseweg 89, vermelding og tank	1997, VO	lichte verontreiniging
15	Glorieuxlaan 1, vermeldingen 2 og tanks	1994, VO	lichte verontreiniging
16	Kettingweg 3, vermelding og tank	1998, VO 2000, VO	lichte verontreiniging sterke verontreiniging (stort)
17	Laagstraat 1, vermelding og tank	2004, VO 2004, NO	lichte tot sterke verontreiniging inkadering sterke verontreiniging

VO = verkennend bodemonderzoek

IO = indicatief bodemonderzoek

OO = oriënterend bodemonderzoek

AO = aanvullend bodemonderzoek

NO = nader bodemonderzoek

SP = saneringsplan

SE = saneringsevaluatie

og tank = ondergrondse opslagtank

BIJLAGE D | LOCATIES MET ONDERGRONDSE TANKS

(Arcadis, 2011)

	Adres locatie	Inhoud en volume	Gesaneerd?	Onderzoek bekend op locatie?
1	Beukenlaan 3	onbekend	onbekend	Ja, 3.000 liter onbekende vloeistof, verwijderd, zintuiglijk geen veront, kiwacert. 22-4-1996
2	Boxtelseweg 26	onbekend	onbekend	ja, OO (1994)
3	Boxtelseweg 30	onbekend	onbekend	nee
4	Boxtelseweg 32	onbekend	onbekend	ja, div. onderzoeken (1994-2008)
5	Boxtelseweg 34	onbekend	onbekend	ja, div. onderzoeken (1994-2008)
6	Boxtelseweg 48	onbekend	onbekend	ja, div. onderzoeken (1988-2008)
7	Boxtelseweg 69A	onbekend	onbekend	nee
8	Boxtelseweg 83	onbekend	onbekend	nee
9	Boxtelseweg 89	onbekend	onbekend	ja, VO (1997)
10	Glorieuxlaan 1	1 brandstoftank en 1 HBO-tank	onbekend onbekend	ja, VO (1994) ja, VO (1994) 5.000 liter HBO, inw gereinigd en afgevuld, zintuiglijk geen verontr. kiwacert. 26-2-1996
11	Hoogstraat 61	onbekend	onbekend	ja, div. onderzoeken (1987-2000)
12	Kettingweg 3	onbekend	onbekend	ja, VO (1998) en VO (2000)
13	Kettingweg 5	onbekend	onbekend	ja, VO (2001)
14	Laagstraat 1	onbekend	onbekend	ja, VO en NO (beiden 2004)
15	Laagstraat 20	HBO	onbekend	Ja, 10.000 onbekende vloeistof, verwijderd, zintuiglijk geen verontr. kiwacert. 4-9-1996 4.900 hbo, inw gereinigd, zintuiglijk geen veront., kiwacert. 18-2-1992
16	Laagstraat 30	onbekend	onbekend	ja, div. onderzoeken (1995-2009)
17	Laagstraat 34	onbekend	onbekend	nee
18	Laagstraat 36	onbekend	onbekend	nee
19	Lagedwardsstraat 28/ Laagstraat (Grote Cingels)	onbekend	onbekend	ja, div. onderzoeken (2006-2010)
20	Repelweg 6	onbekend	onbekend	nee
21	Sint Janstraat 3	onbekend	onbekend	BOOT onderzoek (2006), conclusie: niet verontreinigd

VO = verkennend bodemonderzoek

OO = oriënterend bodemonderzoek

NO = nader bodemonderzoek

BOOT = Besluit Opslag Ondergrondse Tanks

div. = diverse

BIJLAGE E | Kosten meetnet/eenheidsprijzen

(STOWA, 2012. Handboek meten van grondwaterstanden in peilbuizen. STOWA 2012-50, Amersfoort, december 2012.)

Tabel 8 | Kostenindicatie aanleg van peilbuizen

Aanleg peilbuizen	Eenheidsprijs	Eenheid
Installeren freatische peilbuis (tot 5 meter)	€ 300,-	Per stuk
Installeren peilbuis eerste watervoerend pakket (tot 25 meter)	€ 1.750,-	Per stuk
Aanschaf en installatie datalogger, inclusief vaste uitleeskabel	€ 700,-	Per stuk
Aanschaf en installatie barometrische logger	€ 450,-	Per stuk
Aanschaf en installatie telemetrie (bovenop kosten sensor)	€ 1.250,-	Per stuk

Tabel 9 | Kostenindicatie exploitatie grondwatermeetnet

Exploitatie	Eenheidsprijs	Eenheid
Handmatig uitlezen (24x/jaar) + uitwerken en externe opslag gegevens met ontsluiting via internet	€ 600,- *	Per peilbuis per jaar
Dataloggers: Dataverzameling en validatie (2x/jaar) + uitwerken en externe opslag gegevens met ontsluiting via internet	€ 210,-	Per peilbuis per jaar
Telemetrie: Dataverzending en validatie + uitwerken en externe opslag gegevens met ontsluiting via internet, inclusief batterijwissel elke twee jaar en een jaarlijkse controleronde (twee keer per jaar voor de helft van de peilbuizen voor bijvoorbeeld het verhelpen van storingen)	€ 300,-	Per peilbuis per jaar

* Kosten zijn erg afhankelijk van de dichtheid van het meetnet (reistijd tussen de meetpunten) en kunnen bij inzet eigen (veld) medewerkers fors goedkoper.

Tabel 10 | Kostenindicatie onderhoud grondwatermeetnet

Onderhoud	Prijs
Schoonmaken filter (spoelen/afpompen peilbuis)	Kosten sterk afhankelijk van noodzakelijke frequentie en aantallen per keer (schaalvoordelen). Indicatie: voor 160 peilbuizen binnen een stad €10.000 per schoonmaakronde.
Hoogtemeting peilbuis (NAP)	Kosten sterk afhankelijk van noodzakelijke frequentie, meetmethode en aantallen per keer (schaalvoordelen). Indicatie: Waterpassing voor 160 peilbuizen in stedelijk gebied circa. €15.000.

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Projectnummer: D01021.000175
Onze referentie: 079362221 C