



Milieueffectrapport
Gebiedsplan Gebiedsgericht
Grondwaterbeheer gemeente
Utrecht

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0497364.100
definitief revisie 3.0
22 mei 2026

Milieueffectrapport

Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer gemeente Utrecht

projectnummer 0497364.100
definitief revisie 3.0
22 mei 2026

Auteur(s)

S. Baars
M. Elzinga
G. Roovers
G.W. Schuur

Opdrachtgever

Gemeente Utrecht
Postbus 10080
3505 AB UTRECHT

Gecontroleerd

G.W. Schuur

datum
22 mei 2026

beschrijving
Definitief rapport

vrijgave
J. Verhoeven



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	5
1. Inleiding	10
1.1 Aanleiding en doel	10
1.2 Actualisatie Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer	10
1.3 Mer-plicht	11
1.4 Scope planMER	11
1.5 Proces, betrokken partijen en vervolg besluitvorming	11
1.6 Omgang zienswijzen Notitie Reikwijdte en Detailniveau	12
1.7 Omgang advies Commissie mer	12
1.8 Leeswijzer	12
2. Het Utrechtse bodem- en grondwatersysteem	13
2.1 Bodemopbouw en (geo)hydrologie	13
2.2 Verontreinigingssituatie in 2025	15
2.3 Kwetsbare objecten	17
3. Huidig beleid	19
3.1 Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer (2015)	19
3.2 Relevant gemeentelijk beleid	22
3.3 Conflicterend beleid	22
3.4 Evaluatie van het vastgestelde beleid	22
4. Methodiek van het planMER	24
4.1 Referentie en alternatieven	24
4.2 Beoordelingskader	24
4.3 Beoordelingswijze	25
4.4 Te onderzoeken alternatieven	26
4.5 Uitgangspunten grondwatermodellering (GHM)	31
5. Beschrijving referentiesituatie	32
5.1 Bovengrondse impact	32
5.2 Klimaat, energie en circulariteit	42
5.3 Bodem en Water	49
5.4 Ecologie	81
5.5 Erfgoed	86
6. Effectbeschrijving en -beoordeling alternatieven	94
6.1 Essentie alternatieven	94
6.2 Beschouwing resultaten grondwatermodellering	94
6.3 Bovengrondse impact	95
6.4 Klimaat, energie en circulariteit	97
6.5 Bodem en water	99
6.6 Ecologie	106
6.7 Erfgoed	107
6.8 Overzicht effectbeoordelingen	108
7. Integrale beoordeling	109
7.1 Significante effecten	109
7.2 People, planet, prosperity	111
7.3 Toetsing aan doelbereik	111

8.	Conclusies en reflectie	112
8.1	Conclusies	112
8.2	Reflectie	112
8.3	Leemten in kennis	113
8.4	Monitoring	113
9.	Bibliografie	114

Bijlagen

1. Omgang advies Commissie mer
2. Beantwoording zienswijzen NRD
3. Uitgangspuntennotie plaatsing OBES
4. Uitgangspunten grondwatermodellering

Samenvatting

Milieueffectrapportage bij het Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer gemeente Utrecht

De gemeente Utrecht actualiseert het Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer (hierna: gebiedsplan) uit 2015. Aanleiding hiervoor zijn de hoge ambities op het gebied van woningbouw, energietransitie en verduurzaming, nieuwe inzichten in de verspreiding van historische grondwaterverontreinigingen en de inwerkingtreding van de Omgevingswet per 1 januari 2024. Met het gebiedsplan neemt de gemeente voor de lange termijn verantwoordelijkheid voor het beschermen, benutten en verbeteren van de grondwaterkwaliteit in de stad. Ter onderbouwing van de beleidskeuzes is een plan-milieueffectrapportage (planMER) opgesteld.

Het geactualiseerde gebiedsplan is planMER-plichtig omdat het kaders stelt voor toekomstige activiteiten die mer-(beoordelings)plichtig zijn, zoals diepe boringen en het onttrekken en infiltreren van grondwater. Naast de wettelijke verplichting biedt het planMER inzicht in de milieueffecten van verschillende beleidsalternatieven en ondersteunt het een zorgvuldige en transparante besluitvorming.

Doel, scope en referentiesituatie

Het planMER richt zich op historische grondwaterverontreinigingen ontstaan vóór 1987, met name verontreinigingen met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOC). Nieuwe verontreinigingen, zoals PFAS en andere zeer zorgwekkende stoffen, vallen buiten de scope van het gebiedsplan en zijn in het planMER uitsluitend kwalitatief beschouwd.

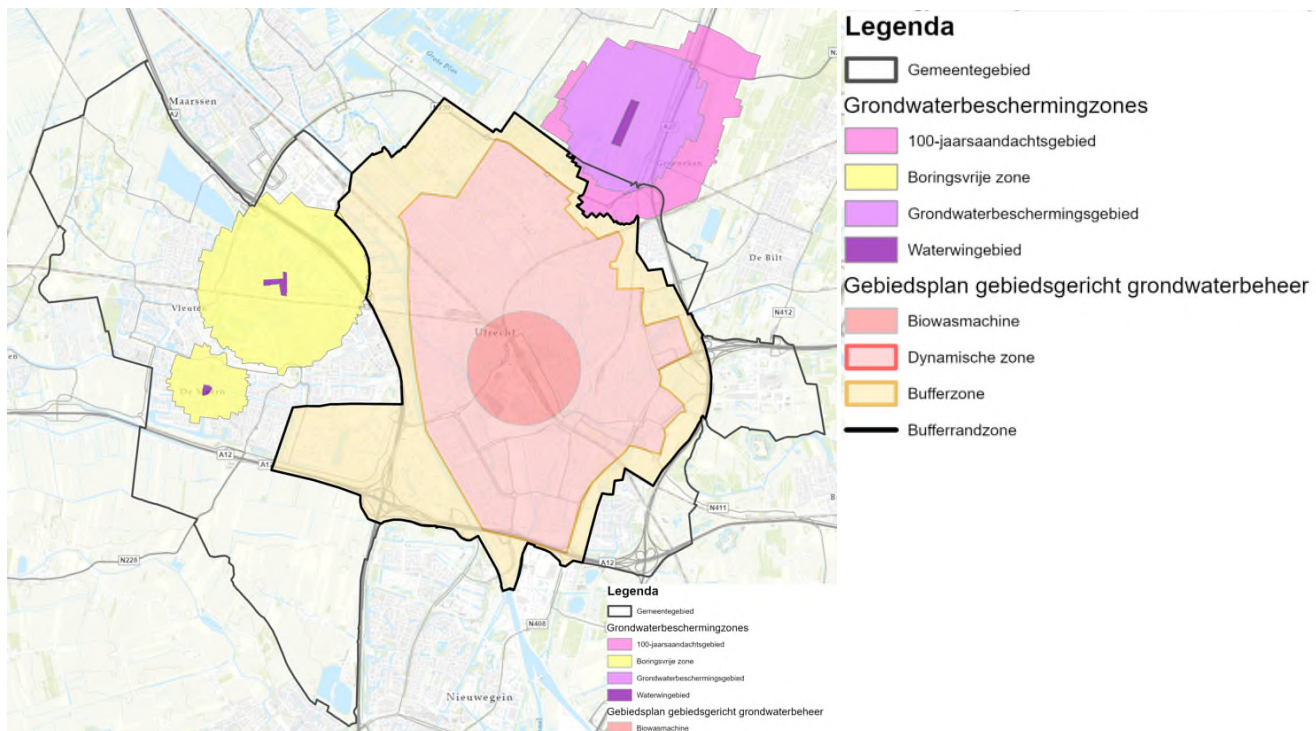
De milieueffecten van de alternatieven zijn beoordeeld ten opzichte van een referentiesituatie in 2050. Deze referentiesituatie betreft de voortzetting van het huidige beleid zoals vastgelegd in het gebiedsplan uit 2015, inclusief de bestaande begrenzing van het beheergebied en het huidige beschermingsregime voor grondwater, drinkwaterwinning en oppervlaktewater. Omdat grondwaterprocessen zich langzaam ontwikkelen, is daarnaast met behulp van grondwatermodellering een doorkijk gemaakt naar de effecten tot 2100.

Huidige situatie en evaluatie van het bestaande gebiedsplan

In het huidige gebiedsplan wordt onderscheid gemaakt in verschillende grenzen en zones. Het gebied waarbinnen de gebiedsgerichte aanpak van het grondwater plaatsvindt is de beheergrens. De horizontale beheergrens is weergegeven in Figuur 3.1. Deze grens is in 2015 gekozen om bescherming te bieden aan kwetsbare objecten zoals de grondwaterbeschermingsgebieden en de boringsvrije zones van de drinkwaterwinning bij Leidsche Rijn en De Meern.

Het beheergebied omvat een *dynamische zone*, die bestaat uit het hoogstedelijk gebied waar zich een hoge concentratie aan vermengde grondwaterverontreinigingen in de ondergrond bevindt. Binnen de dynamische zone is verspreiding van grondwaterverontreinigingen toegestaan. Daarnaast bestaat het beheergebied uit een *bufferzone*. Dit is een overgangszone, waarin zich enkele verontreinigingsbronnen en pluimen bevinden, die elkaar bij ingrepen in de ondergrond beïnvloeden. Bij verspreiding van grondwaterverontreiniging tot in de bufferzone moeten, bij optreden van risico's als gevolg van deze verspreiding, (beheers)maatregelen worden getroffen. Buiten de bufferzone en daarmee buiten de beheergrens, ligt de *schone zone*. Daar is het gebiedsplan niet van toepassing.

In verticale richting beperkte het beheergebied zich tot de onderkant van de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket. Boringen mogen niet dieper worden gezet dan deze verticale gebiedsgrens.



Figuur 0.1 De horizontale begrenzingen en zones in het gebiedsplan 2015

Historische verontreinigingen met VOCl zijn in het eerste watervoerende pakket wijdverspreid en op enkele locaties doorgedrongen tot het tweede watervoerende pakket. Drinkwaterwinningen, strategische grondwatervoorraden, kwetsbare natuur en oppervlaktewateren zijn als kwetsbare objecten aangemerkt.

Evaluatie van het bestaande gebiedsplan laat zien dat het beleid heeft bijgedragen aan het beheersen van risico's voor kwetsbare objecten en het faciliteren van stedelijke ontwikkelingen. Tegelijkertijd is gebleken dat verbetering van de grondwaterkwaliteit beperkt is en dat aannames, zoals het 'biowasmachine-effect' van bodemenergiesystemen, onvoldoende aantoonbaar zijn. Dit vraagt om heroverweging van de balans tussen beschermen en benutten van het grondwater.

Onderzochte alternatieven

In het planMER zijn drie samenhangende beleidsalternatieven onderzocht, die de 'hoeken van het speelveld' voor de actualisatie van het gebiedsplan representeren:

1. Alternatief 1 – Actieve bescherming van de grondwaterkwaliteit

Bescherming heeft prioriteit boven benutting. De huidige begrenzing van het beheergebied blijft gehandhaafd, nieuwe bodemenergiesystemen worden niet toegestaan en er wordt actief ingezet op beheers- en saneringsmaatregelen om verdere verspreiding van verontreinigingen te voorkomen.

2. Alternatief 2 – Benutten van bodemenergie met sturing op grondwaterkwaliteit

Beschermen en benutten worden in balans gebracht. Bodemenergiesystemen zijn onder voorwaarden ook in het tweede watervoerende pakket toegestaan, met ruimtelijke sturing en gerichte maatregelen om risico's voor grondwaterkwaliteit en drinkwaterwinning te beheersen.

3. Alternatief 3 – Maximale benutting van het bodem- en grondwatersysteem

Benutting heeft prioriteit boven bescherming. Het beheergebied wordt uitgebreid tot de gemeentegrenzen en het tweede watervoerende pakket wordt opengesteld voor bodemenergie. Verspreiding van verontreinigingen binnen het gebied wordt in beginsel geaccepteerd; maatregelen worden pas genomen bij dreigende overschrijding van gebiedsgrenzen.

Beoordelingskader en methodiek

De milieueffecten zijn beoordeeld aan de hand van een integraal beoordelingskader, zie tabel 0.1. Voor het in beeld brengen van effecten op het bodem- en watersysteem is gebruikgemaakt van kwantitatieve grondwatermodellering; overige effecten zijn beoordeeld op basis van expert judgement. De effecten zijn weergegeven op een zevenpuntsschaal, van sterk positief tot sterk negatief ten opzichte van de referentiesituatie. Daarnaast is een integrale beschouwing uitgevoerd vanuit de perspectieven *people*, *planet* en *prosperity*.

Tabel 0.1 Beoordelingskader

Thema	Indicator	Effectbepaling	Beoordelingswijze
Bovengrondse impact	Openbare ruimte en ruimtegebruik	Verandering in de kwaliteit van de openbare ruimte	Semi-kwantitatief, beschrijvend
	Woningbouwopgave	Verandering in areaal en kwaliteit van woningbouwlocaties	Waar mogelijk kwantitatief in aansluiting op de beoordeling van duurzame energieopwekking, i.c.m. kwalitatief, beschrijvend.
	Gezondheidseffecten	Verandering in omvang van het milieugezondheidsrisico (o.a. door luchtkwaliteit, omgevingsveiligheidsrisico's en geluidhinder)	Kwalitatief, beschrijvend en waar mogelijk kwantitatief, met een focus op potentiële ecotoxicologische risico's van de verspreiding van verontreinigingen.
	Veiligheidsrisico's	Verandering in de kans en het gevolg van milieurampen als gevolg van risico's van economische activiteiten	Kwalitatief, beschrijvend.
Klimaat, energie en circulariteit	Emissie en vastleggen broeikasgassen	Verandering in de emissie en vastlegging van broeikasgassen	Semi-kwantitatief, beschrijvend.
	Duurzame energieopwekking	Verandering in het aanbod van duurzame energie.	Semi-kwantitatief op basis van kentallen voor bodemenergiewinning.
	Energienetwerk	Verandering in de mate waarin vraag en aanbod voor energie zijn verbonden door de aanwezigheid van energie infrastructuur	Kwalitatief, beschrijvend, en waar mogelijk semi-kwantitatief voor het ruimtebeslag
	Circulariteit	Verandering in perspectief op het sluiten van grondstofkringlopen	Semi-kwantitatief (totaalmateriaalgebruik) en beschrijvend.
Water en bodem	Oppervlaktewaterkwantiteit	Verandering in kwaliteit en natuurlijke systeem van oppervlaktewater	Kwalitatief, beschrijvend en waar mogelijk kwantitatief in hoeveelheden.
	Oppervlaktewaterkwaliteit	Verandering in kwantiteit en natuurlijke systeem van oppervlaktewater	Kwalitatief, beschrijvend en waar mogelijk kwantitatief in hoeveelheden.
	Grondwaterkwantiteit	Verandering in de kwantiteit en natuurlijke systeem van het grondwater	Kwantitatieve modellering van wijzigingen in grondwaterstromen (horizontaal en verticaal).
	Grondwaterkwaliteit	Verandering in de kwaliteit en natuurlijke systeem van het grondwater	Kwantitatieve modellering van wijzigingen in grondwaterstromen (horizontaal en verticaal) en de bijbehorende verspreiding en beschikbaarheid van verontreinigingen.
	Drinkwater	Verandering in volume en kwaliteit drinkwatervoorraad	Waar mogelijk kwantitatief op basis van de grondwatermodellering i.c.m. kwalitatief, beschrijvend
	Bodemopbouw	Verandering bodemlagen (watervoerende en scheidende lagen)	Kwalitatief, beschrijvend en waar nodig kwantitatief op basis van hoeveelheden.
	Biologische, fysische en chemische bodemkwaliteit	Verandering in de kwaliteit en het natuurlijke systeem van de bodem en ondergrond	Kwalitatief, beschrijvend op basis van de grondwatermodellering.
Ecologie	Natuur	Juiste milieuoedities ten behoeve van het duurzaam instandhouden van soorten en habitats	Kwalitatief, beschrijvend op basis van de grondwatermodellering.
	Bodemleven	Verandering in de bodembiodiversiteit	Kwalitatief, beschrijvend op basis van de grondwatermodellering.
Erfgoed	Archeologie	Verandering in behoud en ontwikkeling van archeologie, gebouwd erfgoed (monumenten/stads- en dorpsgezichten), cultuurlandschap en werelderfgoed	Kwalitatief, ruimtelijke component semi-kwantitatief, beschrijvend.
	Landschap en cultuurhistorie	Verandering in areaal en kwaliteit van waardevolle landschappen	Kwalitatief, beschrijvend.
	Aardkundige waarden	Verandering areaal en kwaliteit van aardkundige waarden	Kwalitatief, beschrijvend en waar mogelijk kwantitatief in areaal.

Resultaten per alternatief op hoofdlijnen

- **Alternatief 1** leidt tot de geringste extra verspreiding van grondwaterverontreinigingen en scoort relatief positief voor grondwaterkwaliteit en bescherming van kwetsbare objecten. Daartegenover staan negatieve effecten op de potentie voor bodemenergie, woningbouw en de energietransitie.
- **Alternatief 2** biedt veel ruimte voor duurzame energieopwekking en stedelijke ontwikkeling, met beheersbare maar wel toenemende risico's voor de grondwaterkwaliteit.
- **Alternatief 3** maximaliseert de benutting van de ondergrond en draagt positief bij aan woningbouw en energietransitie, maar kent de grootste negatieve effecten op grondwaterkwaliteit en daarmee grotere kans op onomkeerbare effecten op de lange termijn.

Uit de grondwatermodellering blijkt dat tot 2100 in geen van de alternatieven noch de drinkwaterwinningen noch het oppervlaktewater worden bereikt door de bekende VOCl-verontreinigingen.

Tabel 0.2: Overzicht van significante effecten per alternatief

Indicator	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Onderbouwing
Openbaar ruimtegebruik	+	-	-	Alternatief 1 beperkt het bovengronds ruimtegebruik van duurzame energiesystemen. De alternatieven 2 en 3 vragen juist om meer ruimte bovengronds.
Woningbouwopgave	-	+	+	De alternatieven 2 en 3 maken duurzame energievoorziening nieuwe woningbouw goed mogelijk. Alternatief 1 beperkt deze.
Emissie en vastleggen broeikasgassen	-	+	+	Bodemenergie is energetisch efficiënt en zorgt voor een relatief lage uitstoot van broeikasgassen. Alternatief 1 beperkt het gebruik van bodemenergie terwijl de alternatieven 2 en 3 die juist beter mogelijk maken.
Duurzame energieopwekking	-	Geen significant effect	Geen significant effect	Alternatief 1 beperkt de mogelijkheden om duurzaam bodemenergie te gebruiken.
Grondwaterkwaliteit	Geen significant effect	Geen significant effect	-	Alternatief 3 vergroot het volume verontreinigd grondwater in grotere mate dan de andere alternatieven en de referentie.

Conclusies, leemten in kennis en monitoring

Op basis van voorgaande effectbeschrijving- en beoordeling van de drie alternatieven zijn een aantal conclusies te trekken:

1. Het geactualiseerde GGB vraagt om een nieuwe balans tussen het beheersen van de grondwaterverontreinigingen en het benutten van de potenties van bodemenergie in het gebied. De meest essentiële afweging draait om het risico op (beperkte, maar wel lastig omkeerbare) verontreinigingen in het 2^e watervoerende pakket vs. het toestaan van bodemenergiewinning in dit 2^e watervoerende pakket. Dit zijn de meest significante potentiële effecten van de actualisatie van het GGB.
2. Zowel in de referentiesituatie als de alternatieven overschrijden de grondwaterverontreinigingen de horizontale en verticale gebiedsgrenzen. In alternatief 1 is de verspreiding het kleinst en in de alternatieven 2 en 3 het grootst. De uiteindelijke verspreiding stagneert richting 2100.
3. Zowel in de referentiesituatie als in de alternatieven vormt de verspreiding van verontreinigd grondwater géén bedreiging voor de oppervlaktewaterkwaliteit in de periode tot 2100. De verontreinigingen verspreiden zich niet zodanig dat het via kwel aan de oppervlakte komt. Bovendien zal volgens de modellering de verontreiniging volledig zijn afgebroken voordat het oppervlaktewater is bereikt.
4. In de periode tot 2100 (en ook daarna) bereiken de verontreinigingen in géén van de alternatieven de drinkwaterwinningen. De afstand tussen de verontreinigingen en de meest kritische drinkwaterwinning Leidsche Rijn bedraagt minimaal 1 kilometer en de verontreinigingen zijn volledig afgebroken voordat de drinkwaterwinning is bereikt.
5. De nieuwbouwopgave in het hoogstedelijke gebied wordt bemoeilijkt zonder inzet van het 2^e watervoerend pakket. Dit heeft te maken met de onmisbare rol van bodemenergie in het energiesysteem voor het leveren van warmte en koude en het gebrek aan realistische duurzame alternatieven.

Leemten in kennis

De volgende leemten in kennis zijn geïdentificeerd:

- **De werkelijke omvang van de grondwaterverontreinigingen is onbekend**

Met de monitoringsdata van de afgelopen kan niet overal een goed beeld van de huidige omvang van de grondwaterverontreinigingen worden gevormd. Onder meer is onbekend in welke mate zaklagen in de ondergrond aanwezig zijn. Om deze leemte in kennis te ondervangen is een grondwatermodel opgesteld waarin conservatieve (worst case) aannames zijn gedaan over de aanwezigheid van zaklagen, afbraakconstantes en de afdichtende functie van de scheidende laag tussen de watervoerende pakketten. Met de toekomstige monitoringsinspanning zullen nieuwe data worden verkregen waarmee het grondwatermodel kan worden verfijnd en een beter beeld van de feitelijke omvang en verspreiding van de grondwaterverontreinigingen kan worden verkregen. Ook de mate waarin afbraak in het 2^e watervoerende pakket optreedt zal door hierop gerichte monitoring worden onderzocht.

- **Veilig en verantwoord OBES in het 2^e watervoerende pakket plaatsen en benutten**

Het huidige kader met vergunningverlening en kwaliteitsborging borgt in principe een veilige plaatsing van OBES door middel van eisen voor het doorboren van scheidende lagen en het voorkomen van kortsluiting tussen watervoerende pakketten. Ondanks dat het risico op verontreiniging van het 2^e watervoerende pakket klein is, blijft er echter altijd een zeker risico en de vraag is hoe dit risico verder verkleind kan worden. De gemeente Utrecht voert momenteel een praktijkonderzoek uit om te bepalen met welke maatregelen (naast die al wettelijk verplicht zijn) veilig en verantwoord bodemenergie (OBES) in het 2^e watervoerende pakket kan worden benut. De resultaten van het praktijkonderzoek worden meegenomen bij de opzet van het voorkeursalternatief.

De beschikbare informatie en kennis zijn voldoende voor een goed onderbouwde effectbeoordeling in voorliggend planMER en de leemten in kennis doen daar geen afbreuk aan.

Monitoring

Na de besluitvorming draagt de gemeente Utrecht zorg voor de monitoring van het gebiedsplan. Hiertoe zal in het gebiedsplan een gedetailleerde monitoringsstrategie worden opgenomen. Vanuit dit planMER wordt aanbevolen om hierbij in ieder geval rekening te houden met:

- De aan- of afwezigheid van zaklagen;
- De effecten van het doorboren van de scheidende laag tussen het 1^e en 2^e watervoerende pakket;
- De effecten van meer of minder OBES;
- Het effect van een eventuele toename van het debiet in de drinkwaterwinning.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In het verleden hebben bedrijfsactiviteiten het grondwater in stedelijk Utrecht over een groot oppervlak en tot grote diepte verontreinigd. De gemeente Utrecht heeft daarom in 2015 een Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer (GGB) vastgesteld (hierna: gebiedsplan). In dit gebiedsplan neemt de gemeente voor een lange periode de verantwoordelijkheid op zich voor de benutting, bescherming en verbetering van de grondwaterkwaliteit. De gemeente gaat het gebiedsplan actualiseren en stelt hierbij een Milieueffectrapportage (planMER) op.

Wat is het Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer?

Het Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer van de gemeente Utrecht is een beleidsdocument dat gericht is op het beschermen en duurzaam gebruiken van het grondwater in de stad. Het plan is opgesteld vanwege de historische verontreiniging van het grondwater en de noodzaak om dit goed te beheren, mede met het oog op de stedelijke ontwikkeling en energietransitie. De doelen van het gebiedsplan zijn:

- Het beheersen van grondwaterverontreiniging op gebiedsniveau
- Het voorkomen van verspreiding buiten het beheergebied
- Het beschermen van kwetsbare functies zoals drink- en oppervlaktewater
- Het verbeteren van de grondwaterkwaliteit in de tijd
- Het mogelijk maken van duurzaam en efficiënt ondergrondgebruik

Het gebiedsplan bevat beleidsregels voor het beschermen en benutten van grondwater, zoals bij bodemenergie, nieuwbouw en grondwateronttrekking.

1.2 Actualisatie Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer

De gemeente gaat het vigerende gebiedsplan uit 2015 actualiseren. Hiervoor zijn diverse redenen. Allereerst heeft de gemeente hoge ambities omtrent woningbouw, verduurzaming en energietransitie. Deze ambities leggen een claim op de ruimte én op bodem en ondergrond, met name door de hiervoor gewenste duurzame bodemenergievoorzieningen. Dit vraagt om nieuwe afwegingen inzake het grondwaterbeheer en de risico's omtrent het beheersen van de grondwaterkwaliteit zoals opgenomen in het huidige gebiedsplan.

Ten tweede, vanwege nieuwe inzichten over de verspreiding van aanwezige grondwaterverontreinigingen zijn de doelstellingen uit het gebiedsplan mogelijk niet meer haalbaar. Deze nieuwe inzichten geven aanleiding om de haalbaarheid van volledige bescherming van de grondwaterkwaliteit opnieuw te beoordelen. Dit ook in het licht van de verwachte toename van de vraag naar drinkwater en drinkwatervoorzieningen, duurzame energie en woningbouwontwikkelingen. In het geactualiseerde gebiedsplan zullen mogelijk ruimtelijke beperkingen aan het plaatsen van bodemenergiesystemen of de aanleg van nieuwe ondergrondse infrastructuur gesteld gaan worden.

De laatste reden heeft te maken met de inwerkingtreding van de Omgevingswet. Het huidige gebiedsplan is opgesteld onder de Wet bodembescherming. Deze wet is bij inwerkingtreding van de Omgevingswet per 1 januari 2024 komen te vervallen. Tot 31 december 2027 valt het onder het overgangsrecht. Na de overgangsperiode wordt het gebiedsplan van rechtswege een vrijwillig programma. De gemeente blijft verantwoordelijk om hier uitvoering aan te geven vanaf 1 januari 2028. Omdat het grondwaterkwaliteitsbeheer zowel voor als na inwerkingtreding van de Omgevingswet verdeeld is over meerdere overheden, is het van belang dat de gemeente haar beleid afstemt op het beleid van de provincie Utrecht in samenwerking met de partners in de 'waterketen' – te weten de waterschappen AGV en HDSR en drinkwaterbedrijf Vitens. Op specifieke dossiers betreft de gemeente ook andere stakeholders als buurgemeenten, bedrijven en milieuorganisaties. Deze afspraken worden vastgelegd in een geactualiseerd gebiedsplan.

1.3 Mer-plicht

De gemeente stelt een milieueffectrapport (MER) op omdat het actualiseren van het gebiedsplan formeel conform de Omgevingswet en het bijbehorende omgevingsbesluit 'planMER-plichtig' is. Het geactualiseerde gebiedsplan zal namelijk kaders stellen voor toekomstige activiteiten die in de bijlage V van het Omgevingsbesluit opgenomen zijn. Dit gaat om activiteiten zoals het realiseren van diepe boringen (activiteit B4) en het onttrekken en infiltreren van grondwater (activiteit K1)¹. Omdat deze activiteiten formeel mer-(beoordelings)plichtig zijn, is het plan of programma dat kaders stelt voor deze activiteiten, in dit geval het gebiedsplan, planMER-plichtig.

Los van de mer-plicht vindt de gemeente dat een planMER meerwaarde biedt bij een complex en gevoelig traject als de actualisatie van het gebiedsplan. Het draagt bij aan de zorgvuldigheid van het besluitvormingsproces en uiteindelijk besluit tot de actualisatie van het gebiedsplan.

1.4 Scope planMER

Het gebiedsplan beschouwt alleen genormeerde historische grondwaterverontreinigingen, ontstaan voor 1987 en voorkomend in de Circulaire Bodemsanering. Het gebiedsplan richt zich daarmee niet op verontreinigingen van ná 1987, inclusief opkomende stoffen die recent in beeld zijn gekomen (te denken aan PFAS, 1-4 dioxaan, pesticiden, medicijnresten en drugs). In dit planMER wordt een korte kwalitatieve beschouwing gegeven van de effecten van de alternatieven op deze 'nieuwe' verontreinigingen.

1.5 Proces, betrokken partijen en vervolg besluitvorming

Planproces

De gemeente kiest bij het opstellen van het gebiedsplan voor een zorgvuldig en intensief proces waarin alle direct belanghebbende partijen – de genoemde waterketenpartners en overige stakeholders - worden betrokken, zowel op ambtelijk als bestuurlijk niveau. Op ambtelijk niveau is een integrale projectgroep en een aantal werkgroepen ingesteld waarin de waterketenpartners deelnemen. Gemeente Utrecht is als beheerder en eigenaar initiatiefnemer in dit proces. In de periode 2024-2026 zijn bijeenkomsten georganiseerd met deze integrale projectgroep. Het doel van deze bijeenkomsten was om te komen tot consensus over omgaan met de actuele situatie en een mogelijk voorkeursscenario waarbij taken en bevoegdheden over de benutting en bescherming van de grondwaterkwaliteit passen op toekomstige ontwikkelingen.

Totstandkoming planMER

Het planMER fungeert als instrument voor het onderbouwen van de te maken keuzes in het gebiedsplan. Het planMER is tot stand gekomen door gedurende het proces inbreng op te halen bij verschillende interne en externe stakeholders. Dit is gedaan tijdens twee bijeenkomsten van de integrale projectgroep, twee bijeenkomsten van de technische werkgroep en het ophalen van feedback op een conceptversie van de voorliggende rapportage. Het planMER draagt met behulp van het onderzoeken van alternatieven en hun milieueffecten bij aan het vinden van de balans tussen beschermen, herstellen en benutten van het grondwater. Voor dit planMER is gekeken naar verschillende alternatieven voor het gebiedsplan, waardoor 'de hoeken van het speelveld' voor de te nemen besluiten in kaart zijn gebracht'.

Vervolg besluitvorming

Het planMER biedt inzicht in de milieueffecten van verschillende alternatieven voor de beleidsvorming. Deze brengen het speelveld en de hoeken daarvan in beeld. De gemeente werkt gezamenlijk met de verschillende stakeholders aan een voorkeursscenario voor het nieuwe beleid op basis van een integrale afweging tussen technische (milieu), juridische, financiële en bestuurlijke effecten. Met de input uit het planMER wordt het gebiedsplan verder uitgewerkt. Hierbij zullen de verschillende onderzoeken samenkomen die bijdragen aan de afweging tot het voorkeursalternatief. Dit voorkeursalternatief zal vervolgens nog separaat op de milieueffecten worden beoordeeld. Vervolgens worden het geactualiseerde gebiedsplan en het planMER begin 2027 definitief vastgesteld.

¹ mer-plichtige activiteit Bijlage V Omgevingsbesluit

1.6 Omgang zienswijzen Notitie Reikwijdte en Detailniveau

De Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) vormt de eerste stap in het proces van een milieueffectrapportage (MER). In deze notitie wordt vastgelegd welke onderwerpen, alternatieven en milieuaspecten onderzocht zullen worden in het MER. Het doel van de NRD is om de inhoudelijke afbakening van het MER helder te maken en om betrokkenen – zoals bewoners, bedrijven en maatschappelijke organisaties – de mogelijkheid te geven mee te denken en te reageren op de voorgestelde reikwijdte en detailniveau. De NRD heeft van 31 oktober tot en met 12 december 2024 ter inzage gelegen. Op de NRD zijn vier reacties gekomen, van respectievelijk Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Provincie Utrecht, Vitens en gemeente Stichtse Vecht. In bijlage 2 zijn de zienswijzen en antwoorden opgenomen.

1.7 Omgang advies Commissie mer

De Commissie voor de milieueffectrapportage (Commissie mer) speelt een onafhankelijke en deskundige rol binnen het MER-proces. Zij adviseert overheden over de inhoud en kwaliteit van milieueffectrapporten, zowel in de fase van reikwijdte en detailniveau als bij de toetsing van het opgestelde MER. Het bevoegd gezag betreft dit advies bij het opstellen en aanscherpen van het MER, zodat belangrijke aspecten niet worden gemist en het milieubelang volwaardig kan worden meegewogen in de besluitvorming.

De Commissie heeft een aantal essentiële punten geformuleerd voor dit planMER. In bijlage 1 is uitgewerkt op welke wijze het advies van de Commissie mer in dit planMER is verwerkt.

1.8 Leeswijzer

Voorliggend planMER is als volgt opgebouwd:

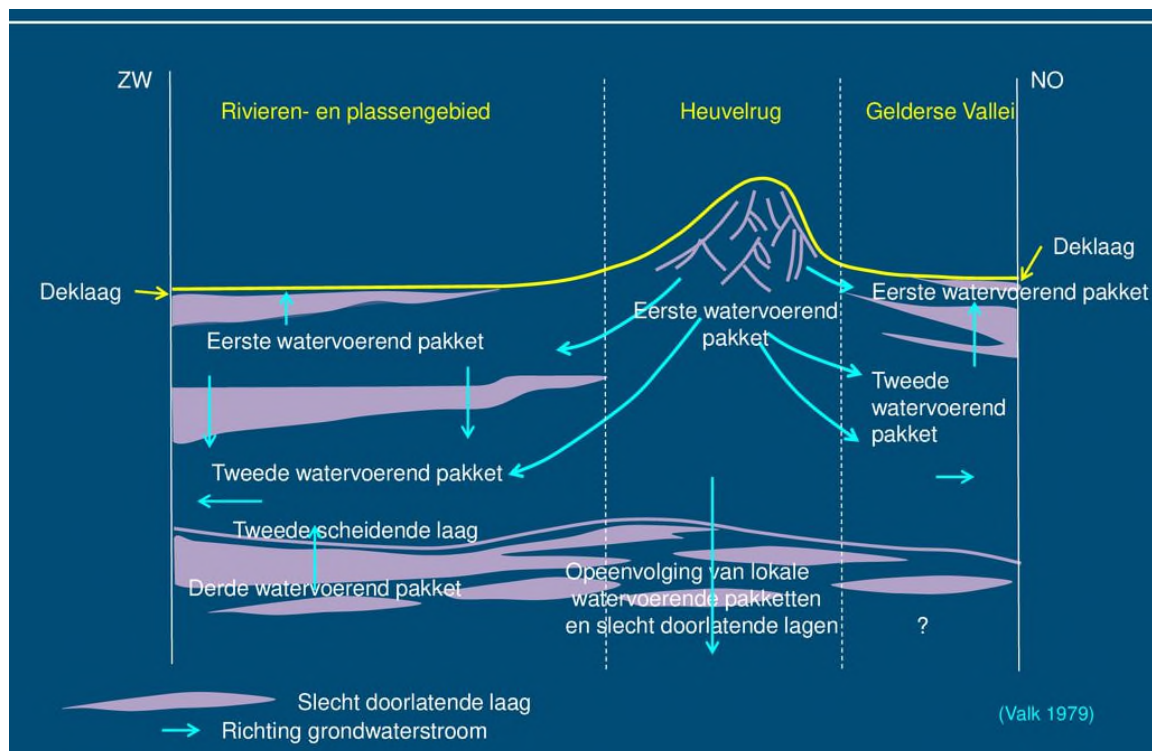
- Hoofdstuk 1 introduceert het doel en de aanleiding van het planMER.
- In Hoofdstuk 2 wordt het Utrechtse bodem- en grondwatersysteem beschreven.
- Hoofdstuk 3 schetst het huidige beleidskader, waarin huidige gebiedsplan beschreven wordt en het samenhangende en conflicterende beleid.
- Hoofdstuk 4 licht de methodiek van het planMER toe, waaronder de beoordelingsaanpak, de te onderzoeken alternatieven en wijze van modellering is beschreven.
- Vervolgens beschrijft Hoofdstuk 5 de referentiesituatie waarmee de milieueffecten worden vergeleken.
- In Hoofdstuk 6 worden de potentiële milieueffecten van de drie alternatieven per thema uitgewerkt en beoordeeld.
- Daarna geeft Hoofdstuk 7 een integrale beoordeling, waarin de afzonderlijke effecten samen worden gewogen.
- Tot slot bevat Hoofdstuk 8 de conclusies en reflectie voor het vervolg van het besluitvormingsproces.

2. Het Utrechtse bodem- en grondwatersysteem

Het gebiedsplan richt zich op het beschermen, herstellen en benutten van het Utrechtse bodem- en grondwatersysteem en stelt kaders voor projecten in het gebied waar het gebiedsplan voor geldt. Deze projecten kunnen invloed hebben op de grondwaterstroming in en rondom het plangebied en de eventuele verspreiding van verontreinigingen daarin. Daarnaast ontstaan effecten doordat met deze projecten de benutting van het grondwater (bijvoorbeeld voor drinkwaterwinning en bodemenergie) beperkt of juist verruimd wordt. Het bodem- en grondwatersysteem - en de effecten daarop - vormt dan ook de basis voor de effectbeschrijving: de effecten op dit systeem leiden tot directe en indirecte effecten op de andere indicatoren.

2.1 Bodemopbouw en (geo)hydrologie

Het bodem- en grondwatersysteem in en rond de gemeente Utrecht is opgebouwd uit verschillende bodemlagen van zand, klei, leem en veen (Figuur 2.1.) Hierbinnen en -tussen stroomt grondwater, zowel in horizontale als verticale richting. Dit systeem bestaat uit een minder waterdoorlatende *deklaag* (bovenste ca. 5 meter) van klei en weinig materiaal, afgewisseld met lagen zand. In deze deklaag bevindt zich het freatische grondwater², vaak direct afkomstig uit geïnfiltreerd hemelwater. Onder deze deklaag bevinden zich *drie watervoerende pakketten* van overwegend zand en grind. Deze drie watervoerende pakketten worden van elkaar gescheiden door minder doorlatende klei-/leemlagen.



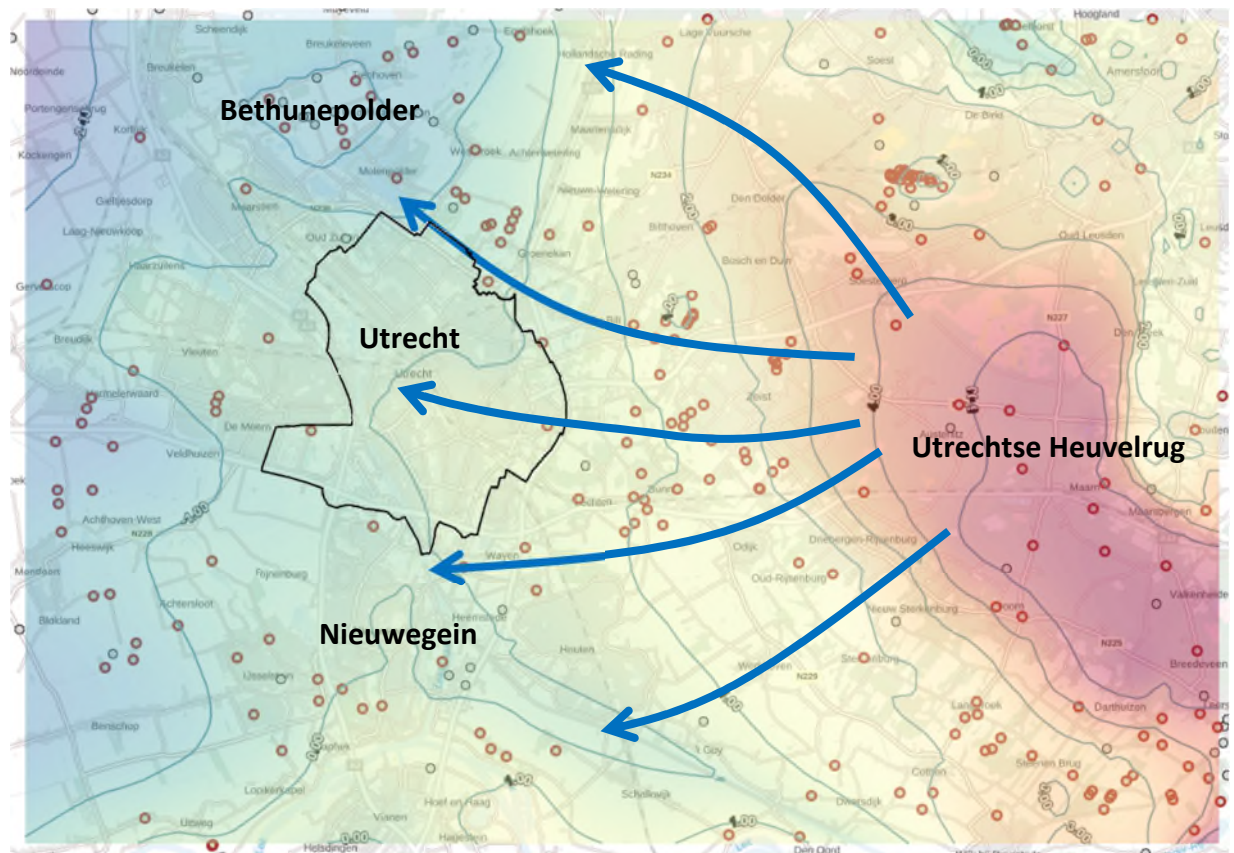
Figuur 2.1 Schematische weergave van het grondwatersysteem (Bron: Valk, 1979). De gemeente Utrecht ligt binnen het rivieren- en plassengebied.

Binnen deze watervoerende pakketten stroomt het grondwater vanaf de Utrechtse Heuvelrug daar waar een belangrijk deel van de neerslag in de bodem infiltreert³ 'waaivormig' richting het gebied tussen de Bethunepolder (NW) en de gemeente Nieuwegein (ZW). Figuur 2.2 geeft deze grondwaterstromingen op hoofdlijnen weer. Lokaal kan de stromingsrichting afwijken door bijvoorbeeld lokale storende lagen, de Kromme Rijn-breuk (een geologische breuklijn in de ondergrond), grondwater gerelateerde activiteiten in de bodem (zoals

² Freatisch grondwater betreft de bodemlaag waar de waterkolom niet bepaald wordt door een afscheidende laag (artesisch water), waardoor de poriedruk gelijk is aan de hydrostatische druk.

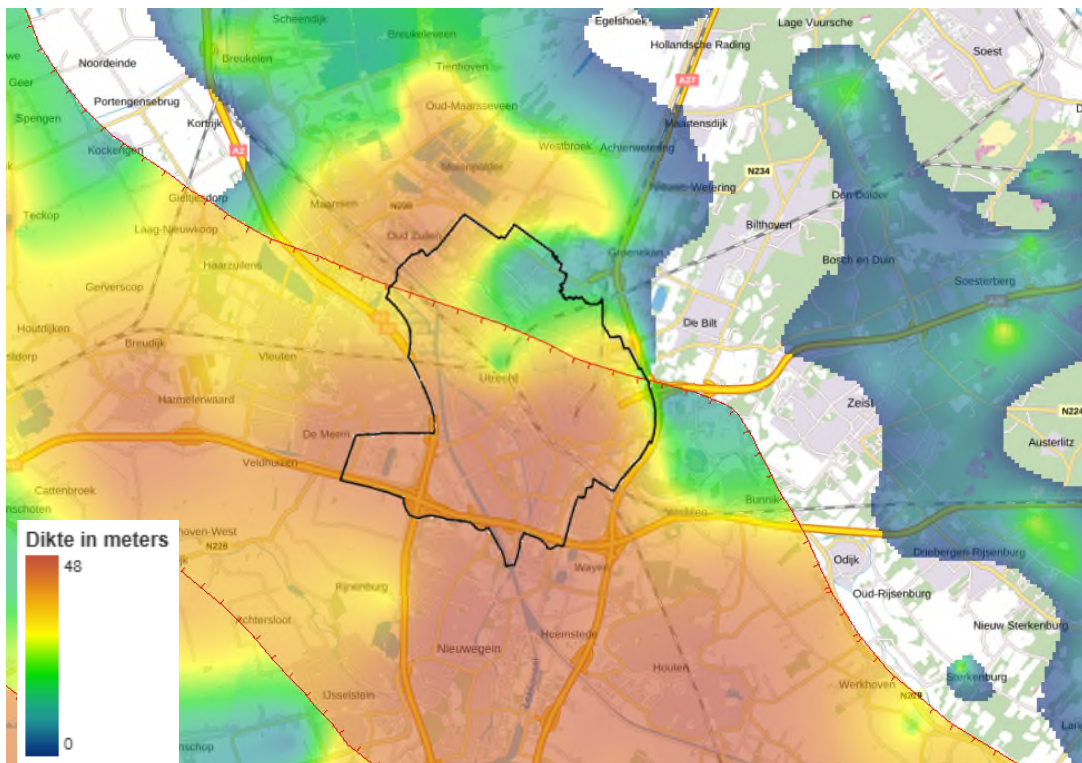
³ In de gemeente Utrecht is hoofdzakelijk sprake van een infiltratie situatie, waarbij neerslag in de bodem zakt. Lokaal is er sprake van lichte tot matige kwel. In deze gebieden komt grondwater onder druk aan het oppervlak.

de winning van grondwater of bodemenergie) of objecten in de ondergrond, zoals damwanden en kelders. Ter illustratie: de damwanden van de diepste parkeergarage (20 meter) van Utrecht zijn bijna 60 meter diep.



Figuur 2.2 Indicatieve verbeelding van de grondwaterstroming in de gemeente Utrecht. In de figuur zijn de zogenaamde Isohypsens weergegeven (lijnen met gelijke grondwaterstand) en de indicatieve stromingsrichting (blauwe pijlen) in het 1^e watervoerende pakket richting met in zwarte omkadering het huidige horizontale beheergebied van het gebiedsplan (bron: www.grondwatertools.nl).

Tussen de watervoerende pakketten is beperkte (verticale) grondwaterstroming. Daartussen gelegen slecht doorlatende klei- of leemlagen beperken deze verticale grondwaterstroming. Daarbij is er sprake van een zogenaamde ‘infiltratiesituatie’: water stroomt van de bovenste lagen naar diepere lagen. Dat betekent dat grondwater vanuit het 1^e watervoerende pakket naar het 2^e en vervolgens naar het 3^e watervoerende pakket stroomt (GGB 2015). Het grondwater in het 2^e en 3^e watervoerende pakket is door deze eeuwenlange langzame infiltratie vanuit de bovenliggende lagen terecht gekomen. Slechts daar waar afsluitende klei- of leemlagen dun zijn of ontbreken, vindt meer uitwisseling van grondwater tussen de watervoerende pakketten plaats. Dit is het geval in het noordoostelijke deel van Utrecht: daar is de scheidende kleilaag tussen het 1^e en 2^e watervoerende pakket dun en loopt het 1^e watervoerende pakket vrijwel direct over in het 2^e watervoerende pakket (zie onderstaande Figuur 2.3).



Figuur 2.3: Dikte Waalre klei, de slechtdoorlatende scheidende, laag tussen het 1^e en 2^e watervoerende pakket (bron: Regis II v2.2.2). Zichtbaar is dat in delen een afsluitende laag ontbreekt. In zwarte omkadering is het horizontale beheergebied afgebeeld.

2.2 Verontreinigingssituatie in 2025

Grondwaterverontreinigingen met VOCI

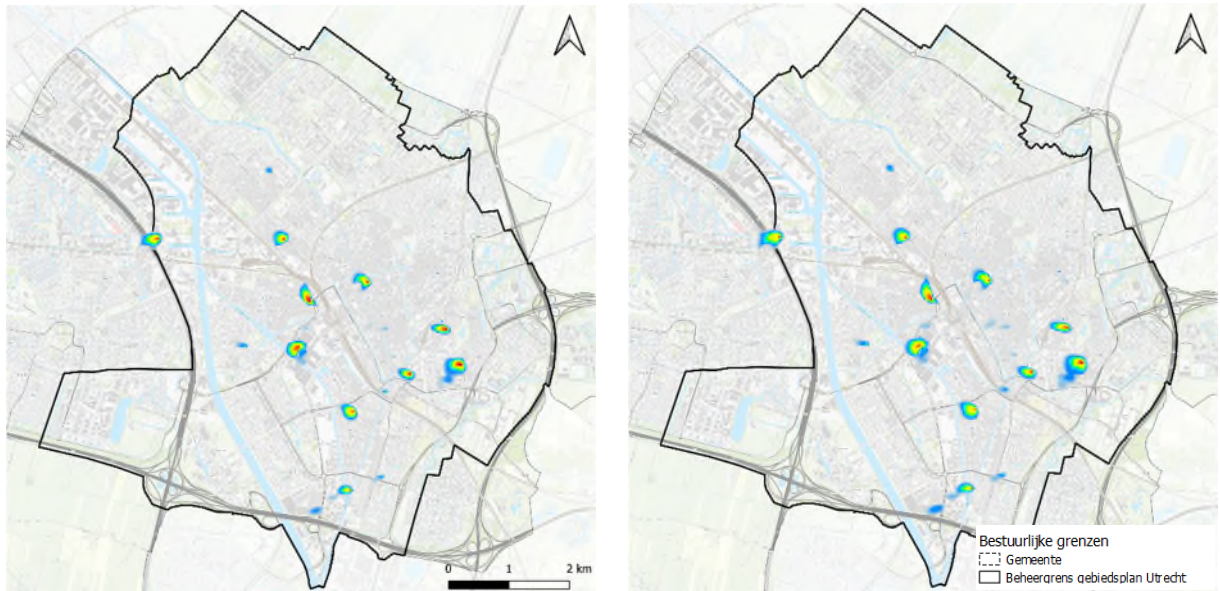
De bodem en het grondwater onder de stad Utrecht zijn door historische bedrijfsactiviteiten verontreinigd geraakt met verschillende stoffen. Dit zijn veelal vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCI). Deze VOCI zijn zwaarder dan water en kunnen zich door natuurlijke stroming naar dieper gelegen grondwaterlagen verspreiden. De verontreinigingen zijn in de loop der tijd vermengd geraakt en vaak niet meer van elkaar te onderscheiden.

In 2015, bij de start van het gebiedsplan, is de verontreinigingssituatie bepaald op basis van de op dat moment bekende gegevens over geregistreerde spoedlocaties (conform Wbb). Sindsdien is de grondwaterkwaliteit via de gebiedsgerichte aanpak gemonitord. Door de wijze van monitoren is de precieze omvang en verspreiding van de verontreinigingen moeilijk te bepalen. Daarom is aanvullend archiefonderzoek uitgevoerd en is een aantal extra peilbuizen in het 2^e watervoerende pakket geplaatst. Samengevat komt hieruit het volgende beeld naar voren:

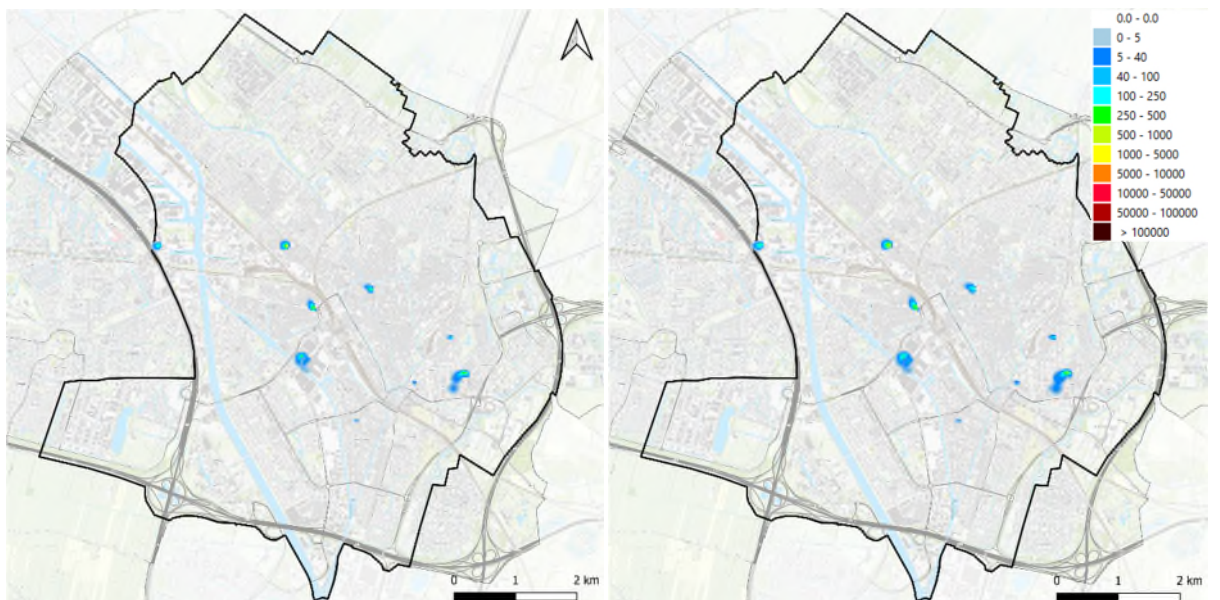
- Op het Jaarbeursterrein (Graadt van Roggenweg) zijn al in 2007 concentraties VOCI boven de interventiewaarde in het 2^e watervoerende pakket aangetroffen. De gemeente heeft in 2024 en 2025 aanvullende peilbuizen geplaatst nabij de verontreiniging op de Graadt van Roggenweg. Op één locatie is wederom VOCI in het 2^e watervoerende pakket aangetroffen in concentraties boven de interventiewaarde;
- Op twee andere plaatsen in het centrum (Merwedekanaal en Cartesiusweg) zijn licht verhoogde concentraties VOCI (onder interventiewaarde) in het 2^e watervoerende pakket aangetroffen;
- Er zijn geen verontreinigingen met VOCI bekend in het 2^e watervoerende pakket in/onder grondwaterbeschermingsgebieden of drinkwaterwinningen;
- Over de situatie in het 2^e watervoerende pakket in andere delen van het stedelijk gebied zijn weinig tot geen gegevens beschikbaar.

In het kader van de Actualisatie van het Gebiedsgericht Grondwaterbeheer gemeente Utrecht is door Sweco een geohydrologisch model (GHM) gebouwd, zie paragraaf 5.3. Het doel van dit GHM is om inzicht te verkrijgen in de verspreiding van grondwaterverontreinigingen (VOCI). Eén van de onderdelen is de modellering van de huidige situatie. In het geohydrologisch model is de verspreiding van cis-dichlooretheen (CIS) en vinylchloride (VC) binnen de gemeente Utrecht in het eerste en tweede watervoerende pakket gemodelleerd. De uitgangspunten voor deze

modelstudie zijn opgenomen in hoofdstuk 4.4. In Figuur 2.4 en Figuur 2.5 zijn de gemodelleerde resultaten voor CIS en VC in het eerste en tweede watervoerende pakket in 2024 weergegeven. In de huidige situatie bevinden de grondwaterverontreinigingen zich - op basis van de modelresultaten - grotendeels binnen het beheergebied. Bij de Reactorweg, nabij drinkwaterwinning Leidsche Rijn, liggen de verontreinigingspluimen net voorbij de horizontale grens van het beheergebied. Daarnaast is er op diverse locaties sprake van doorbraak naar het 2^e watervoerende pakket en wordt de beheergrens verticaal overschreden.



Figuur 2.4 Gemodelleerde verspreiding CIS in µg/l (links) VC (rechts) in het 1^e watervoerende pakket in 2024



Figuur 2.5 Gemodelleerde verspreiding CIS in µg (links) VC (rechts) in het 2^e watervoerende pakket in 2024

Overige verontreinigingen in het grondwater

Verder komen in het grondwater verontreinigingen met minerale olie en vluchtige aromaten voor. Deze zijn het gevolg van eerdere lekkages van onder andere brandstofproducten. Deze verontreinigingen kunnen zich zowel als een drijflaag boven op het grondwater, als naar de diepte toe verspreiden. In Utrecht komen ook enkele grondwaterverontreinigingen met zware metalen voor, welke zich nauwelijks verspreiden.

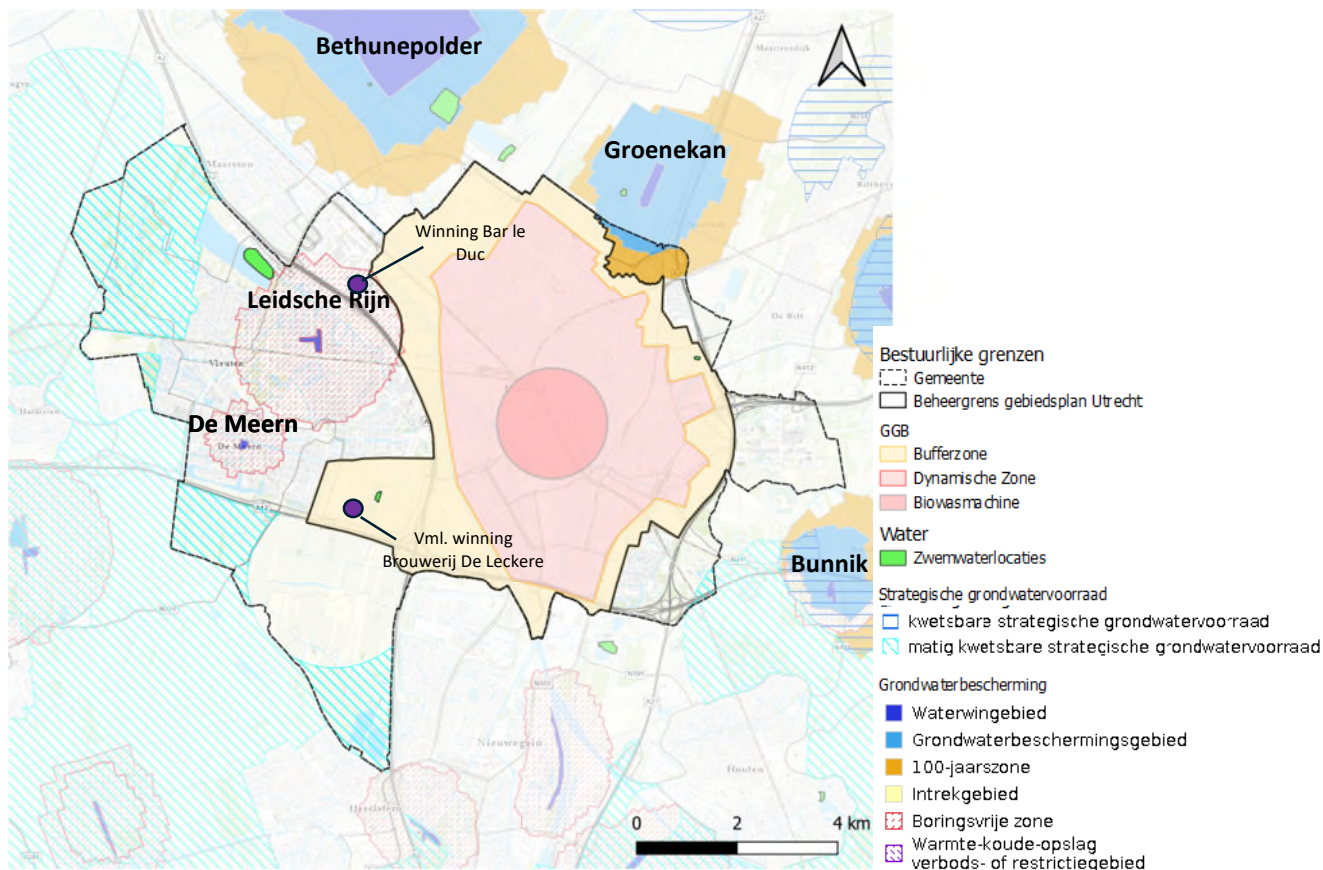
2.3 Kwetsbare objecten

De grondwaterverontreinigingen in Utrecht kunnen een risico vormen voor objecten die daarvoor gevoelig zijn: de zogenaamde 'kwetsbare objecten'. De Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Grondwaterrichtlijn (GWR) richten zich op het beschermen van het watersysteem en de functies die daarvan afhankelijk zijn. Grondwaterverontreinigingen kunnen op verschillende manieren gevolgen hebben voor de (grond)waterkwaliteit in het watersysteem. In algemene zin kunnen zij effecten hebben op de volgende functies:

- water dat is bestemd voor menselijke consumptie;
- de kwaliteit van oppervlaktewater;
- grondwaterafhankelijke natuur;
- gebruiksfuncties die afhankelijk zijn van een goede grondwaterkwaliteit;
- de algemene kwaliteit van het grondwaterlichaam, bijvoorbeeld bij een geleidelijke verslechtering van de grondwaterkwaliteit.

In dit planMER is getoetst wat de effecten van de VOCL-grondwaterverontreinigingen op de genoemde functies zijn en of de effecten en functies binnen het juridisch kader van de KRW en GWR vallen.

In het huidige gebiedsplan (2015) zijn de volgende kwetsbare objecten aangewezen (Zie ook Figuur 2.6):



Figuur 2.6 kwetsbare objecten in en rond gemeente Utrecht

1. Drinkwaterwinningen

In en rond de gemeente Utrecht liggen vier drinkwaterwinningen:

1. Groenekan (gemeente De Bilt), winning met een grondwaterbeschermingsgebied;
2. Leidsche Rijn, winning met een boringsvrije zone;
3. De Meern, winning met een boringsvrije zone;
4. Bethunepolder, winning met grondwaterbeschermingsgebied

De winning Groenekan is door de provincie aangemerkt als zeer kwetsbaar omdat de deklaag en de eerste scheidende laag relatief doorlatend zijn. Daarmee kunnen verontreinigingen relatief makkelijk in het 2^e watervoerende pakket terechtkomen. De winningen Leidsche Rijn en De Meern zijn aangemerkt als niet

kwetsbaar. Dit vanwege hun diepe ligging en de bescherming daarvan door bovenliggende dikke niet waterdoorlatende pakketten.

2. Industriële grondwaterwinningen voor menselijke consumptie

In de gemeente Utrecht zijn twee industriële grondwaterwinningen voor menselijke consumptie: Bar le Duc en Brouwerij de Leckere.⁴

3. Tweede watervoerende pakket en strategische grondwatervoorraden

Het 2^e watervoerend pakket is, afgezonderd van de grondwaterbeschermingsgebieden en boringsvrije zones vanuit de provinciale Omgevingsverordening, geen kwetsbaar object of gebied volgens de KRW of de circulaire bodemsanering. Bescherming van de relatief schone zoetwatervoorraad in het 2^e watervoerende pakket is echter wel belangrijk en noodzakelijk vanuit duurzaam beheer van de ondergrond, met name voor de functie drinkwaterwinning. Verontreiniging van deze watervoerende laag vormt een risico voor de drinkwaterwinningen in de gemeente Utrecht. Gemeente Utrecht onderscheidt vanwege deze bijzondere kwaliteit het 2^e watervoerende pakket ook als kwetsbaar object. Tevens dient rekening te worden gehouden met de zogenaamde Strategische Grondwatervoorraden⁵ die aan de westkant en zuidoostkant van de gemeente liggen.

4. Zwemwater en natuur

In en nabij de gemeente Utrecht liggen verschillende zwemwateren en natuurgebieden. Voorkomen moet worden dat grondwaterverontreinigingen binnen deze kwetsbare objecten komen. Verontreinigingen die nu nog op grote afstand van deze gebieden liggen, kunnen zonder ingrijpen zich uiteindelijk (soms na meer dan 100 jaar) toch in de gebieden manifesteren. Om dit te voorkomen wordt de verspreiding van deze verontreinigingen blijvend gemonitord.

5. Oppervlaktewater

HDSR en de gemeente Utrecht hebben in 2020 als doel gesteld om al het oppervlaktewater aan de KRW-doelen te laten voldoen. De Uitspraak van het Hof van Justitie (21-9-2023) over richtlijn 2000/60 sluit hierop aan: 'Een project mag geen achteruitgang van de toestand van een oppervlaktewaterlichaam veroorzaken. Dit geldt voor alle oppervlaktewaterlichamen, dus niet alleen voor KRW-wateren'.

⁴ Eén van de grondwateronttrekkers, Brouwerij De Leckere, is failliet. Onbekend is of hier nog grondwater wordt onttrokken en of de vergunning in de toekomst in stand blijft of wordt ingetrokken.

⁵ Strategische grondwatervoorraden zijn vastgesteld door de provincie om de drinkwatervoorziening in de toekomst te blijven voorzien van voldoende schoon (grond)water. Kwetsbare strategische grondwatervoorraden zijn gevoelig voor activiteiten aan het maaiveld. In dit gebied gelden regels ter bescherming van de grondwaterkwaliteit.

3. Huidig beleid

3.1 Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer (2015)

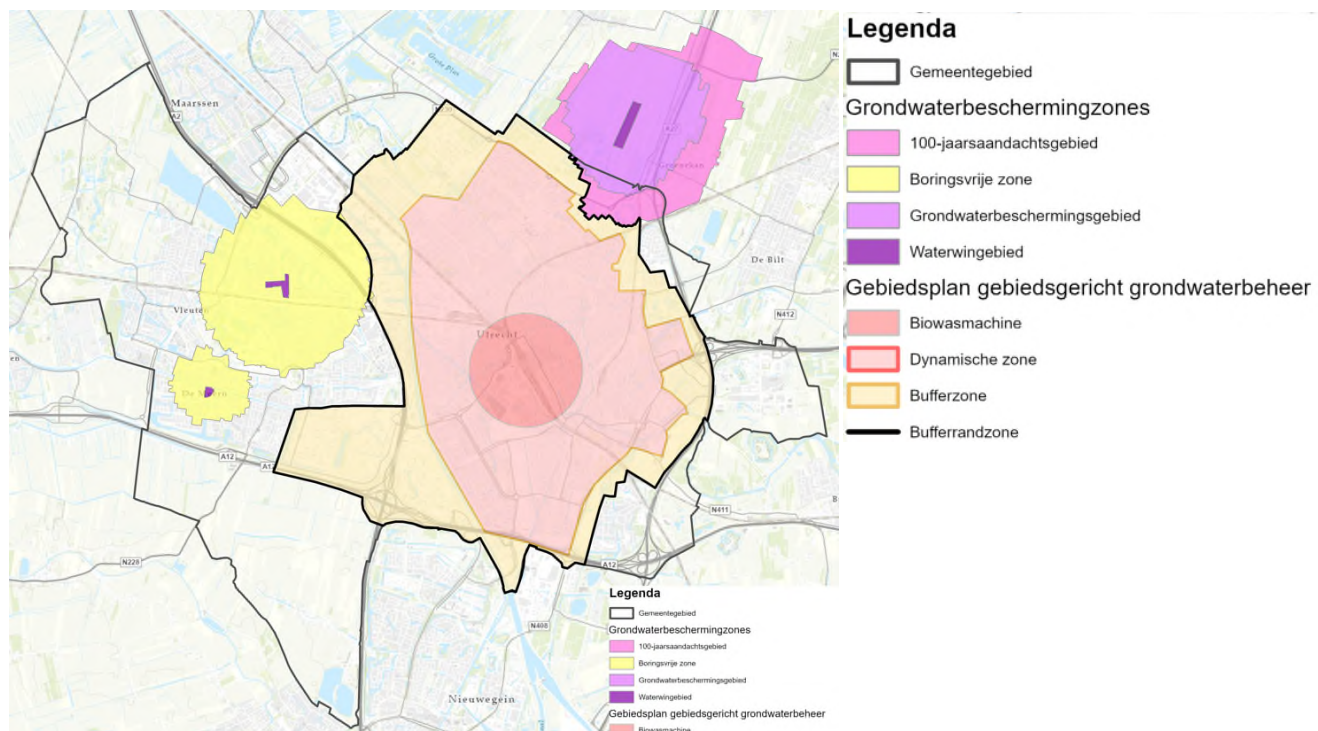
Het huidige beleid is gericht op het beschermen van de grondwaterkwaliteit én het faciliteren van ruimtelijke ontwikkelingen in het 1^e watervoerende pakket. Het gebiedsplan beschouwt alleen historische grondwaterverontreinigingen, ontstaan vóór 1987. Voor verontreinigingen ontstaan ná 1987 geldt de zorgplicht uit artikel 13 van de Wet bodembescherming (tot 2024) en de Omgevingswet (na 1 januari 2024). Deze bepaling verplicht bij bodemverontreiniging (dus ook grondwater) tot het nemen van alle maatregelen die redelijkerwijs kunnen worden gevergd om de verontreiniging ongedaan te maken. Sinds het inwerkingtreden van de Omgevingswet op één januari 2024 is de Wet bodembescherming vervallen en geldt de Omgevingswet.

Begrenzing en zonering

In het huidige gebiedsplan wordt onderscheid gemaakt in verschillende grenzen en zones, zie Figuur 3.1. Het gebied waarbinnen de gebiedsgerichte aanpak van het grondwater plaatsvindt is de beheergrens. Deze horizontale beheergrens is weergegeven in Figuur 3.1 (als bufferrandzone). Deze grens is in 2015 gekozen om bescherming te bieden aan kwetsbare objecten, zie paragraaf 2.3.

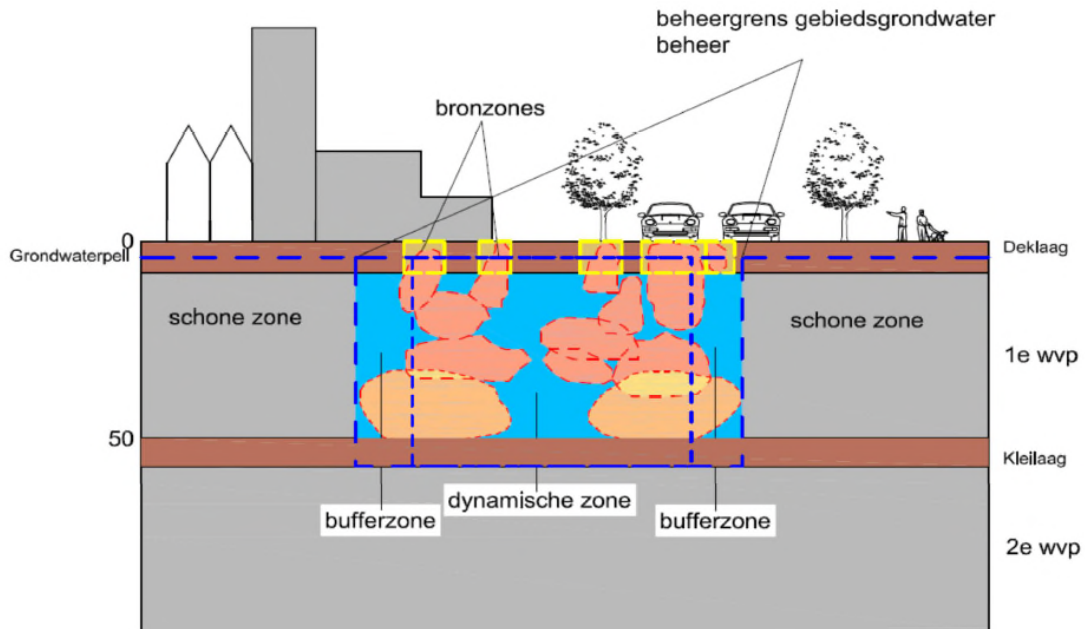
Het beheergebied omvat een *dynamische zone*, die bestaat uit het hoogstedelijk gebied waar zich een hoge concentratie aan vermengde grondwaterverontreinigingen in de ondergrond bevindt. Binnen de dynamische zone is verspreiding van grondwaterverontreinigingen toegestaan.

Daarnaast bestaat het beheergebied uit een *bufferzone*. Dit is een overgangszone, waarin zich enkele verontreinigingsbronnen en pluimen bevinden, die elkaar bij ingrepen in de ondergrond beïnvloeden. Bij verspreiding van grondwaterverontreiniging tot in de bufferzone moeten, bij optreden van risico's als gevolg van deze verspreiding, (beheers)maatregelen worden getroffen. Buiten de bufferzone en daarmee buiten de beheergrens, ligt de *schone zone*. Daar is het gebiedsplan niet van toepassing.



Figuur 3.1 De horizontale begrenzingen en zones in het gebiedsplan

De onderzijde van de scheidende laag tussen het 1^e en 2^e watervoerende pakket maakt onderdeel uit van de dynamische zone en de bufferzone (Figuur 3.2). Deze ondergrens betekent dat de scheidende laag tussen het 1^e en 2^e watervoerende pakket binnen het beheergebied niet mag worden doorboord, tenzij het bodemonderzoek betreft. De bovenzijde van het freatische grondwater (de eerste grondwaterlaag onder het maaiveld) vormt de bovengrens van het beheergebied.



Figuur 3.2: Modelmatige tekening van verschillende zones binnen gebiedsgrenzen

Faciliteren ruimtelijke ontwikkelingen

In de beleidsregels van het gebiedsgericht grondwaterbeheer (GGB) staat dat de gemeente Utrecht de toepassing van open en gesloten bodemenergiesystemen in het 1^e watervoerende pakket toestaat in de dynamische, buffer- en schone zone. Binnen het beheergebied is het toepassen van bodemenergiesystemen in het 2^e watervoerende pakket in beginsel niet toegestaan. Verder mag doorboring van de 1^e en 2^e scheidende laag de werking van het GGB niet in de weg staan.

Maatgevende verontreinigingen

Het gebiedsplan heeft betrekking op vijf zogenaamde 'risicovolle' spoedlocaties met historische bodem- en/of grondwaterverontreiniging in of binnen 100 meter van de kwetsbare objecten. In de volgende tabel zijn deze spoedlocaties weergegeven. Deze spoedlocaties zijn locaties met de hoogste humane en/of verspreidingsrisico's. Humane risico's hebben betrekking op de volksgezondheid. Er is sprake van onaanvaardbare verspreiding van verontreiniging in de volgende situaties:

- Het gebruik van de bodem door mens of ecosysteem wordt bedreigd door de verspreiding van verontreiniging in het grondwater waardoor kwetsbare objecten hinder ondervinden, óf
- Er sprake is van een onbeheersbare situatie, dat wil zeggen indien:
 - 1) er een drijfslag aanwezig is die door activiteiten en processen in de bodem kan verplaatsen en van waaruit verspreiding van verontreiniging kan plaatsvinden; of
 - 2) er een zaklaag aanwezig is die door activiteiten en processen in de bodem kan verplaatsen en van waaruit verspreiding van verontreiniging kan plaatsvinden; of
 - 3) de verspreiding heeft geleid tot een grote grondwaterverontreiniging en de verspreiding nog steeds plaatsvindt.

Op deze spoedlocaties zijn maatregelen uitgevoerd om de risico's in het gebied te beheersen. De grondwaterverontreinigingen van deze locaties zijn meestal niet meer van elkaar te onderscheiden omdat ze in elkaar overlopen. De verontreinigingen op deze spoedlocaties zijn tot nu toe alleen in het 1^e watervoerende pakket aangetroffen.

Tabel 3.1 Verontreinigingen met de hoogste humane en of verspreidingsrisico's (aangepast uit Bijlagenrapport Gebiedsplan) .

Locatie	Beschrijving verontreinigingssituatie (2025)
Reactorweg 11-Atoomweg 12	Restverontreiniging met VOCL, zware metalen en PAK Verspreidingsrisico VOCL naar drinkwatergebied Status: monitoring conform nieuw saneringsplan (2021)
Jutfaseweg 226 1	Verontreiniging met VOCL Geen humane risico's Status: monitoring conform saneringsplan, mogelijkheid aanvullende vrachtverwijdering wordt onderzocht
Notebomenlaan 1 en 5	Verontreiniging VOCL Status: Besluit 2018: locatie opnemen onder gebiedsplan als 'locatie zonder risico op verspreiding buiten de grenzen van het beheergebied'.
Amsterdamsestraatweg 312 – 314	Verontreiniging met VOCL Bron slecht bereikbaar (onder bebouwing) Geen humane risico's Kans op verspreiding naar 2 ^e watervoerend pakket Status: onderzoek naar mogelijk zaklaag met VOCL loopt.
Vrouwjutenstraat	Verontreiniging met VOCL Bron onbereikbaar(onder bebouwing) Geen humane risico's Status: gemeente is voornemens deze locatie op te nemen in het gebiedsgericht grondwaterbeheer van het gebiedsplan
Graadt van Roggenweg (Jaarbeurs)	Verontreiniging met VOCL Geen humane risico's Status: onderzoek uitgevoerd naar verspreiding in het 2 ^e watervoerende pakket (2024/2025)

Om een zo compleet mogelijk inzicht in de totaal aanwezige hoeveelheid verontreiniging en verspreidingseffecten te geven, worden in het gebiedsplan niet alleen de vijf grootste risicolocaties maar ook de Saneringen in Eigen Beheer meegewogen. Dit betreft risicolocaties zoals het Jaarbeursterrein en Kromhout) vallen onder de categorie 'Sanering in Eigen Beheer'. Hier zijn of worden al sanerende maatregelen getroffen. Onlangs is gebleken dat bij bodemonderzoek op het Jaarbeursterrein in 2007 al VOCL in het 2^e watervoerende pakket zijn aangetroffen. De oorzaak is hiervan is onbekend en ook of dit een incident betreft, of dat dit op meerdere plaatsen voorkomt.

Biowasmachine

In de dynamische zone wordt verspreiding van verontreinigingen met VOCL al sinds jaren beheerst door middel van de zogenaamde 'biowasmachine'. Open bodemenergiesystemen (OBES) onttrekken het verontreinigde grondwater en na benutting van de energie pompen ze het water weer terug in de bodem. Een belangrijk uitgangspunt binnen de dynamische zone van het gebiedsplan is dat afbraak van VOCL gestimuleerd wordt door toepassing van OBES. Dit zou komen doordat het grondwater voortdurend in beweging is en er temperatuurverschillen zijn, en daarmee de van nature aanwezige microbiologie en aanwezige voedingsstoffen beter gemengd worden met de verontreinigingen, vandaar de naam 'biowasmachine'. Aan de hand van modelberekeningen werd door de initiatiefnemers verwacht dat dit biowasmachine-effect met name een positieve invloed zou hebben op de afbraak van CIS en VC⁶ in gebieden waar verontreinigingen mengen met OBES (bron: CityChlor project, 2010). Uit recent onderzoek van Bioclear-Earth blijkt dat in de dynamische zone zeer langzaam natuurlijke afbraak optreedt van historische VOCL-verontreiniging, maar dat deze afbraak geen direct aantoonbare relatie heeft met inzet van de WKO-systemen [1, 2].

Monitoring

Met het gebiedsplan wil de gemeente voorkomen dat grondwaterverontreinigingen binnen de kwetsbare objecten, zoals de drinkwaterwinningen en kwetsbaar oppervlaktewater, komen. Verontreinigingen die zich nu nog op grote afstand van de drinkwaterwinningen bevinden, kunnen zonder ingrijpen uiteindelijk (veelal na meer dan 100 jaar) toch in deze winningen terecht komen. Om deze risico's op korte en lange termijn te voorkomen wordt de verspreiding van deze verontreinigingen tweejaarlijks gemonitord zodat de gemeente aanvullende maatregelen kan treffen wanneer deze risico's optreden. Dit gebeurt in een raster van peilbuizen in en rondom de verontreinigde gebieden.

⁶ CIS (cis-1,2-dichlooretheen) en VC (vinylchloride) zijn afbraakproducten van de oorspronkelijke (VOCL)verontreinigingen PER (tetrachlooretheen) en TRI (trichlooretheen).

3.2 Relevant gemeentelijk beleid

Beleidsnota Warmte

Eind 2025 heeft de gemeente Utrecht de beleidsnota Warmte vastgesteld. Deze vormt de basis voor het warmteprogramma. Daarin bepaalt de gemeente welke warmteoplossingen het meest geschikt zijn om de woningen en gebouwen aardgasvrij te maken. Als onderdeel van deze beleidsnota heeft de gemeente een planMER laten opstellen. In deze planMER zijn de milieueffecten van verschillende alternatieven voor de toekomstige warmtevoorziening van de gebouwde omgeving bepaald, variërend van een grootschalig centraal gevoed warmtenet tot lokaal gevoede decentrale warmtenetten en all-electric warmtepompen. Open en gesloten bodemenergiesystemen spelen een belangrijke rol in deze alternatieven. Door deze ingrepen in de ondergrond heeft het planMER voor deze beleidsnota een stevig raakvlak met voorliggend planMER. De uitgangspunten inzake bijvoorbeeld toekomstige bodemenergiesystemen, de ruimtelijke ontwikkelingen en de verwachte ontwikkeling van het energiesysteem zijn in voorliggend planMER als uitgangspunt gebruikt voor de referentiesituatie en effectbepalingen.

Beleidsnota ondergrond

Deze beleidsnota is nog in ontwikkeling. De beleidsnota analyseert alle opgaven voor de ondergrond in hun samenhang, beschrijft waar knelpunten zijn en laat zien waar sturing hierop nodig kan zijn. Het gebiedsplan en dit planMER vormen input voor deze beleidsnota.

3.3 Conflicterend beleid

Het Bodem- en Waterprogramma 2022-2027 van de provincie Utrecht stelt dat er vanuit energietransitie in de *bufferzone* van het huidige GGB wél boringen tot in het 2^e watervoerende pakket mogen worden geplaatst mits het de aanpak van verontreinigingen niet bemoeilijkt. Dit is tegenstrijdig met het beleid van het gebiedsplan. Om stedelijke ontwikkelingen mogelijk te maken heeft de gemeente nadrukkelijk een eenmalige uitzondering gemaakt voor het project Papendorp. Deze uitzondering maakt duidelijk dat nadere afstemming inzake het beleid over het gebruik van het 2^e watervoerende pakket voor bodemenergie en de bijbehorende risico's noodzakelijk is.

3.4 Evaluatie van het vastgestelde beleid

De gemeente heeft een uitgebreide evaluatie van het huidige gebiedsplan voor de periode 2015-2025 uitgevoerd. De evaluatie richtte zich op de volgende vragen:

- Hoe effectief was het gebiedsplan op de doelen Benutten, Beschermen en Verbeteren?
- Welke lessen zijn te trekken uit de uitvoering in de periode 2015–2025?
- Welke aanbevelingen gelden voor de actualisatie van het nieuwe gebiedsplan?

Benutten van de ondergrond

Het gebiedsplan heeft bijgedragen aan het eenvoudiger benutten van de ondergrond binnen het beheergebied. In vergelijking met de situatie zonder gebiedsplan zijn stedelijke ontwikkelingen eenvoudiger en goedkoper geworden, omdat er geen ingewikkelde saneringsplannen en saneringen uitgevoerd behoeften te worden uitgevoerd voor de grondwaterverontreiniging. Het nog lopende praktijkonderzoek naar de een veilig en verantwoord gebruik van het grondwater in het 2^e watervoerende pakket leidt bovendien tot meer kennis over de benutting hiervan.

Verbeteren van de grondwaterkwaliteit

De verbetering van de grondwaterkwaliteit binnen het beheergebied lijkt beperkt maar is lastig te bepalen. Op basis van de in het gebiedsplan voorgenomen saneringsacties voor de spoedlocaties mocht een verbetering van de grondwaterkwaliteit worden verwacht. Met name op de vijf risicovolle spoedlocaties is sinds 2015 onderzoek gedaan naar saneringsopties. Het daadwerkelijk verwijderen van vracht VOCl bleek in de praktijk technisch lastiger dan verwacht. Grondwatersaneringen in het beheergebied zijn technisch uitdagend door lastig bereikbare locaties door bebouwing, lastig vindbare bronlocaties en/of lage concentraties VOCl die in-situ saneringen ineffectief maakten.

In het gebiedsplan werd daarnaast uitgegaan van een positief effect van bodemenergiesystemen op de afbraak van verontreinigingen. Echter, dit effect is onvoldoende aangetoond, waardoor het 'biowasmachine'-principe niet geschikt is om de grondwaterkwaliteit structureel te verbeteren.

Beschermen van kwetsbare gebieden

De bescherming van kwetsbare objecten en gebieden tegen verspreiding van oude verontreinigingen (van vóór 1987) functioneert grotendeels goed. Kernpunten:

- Er blijken geen risico's op middellange tot lange termijn voor drink- en industriële winningen te zijn;
- De verontreiniging in het 2^e watervoerende pakket zijn nog beperkt in beeld, er moeten meer diepe boringen in het 2^e watervoerende pakket worden geplaatst;
- Op de grens van het beheergebied wordt gemonitord en er zijn op een enkele verontreiniging na (bij de Atoomweg) geen overschrijdingen aan grenzen van het beheergebied (horizontaal in het 1^e watervoerende pakket);
- Verontreinigingslocaties op de beheergrens vragen nader aandacht zowel qua onderzoek als qua aanpak.

Nieuwe ontwikkelingen

Sinds 2015 zijn er nieuwe inzichten en externe factoren die invloed hebben op het grondwaterbeheer:

- Nieuwe prognoses van verspreidingsrisico's op basis van actuele data en geactualiseerd grondwatermodel. De grondwaterstromingen en -verspreidingen zijn mogelijk anders dan in 2015 werd aangenomen. Ondergrondse infrastructuur en assets, zoals damwanden, parkeergarages en open bodemenergiesystemen, zorgen voor andere grondwaterstromingen dan verwacht;
- Grotere landelijke aandacht voor schoon grondwater (KRW, drinkwater);
- Toenemende vraag naar gebruik van de ondergrond voor bodemenergie;
- Meer regels en kennis over veilig en verantwoord boren door scheidende lagen.

Aanbevelingen

Vanuit de evaluatie zijn onder meer de volgende aanbevelingen opgesteld:

- Heroverweeg de ambities voor bescherming en benutting van het 2^e watervoerende pakket onder de dynamische zone.
- Investeer in gerichte monitoring van risicovolle verontreinigingsbronnen en -pluimen.
- Laat de biowasmachine los en pas de maatregelenladder hierop aan.

4. Methodiek van het planMER

4.1 Referentie en alternatieven

Het planMER toetst de milieueffecten van het gebiedsplan aan de referentiesituatie in 2050. De referentiesituatie bestaat uit de huidige situatie inclusief de ontwikkeling die tot 2050 optreedt bij voortzetting van het huidige beleid van de gemeente op basis van het huidige gebiedsplan. Oftewel, de situatie die ontstaat bij de ongewijzigde voortzetting van het huidige beleid. De effecten van de alternatieven zijn met deze referentiesituatie vergeleken. Het huidige gebiedsplan is vastgesteld tot 2043. Omdat met name grondwatereffecten langzame processen zijn, is gekozen voor een referentiejaar van 2050 en is door middel van een grondwatermodellering (zie paragraaf 4.6) ook een doorkijk gegeven naar de effecten op het grondwater richting 2100.

4.2 Beoordelingskader

De vergelijking van de milieueffecten van de alternatieven ten opzichte van de referentiesituatie gebeurt aan de hand van verschillende thema's en indicatoren Tabel 4.1. Deze indicatoren beschrijven in principe de gehele fysieke leefomgeving, waar het gebiedsplan in meer of mindere mate mogelijk effect heeft. Daar waar de relatie niet aanwezig is, is dit in de betreffende paragraaf aangegeven.

Tabel 4.1 Beoordelingskader

Thema	Indicator	Effectbepaling	Beoordelingswijze
Bovengrondse impact	Openbare ruimte en ruimtegebruik	Verandering in de kwaliteit van de openbare ruimte	Semi-kwantitatief, beschrijvend
	Woningbouwopgave	Verandering in areaal en kwaliteit van woningbouwlocaties	Waar mogelijk kwantitatief in aansluiting op de beoordeling van duurzame energieopwekking, i.c.m. kwalitatief, beschrijvend.
	Gezondheidseffecten	Verandering in omvang van het milieugezondheidsrisico (o.a. door luchtkwaliteit, omgevingsveiligheidsrisico's en geluidhinder)	Kwalitatief, beschrijvend en waar mogelijk kwantitatief, met een focus op potentiële ecotoxicologische risico's van de verspreiding van verontreinigingen.
	Veiligheidsrisico's	Verandering in de kans en het gevolg van milieurampen als gevolg van risico's van economische activiteiten	Kwalitatief, beschrijvend.
Klimaat, energie en circulariteit	Emissie en vastleggen broeikasgassen	Verandering in de emissie en vastlegging van broeikasgassen	Semi-kwantitatief, beschrijvend.
	Duurzame energieopwekking	Verandering in het aanbod van duurzame energie.	Semi-kwantitatief op basis van kentallen voor bodemenergiewinning.
	Energienetwerk	Verandering in de mate waarin vraag en aanbod voor energie zijn verbonden door de aanwezigheid van energie infrastructuur	Kwalitatief, beschrijvend, en waar mogelijk semi-kwantitatief voor het ruimtebeslag
	Circulariteit	Verandering in perspectief op het sluiten van grondstofkringlopen	Semi-kwantitatief (totaalmateriaalgebruik) en beschrijvend.
Water en bodem	Oppervlaktewaterkwantiteit	Verandering in kwaliteit en natuurlijke systeem van oppervlaktewater	Kwalitatief, beschrijvend en waar mogelijk kwantitatief in hoeveelheden.
	Oppervlaktewaterkwaliteit	Verandering in kwantiteit en natuurlijke systeem van oppervlaktewater	Kwalitatief, beschrijvend en waar mogelijk kwantitatief in hoeveelheden.
	Grondwaterkwantiteit	Verandering in de kwantiteit en natuurlijke systeem van het grondwater	Kwantitatieve modellering van wijzigingen in grondwaterstromen (horizontaal en verticaal).
	Grondwaterkwaliteit	Verandering in de kwaliteit en natuurlijke systeem van het grondwater	Kwantitatieve modellering van wijzigingen in grondwaterstromen (horizontaal en verticaal) en de bijbehorende verspreiding en beschikbaarheid van verontreinigingen.
	Drinkwater	Verandering in volume en kwaliteit drinkwatervoorraad	Waar mogelijk kwantitatief op basis van de grondwatermodellering i.c.m. kwalitatief, beschrijvend

Thema	Indicator	Effectbepaling	Beoordelingswijze
	Bodemopbouw	Verandering bodemlagen (watervoerende en scheidende lagen)	Kwalitatief, beschrijvend en waar nodig kwantitatief op basis van hoeveelheden.
	Biologische, fysische en chemische bodemkwaliteit	Verandering in de kwaliteit en het natuurlijke systeem van de bodem en ondergrond	Kwalitatief, beschrijvend op basis van de grondwatermodellering.
Ecologie	Natuur	Juiste milieuecondities ten behoeve van het duurzaam instandhouden van soorten en habitats	Kwalitatief, beschrijvend op basis van de grondwatermodellering.
	Bodemleven	Verandering in de bodembiodiversiteit	Kwalitatief, beschrijvend op basis van de grondwatermodellering.
Erfgoed	Archeologie	Verandering in behoud en ontwikkeling van archeologie, gebouwd erfgoed (monumenten/stads- en dorpsgezichten), cultuurlandschap en werelderfgoed	Kwalitatief, ruimtelijke component semi-kwantitatief, beschrijvend.
	Landschap en cultuurhistorie	Verandering in areaal en kwaliteit van waardevolle landschappen	Kwalitatief, beschrijvend.
	Aardkundige waarden	Verandering areaal en kwaliteit van aardkundige waarden	Kwalitatief, beschrijvend en waar mogelijk kwantitatief in areaal.

4.3 Beoordelingswijze

Effectbepaling op basis van modelberekeningen en expert judgement

De effectbepaling vindt voor een aantal water- en bodemindicatoren plaats op basis van modelberekeningen van de te verwachte grondwaterstroming en -kwaliteitsontwikkeling in het gebied. De modelberekeningen zijn gebruikt om de effecten van de alternatieven op het grond- en oppervlaktewatersysteem te bepalen. Meer informatie over de modellering is opgenomen in paragraaf 4.6. Voor de overige indicatoren gebeurt dit op basis van expert judgement. Sommige indicatoren kennen onderlinge relaties en kunnen onder meerdere perspectieven of aspecten worden beschouwd. Bij het beschouwen en beschrijven van effecten is hier pragmatisch mee omgegaan: effecten zijn op één plek beschouwd, waarbij op die plek ook is ingegaan op eventuele relaties en indirecte effecten.

Het bepalen van de effecten van de alternatieven

Het planMER bepaalt de effecten ten opzichte van de referentiesituatie. De effecten van de alternatieven en de uiteindelijk te nemen beleidsmaatregelen in het geactualiseerd gebiedsplan, zijn hiermee vergeleken. De effecten van de alternatieven zijn ten opzichte van de referentiesituatie beoordeeld op alle thema's en de onderliggende indicatoren van het beoordelingskader. Deze beoordeling vindt plaats op basis van een zevenpuntschaal. Dit is in onderstaande Tabel 4.2 weergegeven.

Tabel 4.2 Zevenpuntschaal waarmee de beoordeling van effecten per thema en onderliggende indicatoren wordt gepresenteerd

Beoordeling	Effect
++	Kans op het optreden van een sterk positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
+	Kans op het optreden van een positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
0/+	Kans op het optreden van een klein positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
0	Een neutraal effect ten opzichte van de referentiesituatie
0/-	Kans op het optreden van een klein negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie
-	Kans op het optreden van een negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie
--	Kans op het optreden van een sterk negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie

Integrale beschouwing 'door de oogbaren'

Voor de alternatieven is ook een integrale 'door de oogbaren' beschouwing gegeven. Bij deze analyse is vanuit verschillende perspectieven 'people, planet en property' gekeken naar wat de impact is van dit alternatief op de fysieke leefomgeving. Bij ieder perspectief ligt de focus op een ander deel van het totale doelbereik. *People* gaat over de impact op mensen. Hierin nemen we de thema's 'erfgoed' en 'klimaat, energie en circulariteit' mee. *Planet* gaat over de impact op onze planetaire grenzen. De thema's 'water en bodem' en 'ecologie' vallen hieronder. *Prosperity* gaat over het vervullen van de maatschappelijke behoefte. Dit betreft de indicatoren onder het thema 'Bovengrondse impact'.

Op basis van de beoordeling per thema en de integrale beoordeling is in beeld gebracht in hoeverre het alternatief bijdraagt ten opzichte van de doelen zoals gesteld voor de thema's. Dit is gevisualiseerd om zo de alternatieven qua effecten met elkaar te kunnen vergelijken.

4.4 Te onderzoeken alternatieven

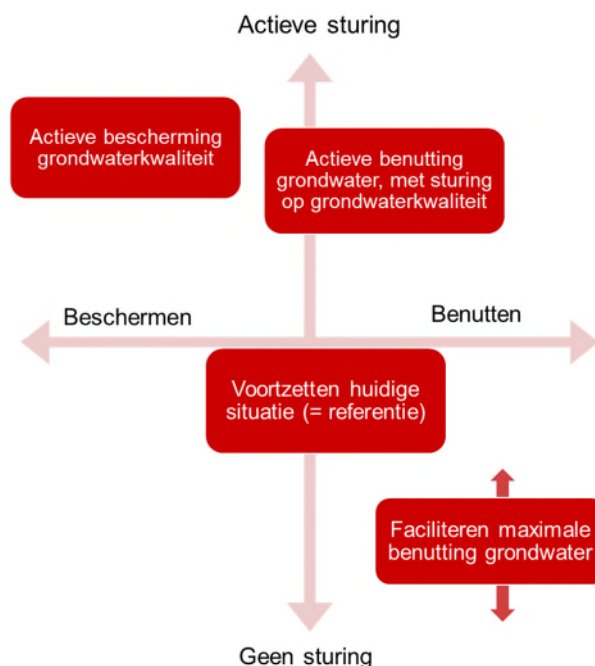
In het planMER zijn samenhangende alternatieven onderzocht als potentiële invulling van het gebiedsplan. De alternatieven zijn samengesteld uit een aantal samenhangende beleidsopties: keuzes die de gemeente op relevante aspecten van het gebiedsplan kan maken. Op basis van deze alternatieven en hun effecten kiest de gemeente de beleidsopties die zij in het gebiedsplan wil opnemen. In de NRD is in detail onderbouwd op welke manier de alternatieven zijn opgebouwd. De alternatieven zijn gebaseerd op twee leidende afwegingen:

- *Het beschermen of benutten van de bodem*

De gemeente kan in het gebiedsplan de bescherming van het bodem- en watersysteem, inclusief de kwetsbare objecten daarin, zoals de bescherming van de drinkwaterwinning en de kwaliteit van het oppervlaktewater, voorop zetten. Een alternatieve keuze is om het beleid juist te richten op de benutting van het bodem- en watersysteem, met name voor bodemenergie.

- *Een actief sturende rol of passief faciliterende rol voor de gemeente*

In het gebiedsplan kan de gemeente de keuze maken om een actieve rol te pakken bij de benutting of bescherming van het bodem- en grondwatersysteem door bijvoorbeeld verontreinigingen actief aan te pakken of de locaties voor bodemenergiesystemen ruimtelijk te sturen. Een andere keuze voor de gemeente is om zo veel mogelijk los te laten en zoveel mogelijk ruimte bieden voor andere (overheids-, nuts- en markt)partijen om hun rol te vervullen (passief faciliterend). De keuze om wel te beschermen maar daarbij niet te sturen valt buiten de scope, omdat dit zou betekenen dat er geen gebiedsplan zou worden opgesteld.



Figuur 4.1 Opzet van de alternatieven

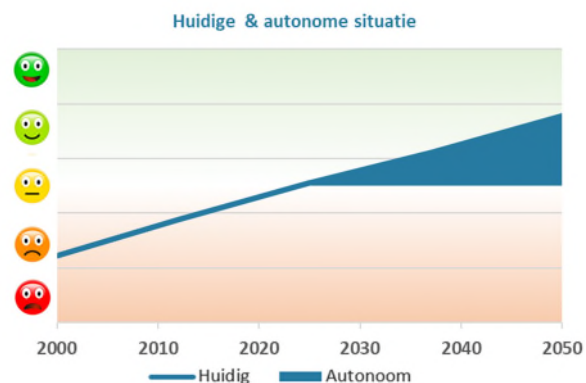
4.4.1 Referentie: voortzetting huidige situatie

De belangrijkste kenmerken van de referentie zijn:

- Huidige begrenzing beheergebied blijft in stand;
- Huidig beschermingsregime blijft in stand. Er worden geen OBES/onttrekkingen in 2^e watervoerende pakket toegestaan;
- Een toename van het gebruik van het 1^e watervoerende pakket voor bodemenergie. De omvang van dit gebruik is ingeschat op basis van mogelijke toepassing van OBES op basis van schatting Woningequivalenten (WEQs) nieuwbouwlocaties⁷).

De referentie betreft de voortzetting van de huidige situatie. Dit alternatief zet de maatregelen uit het huidige gebiedsplan door. De huidige horizontale en verticale begrenzingen blijven intact. Er worden geen OBES in het in 2^e watervoerende pakket toegestaan. Het huidige regime voor de bescherming van drinkwater en oppervlaktewater blijft gehandhaafd. De verspreiding van historische verontreinigingen buiten het beheergebied moeten worden voorkomen.

De referentiesituatie is gebaseerd op recente studies en beleid (zie hoofdstuk 5). Voor de beoordeling van de referentiesituatie is gebruik gemaakt van een trendgrafiek. Deze geeft inzicht in de ontwikkeling van elk thema naar de toekomst toe.



Figuur 4.2 Voorbeeld trendgrafiek

4.4.2 Alternatief 1 – actieve bescherming grondwaterkwaliteit

De belangrijkste kenmerken van dit alternatief zijn:

- Huidige begrenzing beheergebied
- Beschermen heeft prioriteit boven benutten
- Beschermingsregime met extra inzet beheersmaatregelen
- Geen nieuwe OBES 1^e en 2^e watervoerende pakket. De huidige OBES blijven actief.
- *Optioneel: toestaan plaatsing OBES 1e watervoerend pakket als beheersmaatregel*

Huidige begrenzingen behouden, met bufferzones

Om te voorkomen dat de grondwaterkwaliteit verder verslechtert (en liefst verbetert), wordt vastgehouden aan de begrenzing van het huidige gebiedsplan, inclusief de indeling van de dynamische zone, bufferzone en de schone zones. Deze grens is in 2015 gekozen om bescherming te bieden aan kwetsbare objecten zoals de drinkwaterwinningen met de boringsvrije zones bij Leidsche Rijn en De Meern. Gerichte maatregelen in de bufferzones moeten het tegenhouden van grondwaterverontreinigingen daadwerkelijk borgen. Onderzoek moet uitwijzen of deze begrenzing ook voor de toekomst voldoende bescherming blijft bieden.

⁷ Uitgangspunten inrichting ontwikkeling toekomstige OBES worden momenteel bepaald, evt. tussenstapje gevoeligheidsanalyse. Voor het model alleen uit van OBES voor nieuwbouw, omdat bestaande bouw te veel onzekerheden kent in relatie tot het nog vast te leggen Beleidsnota Warmte en Warmteprogramma.

Ook wordt in dit alternatief vastgehouden aan de huidige ondergrens van het beheergebied. Dit is de onderzijde van de scheidingslaag tussen het 1^e en 2^e watervoerende pakket. Deze grens ligt op ongeveer 70 meter beneden het maaiveld. Door de grens hier te leggen moet verspreiding van verontreinigingen naar het 2^e watervoerende pakket worden voorkomen. Boringen voor bijvoorbeeld gesloten bodemenergiesystemen mogen net als nu niet dieper worden gezet dan tot de bovenzijde van de scheidende laag (ca.50 m-mv.). Omdat onder de huidige omstandigheden verspreiding van verontreiniging(en) al heeft plaatsgevonden naar het 2^e watervoerende pakket, onderzoekt het planMER of deze huidige verticale afbakening voldoende is om de gewenste bescherming van de grondwaterkwaliteit voor dit alternatief te waarborgen.

Richtlijnen voor de bescherming grondwaterkwaliteit

De afgelopen jaren zijn er - in lijn met het huidige beleid - systemen voor OBES en GBES in het 1^e watervoerende pakket geplaatst in het beheergebied. Uitgangspunt in dit alternatief is dat er géén nieuwe OBES worden bijgeplaatst, ook niet voor de nieuwbouw. Ook worden er geen nieuwe onttrekkingen voor proces- of consumptiewater geplaatst. Wel kunnen er tijdelijke onttrekkingen voor bouwactiviteiten worden gedaan.

Als uit de modellering blijkt dat grondwaterverontreinigingen de gebiedsgrenzen dreigen te overschrijden of het oppervlaktewater bedreigen, kunnen OBES op een gerichte manier als beheersmaatregel worden geplaatst. In dat geval worden zones binnen het beheergebied aangewezen waarbinnen OBES geplaatst kunnen worden. Hieraan worden richtlijnen verbonden voor de opstelling en onderlinge afstanden. Hierdoor kunnen de OBES helpen om verdere verspreiding van de grondwaterverontreinigingen te voorkomen. De zones worden zodanig gekozen dat ze een positieve bijdrage leveren aan het voorkomen van verdere verspreiding van de verontreinigingen. Onderzoek is nodig om uit te zoeken welke zones hiervoor in aanmerking komen, de grondwaterkwaliteit hiermee inderdaad verbetert en wat de effecten zijn op de potentie van bodemenergie zijn. OBES (en GBES)-installaties in het 2^e watervoerende pakket binnen het beheergebied zijn binnen dit alternatief niet toegestaan.

Huidige beschermingsbeleid drinkwaterwinningen voortzetten

De maatregelen in het gebiedsplan zijn gericht op het voorkomen van verspreiding van grondwaterverontreinigingen buiten de horizontale en verticale grenzen van het beheergebied. Met monitoring en beheersmaatregelen wordt het 2^e watervoerende pakket waar drinkwater uit wordt gewonnen, beschermd. Onderzoeksvraag is of dit beschermingsbeleid voldoende is om ook op langere termijn de grondwaterkwaliteit voor de drinkwaterwinning te borgen, nu in het grondwater in het 2^e watervoerende pakket op sommige plekken al verhoogde concentraties met VOCl zijn aangetoond. Daarbij moet ook rekening worden gehouden met een mogelijke toename van het volume van sommige drinkwaterwinningen in de toekomst vanwege de bevolkingsgroei. Vitens hanteert daarbij een mogelijke volumegroei van 20% in de periode tot 2050.

Huidige beschermingsbeleid oppervlaktewater voortzetten

De maatregelen in het gebiedsplan zijn gericht op het voorkomen van verspreiding van grondwaterverontreinigingen naar (kwetsbare) oppervlaktewateren. Al het grondwater- en deze oppervlaktewateren moeten in 2027 aan de Kaderrichtlijn Water (KRW)-doelstellingen voldoen. De instroom van verontreinigingen in deze wateren moet daarom voorkomen worden. Onderzoeksvraag is of het huidige beschermingsbeleid inderdaad voldoende is om ook op langere termijn de oppervlaktewaterkwaliteit te borgen.

Actief saneren en herstellen bodemkwaliteit

In dit alternatief stuurt de gemeente actief op het saneren van bestaande verontreinigingsbronnen. De bodem- en grondwaterkwaliteit wordt stap voor stap hersteld. Hiervoor kunnen actieve saneringsmaatregelen worden ingezet. Onderzoeksvraag is of sanering van de bronlocaties technisch mogelijk is vanwege onder meer de bereikbaarheid van deze bronnen.

Juridische aspecten

Dit alternatief is in lijn met het huidige beleid en valt daarmee de geldende wettelijke kaders valt (o.a. KRW).

4.4.3 Alternatief 2 – benutting bodemenergie (OBES) met sturing op grondwaterkwaliteit

De belangrijkste kenmerken van dit alternatief zijn:

- Huidige begrenzing beheergebied horizontaal (zonder bufferzone)
- Toestaan OBES/onttrekkingen in 2^e watervoerend pakket in bepaalde zones
- Geen nieuwe onttrekkingen voor proces- of consumptiewater
- Balans benutten-beschermen
- Beschermingsregime horizontaal: voorkomen verspreiding horizontaal

Huidige begrenzing behouden, zonder bufferzone en met verruiming tot onderzijde 2^e watervoerend pakket

In alternatief 2 blijft de buitengrens van het beheergebied ongewijzigd. Verspreiding van verontreinigingen buiten deze gebiedsgrens moet worden voorkomen. De huidige bufferzone verdwijnt en in plaats hiervan komen er nieuwe bufferzones in de kritieke gebieden. Dit zijn gebieden waar er een grotere kans is dat de grondwaterverontreinigingen de gebiedsgrens overschrijden. De ondergrens van het beheergebied wordt naar de onderzijde van het 2^e watervoerende pakket verlegd. Hierdoor mogen OBES ook in het 2^e watervoerende pakket worden geplaatst, tot aan de bovenzijde van de scheidende laag naar het 3^e watervoerende pakket. Door deze keuze wordt de potentie van de bodem voor de winning van bodemenergie vergroot. Onderzocht moet worden in hoeverre de grondwaterkwaliteit in het 2^e watervoerende pakket verslechtert als dit wordt opengesteld voor de plaatsing van OBES of dat technische maatregelen dit risico voldoende kunnen beheersen. Ook moet worden onderzocht wat de eventuele effecten voor de grondwaterkwaliteit in het 3^e watervoerende pakket zijn.

Benutting bodemenergie met ruimtelijke sturing OBES

Startpunt in dit alternatief is dat alle geplande nieuwbouw en bestaande bouw in het gebied van OBES gebruik kunnen gaan maken. Dit sluit aan bij het alternatief voor het buurtwarmtenet uit het planMER voor de beleidsnota Warmte. De enige uitzondering zijn buurten waar al een warmtenet ligt. Hier kan de eventueel resterende bestaande bouw ook op het warmtenet worden aangesloten maar de nieuwbouw zal hier, als eerste optie, ook van bodemenergie gebruik gaan maken. Voor de plaatsing voor de OBES wordt aangesloten bij de prognoses die voor het Beleidsnota Warmte zijn gemaakt. De OBES zullen grotendeels in het 1^e watervoerende pakket worden geplaatst en bij een hoge energievraag ook in het 2^e watervoerende pakket. In dit alternatief wordt ruimtelijke sturing gegeven aan de plaatsing van OBES. Dit gebeurt door met modellering te onderzoeken in hoeverre de grondwaterverontreinigingen de gebiedsgrenzen dreigen te overschrijden. De verwachting is dat dit met name aan de stroomafwaartse zijde van het beheergebied kan optreden. Onderzocht wordt welke maatregelen in deze kritieke gebieden kunnen worden genomen om verspreiding te voorkomen. Dit kan door de aanwijzing van bufferzones waarin geen OBES geplaatst mogen worden of alleen in een bepaalde plaatsingswijze.

Huidige beschermingsbeleid drinkwaterwinningen voortzetten

Het beschermingsbeleid voor drinkwaterwinningen in dit alternatief richt zich op het voorkomen van verspreiding naar het 3^e watervoerende pakket en naar de drinkwaterwinningen. Omdat de drinkwaterwinningen en industriële winningen voor consumptie ook in het 2^e watervoerende pakket plaatsvinden – weliswaar buiten de horizontale grenzen van het beheergebied - zullen de maatregelen gericht moeten zijn op het voorkomen van verspreiding naar het gedeelte van het 2^e watervoerende pakket dat onder invloed staat van de drinkwaterwinningen of industriële winningen voor consumptie. Onderzoeksvraag is of dit beschermingsbeleid voldoende is om ook op langere termijn de grondwaterkwaliteit voor de drinkwaterwinningen te borgen. Daarbij moet ook rekening worden gehouden met een mogelijke toename van het volume van sommige drinkwaterwinningen in de toekomst vanwege de bevolkingsgroei. Vitens hanteert daarbij een mogelijke volumegroei van 20% in de periode tot 2050.

Huidige beschermingsbeleid oppervlaktewater voortzetten

Het huidige beschermingsbeleid wordt in dit alternatief, net als in alternatief 1, voortgezet. In dit alternatief ligt de nadruk op een toename van de winning van bodemenergie hetgeen waarschijnlijk tot meer ‘vergrijzing’ van het grondwater zal leiden. Onderzoeksvraag is wat het effect hiervan op de kwaliteit van het oppervlaktewater is.

Juridische aspecten

Omdat dit alternatief mogelijk niet binnen de geldende wettelijke kaders valt (o.a. KRW), is het van belang om bij de uitwerking van het voorkeursscenario voor het gebiedsplan onderstaande vraag mee te wegen:

- Is het juridisch mogelijk is om het 2^e watervoerende pakket binnen de beheergrens op te nemen?

Dit is onderdeel van het onderzoek van de juridische werkgroep dat parallel loopt aan het planMER.

4.4.4 Alternatief 3 – maximale benutting bodemenergie

De belangrijkste kenmerken van dit alternatief zijn:

- Horizontale grens beheergebied wordt vergroot tot de gemeentegrenzen.
- Toestaan OBES/onttrekkingen in 2^e watervoerend pakket binnen beheergebied
- Benutten heeft prioriteit boven beschermen
- Beschermingsregime horizontaal en verticaal: niet actief (zo nodig maatregelen nemen nabij drinkwaterwinning op basis van optredende effecten)

Ruimere begrenzing, tot aan gemeentegrens en tot onderzijde 2^e watervoerende pakket

In alternatief 3 wordt het beheergebied uitgebreid tot de gemeentegrenzen. Ook kwetsbare objecten, zoals de drinkwaterwinningen De Meern en Leidsche Rijn, worden binnen dit beheergebied opgenomen. Hierdoor wordt maximaal ruimte gegeven aan de ontwikkeling van bodemenergie. Door deze verruiming mogen de grondwaterverontreinigingen zich vrijelijk binnen de hele gemeente bewegen. Het grondwater in de hele gemeente kan daardoor ‘vergrijzen’, ook binnen de drinkwaterwingebieden en winningen. Alleen overschrijding van de gemeentegrenzen moet worden voorkomen. Onderzocht wordt in hoeverre de levering van drinkwater onder druk komt te staan door deze beleidskeuze. In dit alternatief wordt ook de ondergrens van het beheergebied verruimd: naar de onderzijde van het 2^e watervoerende pakket. Hierdoor mogen OBES ook in het 2^e watervoerende pakket worden geplaatst. Door deze keuze wordt de potentie van de bodem voor de winning van bodemenergie aanzienlijk vergroot. Extra verspreiding kan ontstaan door het onttrekken en tientallen meters verderop infiltreren van grondwater door OBES of een lekstroom van het 1^e naar het 2^e watervoerend pakket door het onvoldoende afdichten van boorgaten. Onderzocht moet worden in hoeverre de grondwaterkwaliteit in het 2^e watervoerende pakket in dit alternatief verslechtert. Ook moet worden onderzocht wat de eventuele effecten voor de grondwaterkwaliteit in het 3^e watervoerende pakket zijn.

Benutting bodemenergie zonder ruimtelijke sturing OBES

Uitgangspunt in dit alternatief is dat alle nieuwbouw en bestaande bouw in het beheergebied van OBES gebruik gaan maken. Er worden geen extra GBES geplaatst. Dit sluit aan bij het alternatief voor het buurtwarmtenet uit het planMER van de beleidsnota Warmte. De enige uitzondering zijn buurten waar al een warmtenet ligt. Voor de configuratie van de OBES wordt aangesloten bij de prognoses die ten behoeve van de Beleidsnota Warmte worden gemaakt. De OBES zullen grotendeels in het 1^e watervoerende pakket worden geplaatst en bij een hoge energievraag ook in het 2^e watervoerende pakket. In dit alternatief wordt geen ruimtelijke sturing gegeven aan de plaatsing van OBES. Wel wordt vastgehouden aan het geldende omgevingsbeleid zoals opgenomen in de provinciale Omgevingsverordening. Dat betekent dat er in boringsvrije zones van De Meern en Leidsche Rijn en het grondwaterbeschermingsgebied Groenekan alleen OBES/GBES in het 1^e watervoerende pakket tot 40 m-mv. geplaatst mogen worden.

Accepteren van het risico van verontreinigingen in drinkwaterwinningen

In dit alternatief mogen verontreinigingen zich naar de boringsvrije zones en het grondwaterbeschermingsgebied verplaatsen, zowel in het 1^e als in het 2^e watervoerende pakket, zonder dat er actieve maatregelen worden uitgevoerd om deze verspreiding te voorkomen, zoals het plaatsen van een schermbelemmering. Dit betekent dat verontreinigingen ook binnen de werking van de drinkwaterwinningen zouden kunnen komen. Actieve beheersmaatregelen worden pas uitgevoerd als de grenzen van het beheergebied dreigen te worden overschreden. Dat wil niet zeggen dat er geen enkele preventieve maatregel van toepassing is. Ook in dit alternatief gelden de basisregels en de kwaliteitsborging voor het plaatsen van boringen c.q. bodemenergiesystemen (BRL SIKB 2100 en 11000). Die moeten borgen dat er geen lekstromen tussen de watervoerende pakketten ontstaan door het onzorgvuldig afdichten van boorgaten door scheidende lagen. Onderzoeksvraag is in hoeverre de verruiming van de grenzen van het beheergebied daadwerkelijk tot een

verslechtering van de grondwaterkwaliteit en de kwaliteit van de drinkwaterwinningen leidt en of het mogelijk is om met aanvullende zuivering toch kwalitatief goed drinkwater te produceren, ook als het volume van de winning in de toekomst toeneemt.

Accepteren van het risico van verontreinigingen in het oppervlaktewater

In dit alternatief ligt de nadruk op een toename van de winning van bodemenergie. Dit leidt mogelijk tot meer 'vergrijzing' van het grondwater. Onderzoeksvragen zijn 1) wat het effect hiervan op de kwaliteit van het oppervlaktewater is en 2) of instroom van grondwaterverontreinigingen tot hogere concentraties in het oppervlaktewater leiden.

Juridische aspecten

Omdat dit alternatief mogelijk niet binnen de geldende wettelijke kaders valt (o.a. KRW), is het van belang om bij de uitwerking van het voorkeursscenario voor het gebiedsplan onderstaande vragen mee te wegen:

- Is het juridisch mogelijk is om de boringsvrije zones en grondwaterbeschermingsgebieden van de drinkwaterwinningen daadwerkelijk binnen de beheergrens op te nemen?
- Mag verspreiding van verontreinigingen leiden tot wezenlijke veranderingen in de zuiveringsinspanning van de drinkwaterwinningen (zowel binnen als buiten de gemeentegrenzen)?
- Wat zijn de juridische consequenties van het natuurlijk lozen van verontreinigingen op oppervlaktewater?

Dit is onderdeel van het onderzoek van de juridische werkgroep dat parallel loopt aan het planMER.

4.4.5 Samenvattend overzicht

Onderstaande tabel 4.3 geeft een samenvattend overzicht van de alternatieven.

Tabel 4.3 Essentie van de drie onderzochte alternatieven

Alternatief 1 <i>Actieve bescherming</i>	Alternatief 2 <i>Benutten en sturen</i>	Alternatief 3 <i>Maximaal benutten</i>
• Huidige begrenzing beheergebied • Beschermen heeft prioriteit boven benutten • Beschermingsregime met extra inzet beheersmaatregelen • Geen nieuwe OBES 1^e en 2^e watervoerend pakket. De huidige OBES blijven actief. • <i>Optioneel: toestaan plaatsing OBES 1e watervoerend pakket als beheersmaatregel</i>	• Huidige begrenzing beheergebied horizontaal (zonder bufferzone) • Toestaan OBES/onttrekkingen in 2^e watervoerend pakket in bepaalde zones • Geen nieuwe onttrekkingen voor proces- of consumptiewater • Balans benutten-beschermen • Beschermingsregime horizontaal: voorkomen verspreiding horizontaal	• Horizontale grens beheergebied wordt vergroot tot de gemeentegrenzen. • Toestaan OBES / onttrekkingen in 2e watervoerend pakket binnen beheergebied • Benutten heeft prioriteit boven beschermen • Beschermingsregime horizontaal en verticaal: niet actief (zo nodig maatregelen nemen nabij drinkwaterwinning op basis van optredende effecten)

4.5 Uitgangspunten grondwatermodellering (GHM)

In het kader van de Actualisatie van het Gebiedsgericht Grondwaterbeheer gemeente Utrecht is een geohydrologisch model (GHM) gebouwd [3]. Het doel van dit GHM is om inzicht te verkrijgen in de verspreiding van grondwaterverontreinigingen (VOCI). De volledige modelbeschrijving van het GHM staat in de documenten Achtergrondrapport Grondwatermodellering. De resultaten van de verschillende scenario's zijn opgenomen in het rapport Scenarioberekening waterkwaliteitsberekeningen GHM (zie bijlage 4). De bouw en input van het GHM is begeleid door de Technische Werkgroep van gemeente en waterketenpartners.

5. Beschrijving referentiesituatie

5.1 Bovengrondse impact

5.1.1 Beleidskader

Tabel 5.1 Beleidskader bovengrondse impact

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Gemeentelijk beleid	
Ruimtelijke Strategie Utrecht 2040	In Ruimtelijke Strategie Utrecht 2040 (RSU 2040) staan de ambities die de gemeente Utrecht heeft op de grote vraagstukken voor de stad, nu en in de toekomst. Het is een visiedocument. De RSU 2040 is het vervolg op de vorige Ruimtelijke Strategie uit 2016. In de RSU 2040 is meer aandacht en ruimte voor groen, werken, mobiliteit en (sociaal-maatschappelijke) voorzieningen.
Meerjaren Perspectief Ruimte (MPR) 2024	Het MPR is het monitoring en uitvoeringsprogramma van de RSU. Het MPR analyseert jaarlijks de voortgang van de uitvoering van de ambities uit de RSU2040. Door middel van het MPR geeft de gemeente weer hoe de beschikbare middelen komende jaren geprogrammeerd worden om deze ambities te realiseren.
Visie Stedenbouw Utrecht 2040	Met de Visie Stedenbouw Utrecht 2040 worden uitgangspunten gegeven voor wat er in Utrecht onder leefbaarheid en kwaliteit wordt verstaan, voor zowel de bestaande als de groeiende stad. Dit houdt met name in: • Er is aangegeven welke maat en welke dichtheid passend is bij ruimtelijke ontwikkelingen in Utrecht. • Ook wordt de maximaal toegestane bouwhoogtes in de stad uitgewerkt. Dit biedt ruimte om de kwaliteiten van de bestaande stad te versterken en ruimtelijke ontwikkelingen toe te staan waar deze mogelijk zijn. • De diversiteit in Utrecht wordt gekoesterd. Ieder dorp, wijk of buurt in Utrecht is anders.
Handboek openbare ruimte (2021)	Bij de inrichting van de openbare ruimte spelen veel belangen mee. De gemeente Utrecht deelt deze belangen op in 3 domeinen: beheer, inrichting en gebruik. Het handboek openbare ruimte zet een toetsingskader neer waar de belangen uit deze 3 domeinen zijn vertegenwoordigd. Alle veranderingen in de openbare ruimte, van groot tot klein, moeten voldoen aan het gestelde kader.
Kadernota kwaliteit openbare ruimte	Het Handboek Openbare Ruimte wordt uitgebreid met de kadernota Kwaliteit Openbare Ruimte. De komende jaren zijn vijf principes leidend om de gewenste kwaliteit van de openbare ruimte te bereiken; duurzaamheid, klimaatbestendigheid, gezonde verstedelijking, toegankelijkheid en meer en eerder aandacht voor de relatie tussen de bovengrond en ondergrond. Deze leidende principes hebben betrekking op gebruik, inrichting en beheer. Bij de kwaliteit van de openbare ruimte gebruikt de gemeente 3 niveaus: Domstad, Domstad Bijzonder en Utrechtse Allure. Hierbij is Domstad de basiskwaliteit voor mensen die wonen en werken in Utrecht, Domstad Bijzonder betreft drukke ruimtes zoals parken, winkelcentra en pleinen, en Utrechtse Allure zijn plekken die van zichzelf al uniek, bijzonder of historisch zijn. De inrichting moet aan de hoogste eisen voldoen.
Uitvoeringsprogramma 'Utrecht kiest voor gezonde lucht' (2020)	In de Wet milieubeheer staan de Europese grenswaarden opgenomen waaraan de luchtkwaliteit in de EU-lidstaten moet voldoen. Bij ruimtelijke ontwikkelingen toetst de gemeente Utrecht hieraan. Bij elke ontwikkeling kijkt de gemeente Utrecht hoeveel die kan bijdragen aan het bereiken van de WHO-advieswaarden voor gezonde lucht.
Beleidsnota 'Gezonde lucht voor iedereen' 2025-2030	Het doel van de beleidsnota is om op termijn de strengere advieswaarden voor luchtkwaliteit van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) van 2021 te halen. In de beleidsnota zijn verschillende maatregelen uiteengezet om deze advieswaarden te behalen in 2030.
Beleidsnota geluid en trillingen (2024)	De Omgevingswet bevat regels voor geluid en trillingen waar gemeenten zich aan moeten houden. Er is ook vrijheid voor een eigen, lokale invulling. In het coalitieakkoord 2022-2026 Investeren in Utrecht is opgenomen dat de gemeente Utrecht bij nieuwe ontwikkelingen strengere geluidsnormen hanteert dan de landelijke wettelijke waarden. Deze past de gemeente toe bij het bouwen van nieuwe woningen en de aanleg van wegen. Ook kijkt de gemeente naar de (ontwikkeling van) de bestaande stad en de invloed van geluid en trillingen op de kwaliteit van leven. Waar nodig neemt de gemeente extra maatregelen.

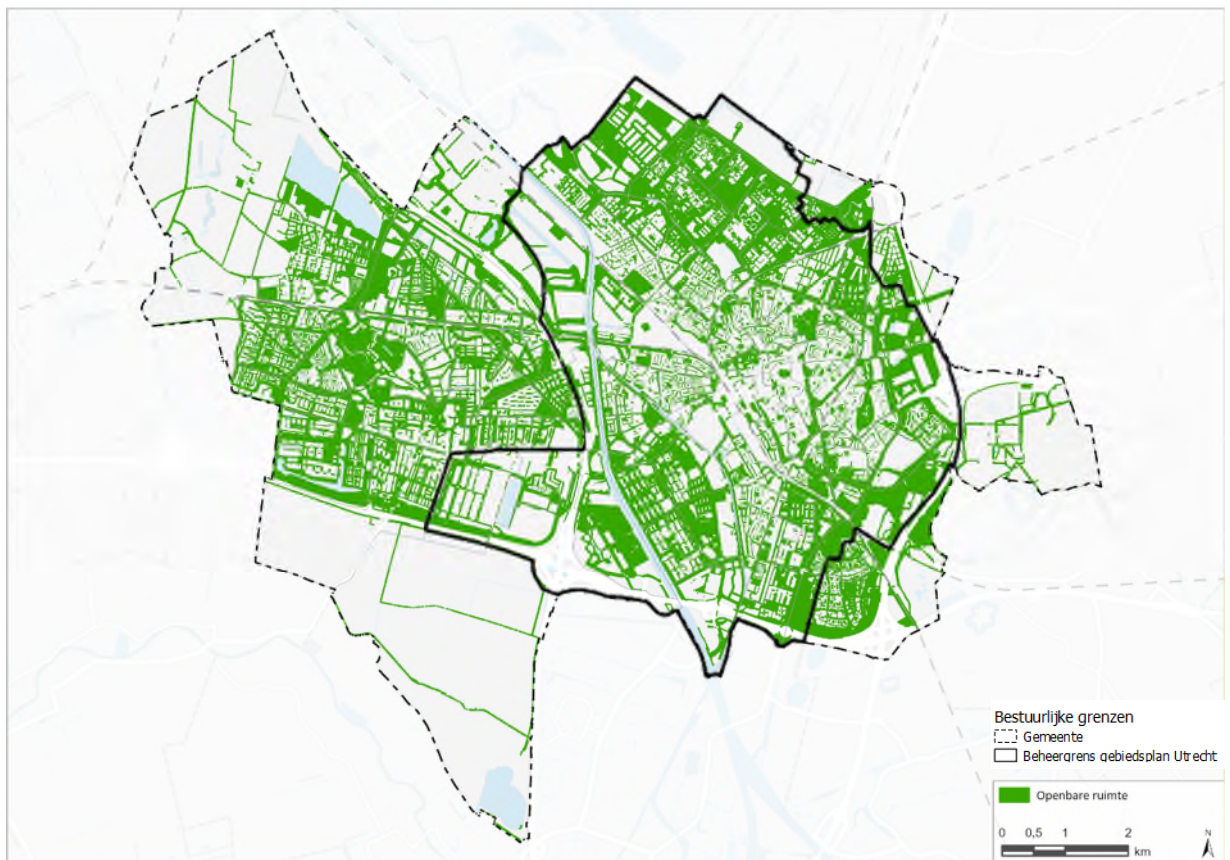
5.1.2 Openbare ruimte en ruimtegebruik

Wat verstaan we onder deze indicator?

De openbare ruimte en de wijze waarop de openbare ruimte is ingericht in de stad heeft een grote invloed op het leefklimaat. Met deze indicator is in beeld gebracht wat de huidige staat en de toekomstige ontwikkeling van de openbare ruimte in de gemeente Utrecht zijn en wat de wisselwerking met het GGB is.

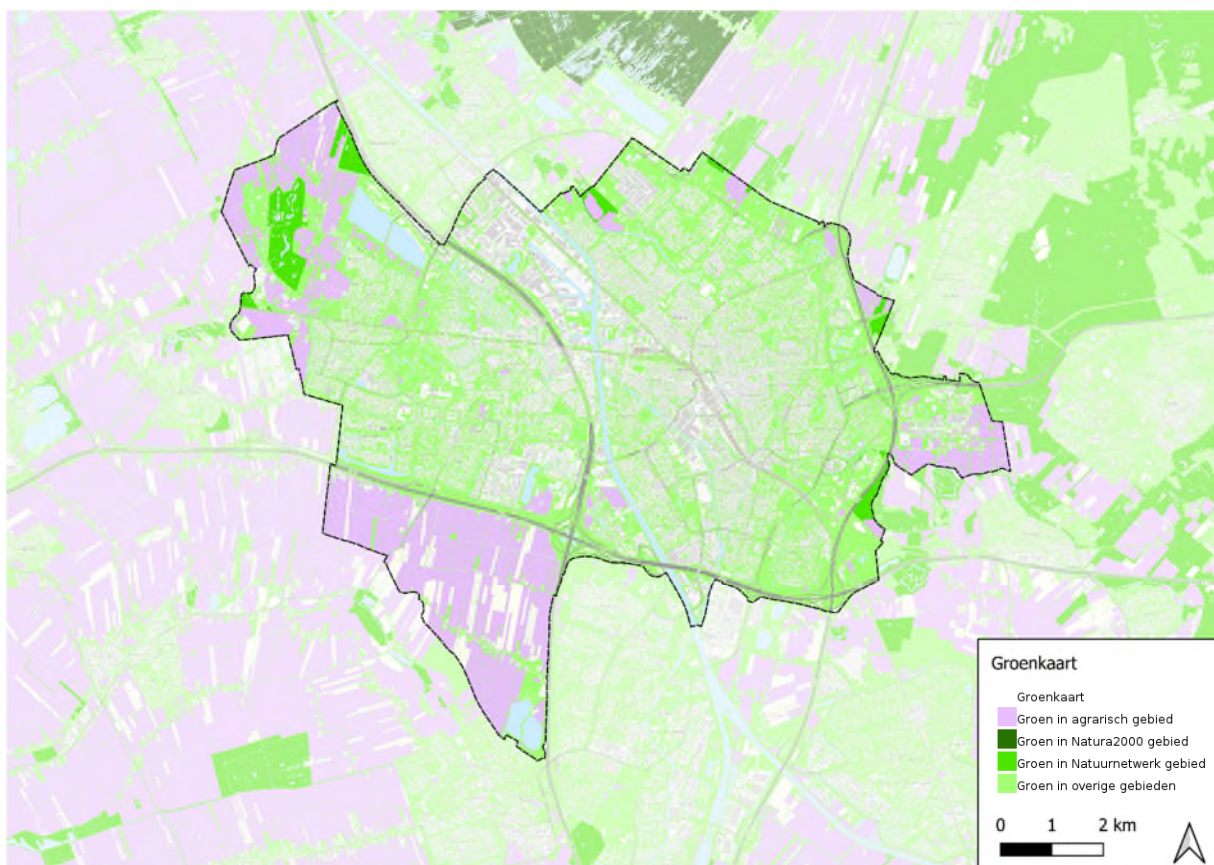
Huidige situatie

In onderstaande Figuur 5.1 is de openbare ruimtegebruik kaart weergegeven. Dit kan alles zijn in de openbare ruimte, zoals straten, parkeerplaatsen, parken, plantsoenen, pleinen, openbaar groen nabij infrastructuur of bedrijventerreinen en andere openbare voorzieningen.

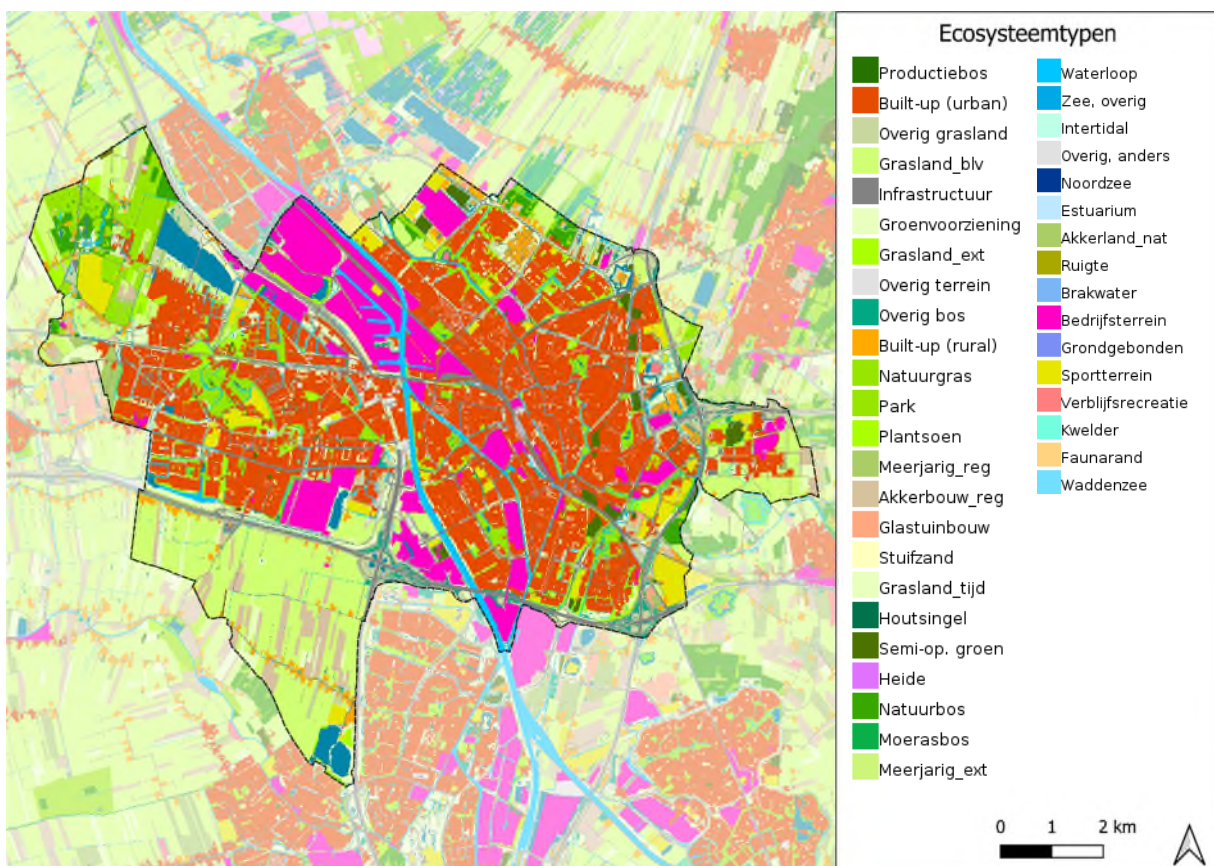


Figuur 5.1 Openbare ruimte in de gemeente Utrecht

Een onderdeel van openbare ruimte in de stad zijn groene ruimtes. Dit zijn parken en plantsoenen maar ook groene gebieden zonder directe gebruiksfunctie. Deze laatste omvatten met name plekken die zijn ingericht ten behoeve van infrastructuur, zoals de afscheiding tussen wegvakken, ruimte op en langs rotondes en op- en afritten. In onderstaande Figuur 5.2 is een onderscheid weergegeven tussen de verschillende soorten groene ruimtes.



Figuur 5.2 Groenkaart (Bron: RIVM)

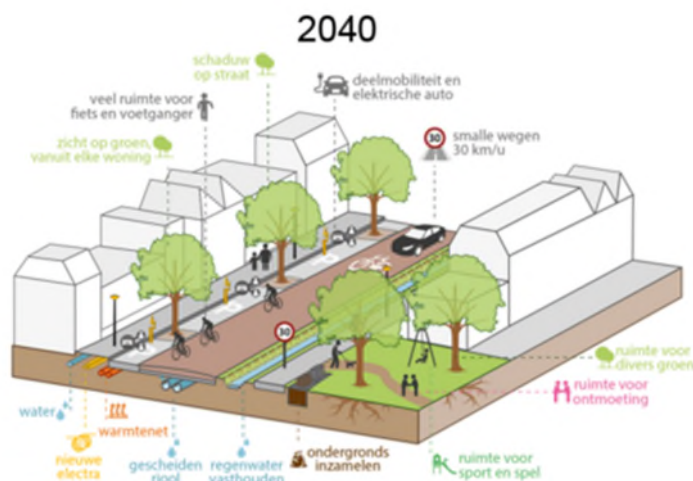


Figuur 5.3 Ecosysteemtypenkaart (Bron: CBS)

Door de groenkaart te vergelijken met de ecosysteemttypenkaart (Figuur 5.3) is duidelijk dat de gemeente Utrecht en daarmee ook het beheergebied, de mate van verstedelijking zeer hoog is. Op dit moment is het bebouwde gebied van de gemeente Utrecht grotendeels verhard. Dit heeft effecten op meerdere zaken, zoals ruimte voor mobiliteit, wonen, bedrijvigheid, openbaar groen, klimaatadaptatie, inclusiviteit, energietransitie en de gebruiksvoorwerpen in de openbare ruimte.

Autonome ontwikkelingen

In de Ruimtelijke Strategie Utrecht (RSU) beschrijft de gemeente hoe de stedelijke ontwikkeling richting 2040 verloopt. Er is een steeds grotere ruimtelijke claim op de openbare ruimte, door woningen, bedrijvigheid, mobiliteit, en verschillende transitie zoals klimaatverandering en de energietransitie. De woningbouwopgave vraagt in toenemende mate plek in de openbare ruimte. Dit heeft met name te maken met het verdichten en uitbreiden van gebouwde omgeving en het aanleggen van warmte-, energie-, en waterinfrastructuur om deze woningen aan te sluiten. In onderstaande figuur geeft de gemeente aan te groeien naar een stad voor de bewoners, die daar gezond en goed kunnen leven. Hierbij is er meer ruimte voor fietsers, voetgangers, klimaatadaptatie, openbaar groen en de energietransitie. Zo komt er 2.000.000 m² groen in de honderden straten in de bestaande stad (RSU 2040).

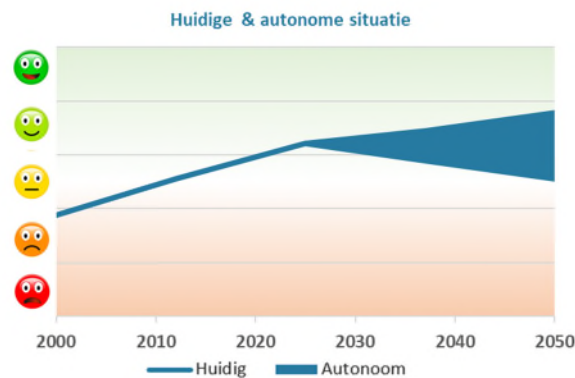


Figuur 5.4 Integrale aanpak openbare ruimte (RSU 2040)

Door klimaatverandering neemt de kans op hevige regenbuien in de toekomst toe. Dit vergroot de kans op wateroverlast. Daarnaast is er een toenemende druk op de openbare ruimte door de woningbouwopgave, de benodigde energievraag en groen. Vraag is hoe al deze opgaves ruimtelijk in balans met elkaar te accommoderen. De kwaliteit kan echter ook verslechteren als bijvoorbeeld groen moet wijken voor meer infrastructuur. De conclusie is ook dat er geen wisselwerking is tussen de kwaliteit van de openbare ruimte en het GGB. De verspreiding van de grondwaterverontreinigingen wordt niet beïnvloed door de bovengrondse inrichting van de openbare ruimte.

Beoordeling

De indicator openbare ruimte en ruimtegebruik is voor de huidige situatie als redelijk beoordeeld. Er is voldoende ruimte aanwezig voor de diverse gebruiksvormen en die zijn redelijk in balans. De toekomst is onzeker. De kwaliteit van de openbare ruimte kan verbeteren als het lukt om alle opgaves ruimtelijk in balans met elkaar te accommoderen. De kwaliteit kan echter ook verslechteren als bijvoorbeeld groen moet wijken voor meer infrastructuur. De conclusie is ook dat er geen wisselwerking is tussen de kwaliteit van de openbare ruimte en het GGB. De verspreiding van de grondwaterverontreinigingen wordt niet beïnvloed door de bovengrondse inrichting van de openbare ruimte.



Figuur 5.5 Beoordeling openbare ruimte en ruimtegebruik

Tabel 5.2 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- Gelet op de hoeveelheid verharding die past bij een grote stad zoals de gemeente Utrecht wordt de huidige situatie als 'redelijk' beoordeeld.
Autonome ontwikkeling	- Door vele maatschappelijke opgaven, die met name ruimte zoeken in de openbare ruimte, kan de autonome situatie verschillend uitpakken. Het kan dus verbeteren of verslechteren in de toekomst.
Bandbreedte	- Vanwege de grote onzekerheid op welke manier de ruimtelijke opgaven in de openbare ruimte worden ingepast, is dit weergegeven door de aanzienlijke bandbreedte.

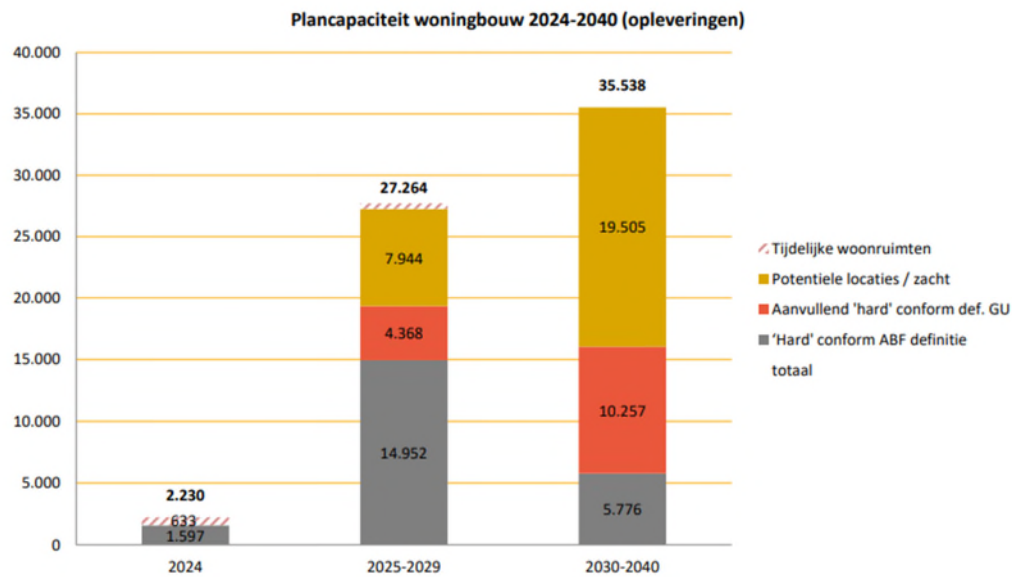
5.1.3 Woningbouwopgave

Wat verstaan we onder deze indicator?

Deze indicator gaat in op de woningbouwopgave in de gemeente Utrecht en in hoeverre het gebiedsplan impact heeft op deze woningbouwopgave c.q. de energie- en warmtevraag hiervan. Deze impact hangt samen met het kunnen ontwikkelen van OBES voor de nieuwbouw en in hoeverre het gebiedsplan hier kaders voor biedt. Effecten van deze kaders op de bestaande bouw zijn opgenomen in paragraaf 5.2.3. In de woningbouwopgave wordt ook integraal gekeken naar de toenemende groei van utiliteit.

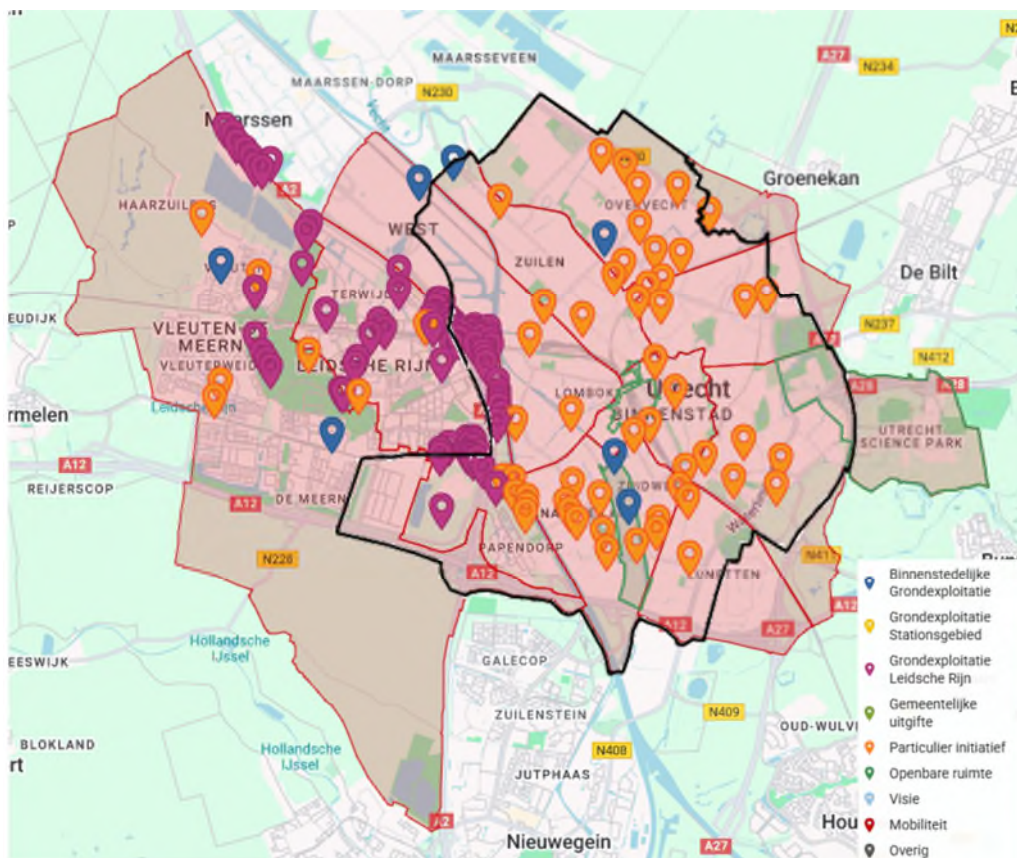
Huidige situatie

De gemeente Utrecht staat voor een grote verstedelijkingsopgave. In de gemeente Utrecht zijn 167.124 woningen aanwezig (BAG, 2024). In de RSU2040 geeft de gemeente inzicht in de koers op het gebied van de openbare en bebouwde omgeving. Het Meerjaren Perspectief Ruimte is het monitorings- en uitvoeringsprogramma van de gemeente. In dit document houdt de gemeente bij wat de status is van de vastgestelde doelen en ambities, en waar mogelijk het programma herijkt moet worden. Sinds 2020 zijn er bijna 12.000 woningen toegevoegd aan de huidige woningvoorraad.



Figuur 5.6 Harde en zachte plancapaciteit van de woningbouwopgave richting 2040 (Bron: MPR 2024)

In onderstaande figuur zijn de huidige harde plannen van de gemeente Utrecht weergegeven, die zijn vastgesteld maar ook al in ontwikkeling of realisatie zijn. Met de zwarte lijn is het beheergebied aangegeven. De figuur laat zien dat er zowel binnen- als buiten het beheergebied een groot aantal woningbouwprojecten gepland staat. De ontwikkeling van het woningbouwproject Rijnenburg is in deze kaart niet opgenomen omdat dit nog niet gedefinieerd is als vastgesteld beleid⁸.



Figuur 5.7 Nieuwbouwprojecten in de gemeente Utrecht, zwarte lijn geeft de huidige begrenzing van het beheergebied van het GGB aan [4].

⁸ De ontwikkeling van de 25.000 woningen in Rijnenburg is wel opgenomen in grondwatermodellering om de effecten hiervan voldoende te duiden.

De woningbouwopgave vraagt in toenemende mate plek in de openbare ruimte. Dit heeft met name te maken met het verdichten en uitbreiden van de bebouwde contouren en het aanleggen van warmte-, energie-, en waterinfrastructuur om deze woningen aan te sluiten.

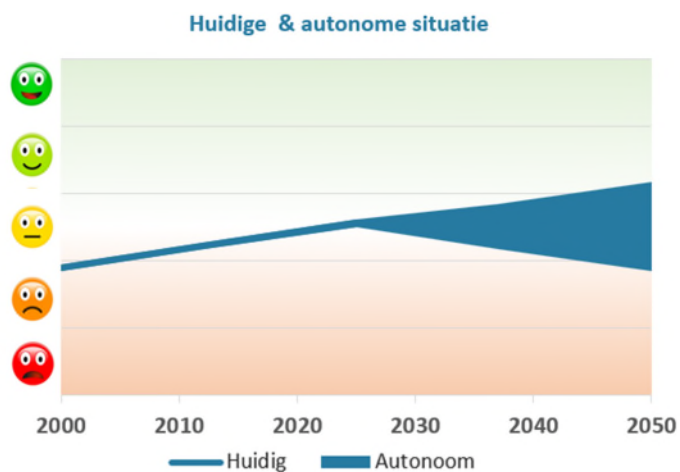
Autonome ontwikkeling

Tot 2040 wordt het aantal woningen en werkplekken in Utrecht met circa 30% vergroot. Grofweg komen er 60.000 nieuwe woningen bij in de periode tot 2040. Na 2040 staat de grootschalige ontwikkeling van Rijnenburg op de planning. Dit is een nieuwbouwopgave van ca. 25.000 woningen.

In de referentiesituatie wordt een groot gedeelte van de woningen aangesloten op een OBES. Een OBES wordt voor de opslag van warmte en koude gebruikt. Conform het GGB beperkt de diepte van deze OBES binnen het beheergebied zich tot het 1^e watervoerende pakket. Daarbuiten mogen de OBES ook in het 2^e watervoerende pakket worden geplaatst. Met name in de hoogverdichte gebieden vormen OBES een essentieel onderdeel van de energiemix voor de nieuwbouw. Daarbuiten kunnen ook andere warmtesystemen worden ingezet. In de referentiesituatie wordt op basis van de nieuwbouwopgave rekening gehouden met nieuw te plaatsen OBES (een detailuitwerking is beschreven in Bijlage 3).

Beoordeling

Het gebiedsplan beperkt de potentie van bodemenergie voor de nieuwbouw omdat binnen het beheergebied het 2^e watervoerende pakket niet kan worden benut. In de hoogstedelijke gebieden met de hoogste warmte- en koudevraag is daardoor onvoldoende bodemenergie beschikbaar om de volledige energieopgave te dekken (zoals het gebied Beurskwartier). De totale nieuwbouwopgave wordt hierdoor echter niet onmogelijk omdat in dat geval andere energiebronnen kunnen worden gebruikt, maar dit zet wel een rem op de ontwikkelingen in de hoogstedelijke gebieden. Daarmee samenhangend kan ook netcongestie de nieuwbouw vertragen als er onvoldoende stroom is voor de huisaansluitingen. De huidige situatie wordt als redelijk beoordeeld en naar de toekomst toe kan de nieuwbouwopgave zich matig positief maar ook negatief ontwikkelen als er onvoldoende energie beschikbaar is.



Figuur 5.8 Beoordeling woningbouwopgave

Tabel 5.3 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De woningbouwopgave in de gemeente Utrecht is groot. De gemeente zet sterk in op deze opgave en wordt daardoor redelijk positief beoordeeld.
Autonome ontwikkeling	- Gezien de prognoses met betrekking tot de woningbouwplannen in de gemeente wordt verwacht dat de trend zich zowel positief als negatief kan ontwikkelen.
Bandbreedte	- De bandbreedte is groot, omdat enkel de harde plannen meegenomen zijn in de beschouwing en de zekerheid van deze plannen vrij groot is.

5.1.4 Gezondheidseffecten

Wat verstaan we onder deze indicator?

In het kader van gebiedsgericht grondwaterbeheer richt deze indicator zich met name op de mogelijke gezondheidseffecten van de (grondwater)verontreinigingen op mensen. Overige gezondheidseffecten in het milieu zijn effecten van luchtkwaliteit (stikstofdioxide, fijnstof), geluid, geur, elektromagnetische straling, etc. Deze aspecten hebben geen relatie met het gebiedsplan en zijn daarom niet meegenomen in dit planMER.

Huidige situatie

Uitdamping van verontreinigende stoffen

Er kunnen humane risico's ontstaan door uitdamping van VOCl verontreinigingen naar de binnenlucht van woningen en gebouwen. Dit is met name aan de orde op de bronlocaties, dus daar waar de VOCl-verontreinigingen zijn ontstaan en nog in hoge concentraties in de grond zitten. De gemeente heeft de afgelopen jaren onderzoek uitgevoerd naar uitdamping van VOCl-verontreinigingen ter plaatse van de bekende bronlocaties. Er zijn momenteel bij de gemeente geen VOCl-verontreinigingen bekend die leiden tot humane risico's door uitdamping in de binnenlucht van woningen en gebouwen.

Verontreinigingen drinkwatervoorziening

VOCl-verontreinigingen kunnen via twee routes in het drinkwater komen: 1) als de grondwaterverontreiniging de drinkwaterwinning bereikt en 2) als de verontreiniging via permeatie in een drinkwaterleiding komt. Als VOCl-verontreiniging in een drinkwaterwinning terechtkomt, borgen de zuiveringsinstallaties van het drinkwaterbedrijf dat de drinkwaterkwaliteit voldoet aan de wettelijke normen. Dit leidt dus niet tot gezondheidseffecten. Opgemerkt wordt dat Leidsche Rijn en de Meern momenteel nog geen VOCl zuivering hebben; dit is alleen nodig als er ook daadwerkelijk VOCl in het ruwwater wordt verwacht.

Permeatie van drinkwaterleidingen kan optreden als er PVC-drinkwaterleidingen in de bronzones van VOCl-verontreinigingen liggen. In dit soort situaties vervangen de drinkwaterbedrijven dit type door een PE-waterleiding waardoor het risico van permeatie wordt weggenomen. Verder heeft de gemeente in alle bronzones onderzoek naar humane risico's en dus ook naar de permeatie van drinkwaterleidingen gedaan. Nergens is dit aan de orde. Ook heeft dit geen relatie met het gebiedsplan omdat dit risico alleen speelt in de bronzones met verontreinigde grond en niet in het grondwater.

Verontreinigingen oppervlaktewater

Grondwaterverontreinigingen kunnen door kwel in het oppervlaktewater terechtkomen. Gezondheidseffecten zouden een rol kunnen gaan spelen als mensen met dit verontreinigde water in contact komen, bijvoorbeeld bij het zwemmen. Tot op heden is nooit een dergelijke situatie aangetroffen. De reden is dat de VOCl-grondwaterverontreinigingen zich juist naar de diepte verplaatsen (infiltratie) en niet via kwel in het oppervlaktewater terechtkomen. Zie voor een uitgebreidere beschrijving paragraaf 5.3.5.

Autonome ontwikkelingen

Uitdamping van verontreinigende stoffen

Naarmate de tijd verstrijkt, nemen de risico's van uitdamping verder af. De VOCl-verontreinigingen breken af en zakken uit of worden bij herontwikkeling gesaneerd.

Verontreinigingen drinkwatervoorziening

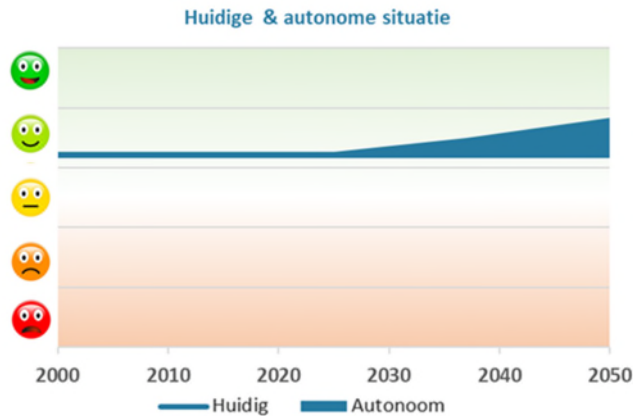
Als gevolg van nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen (woningbouw en utiliteitsbouw) zullen verontreinigingen in de bodem worden gesaneerd door de gemeente en neemt de kans dat drinkwaterleidingen in verontreinigde grond liggen, verder af.

Verontreinigingen oppervlaktewater

De VOCl-verontreinigingen zijn zwaarder dan water en verplaatsen zich door de overwegend heersende infiltratiesituatie verder naar de diepte en het risico op verontreiniging van het oppervlaktewater zal dus nog verder dalen (zie ook hoofdstuk 5.3.3).

Beoordeling

In de huidige situatie zijn er geen gezondheidseffecten van de VOCl-verontreinigingen bekend en deze zullen in de toekomst alleen maar verder afnemen.



Figuur 5.9 Trendgrafiek gezondheidseffecten

Tabel 5.4 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De huidige situatie wordt goed beoordeeld. Er zijn geen significante humane risico's met betrekking tot de verontreinigingen aanwezig.
Autonome ontwikkeling	- Naarmate de tijd verstrijkt nemen de verontreinigingen af en daarmee ook risico's op gezondheid.
Bandbreedte	- Bandbreedte is klein omdat er een beperkte kans bestaat dat de huidige verontreinigingen tot leiden tot gezondheidsrisico's.

5.1.5 Veiligheidsrisico's

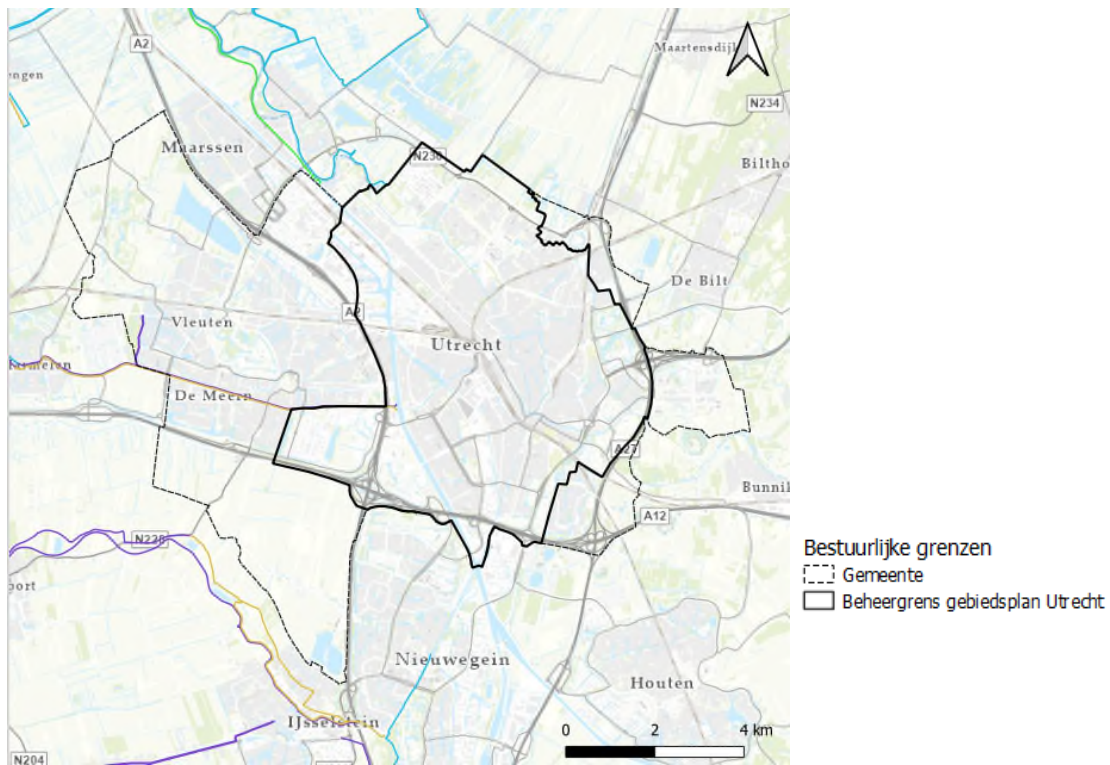
Wat verstaan we onder deze indicator?

In dit planMER is ingegaan op de onderdelen van veiligheid die een duidelijke ruimtelijke component en relatie met grondwaterbeheer in Utrecht hebben, te weten waterveiligheid en omgevingsveiligheid. Omgevingsveiligheid betreft het voorkomen, beperken en bestrijden van incidenten die (kunnen) leiden tot significante nadelige gevolgen voor een veilige fysieke leefomgeving en daarmee tot een ramp of crisis. Waterveiligheid verwijst naar de bescherming tegen overstromingen van waterwegen zoals rivieren, meren, en kustgebieden.

Huidige situatie

Waterveiligheid

In de gemeente Utrecht bestaat het overstromingsrisico door overstroming vanuit rivieren. Utrecht wordt daarbij beschermd door primaire waterkeringen (direct aan de rivieren gelegen), en regionale keringen. Deze regionale keringen beperken de effecten van een eventuele overstroming als de primaire waterkering faalt. De regionale keringen om overstromingen in Utrecht tegen te gaan zijn hieronder weergegeven. De primaire en regionale waterkeringen voldoen aan de norm die is toegewezen.



Figuur 5.10 Regionale keringen in en rondom de gemeente Utrecht (Bron: Provincie Utrecht)

Overstromingen van rivieren of zee hebben niet tot nauwelijks impact op het grondwater in en rond Utrecht. En het grondwaterbeheer in en rond Utrecht heeft geen impact op de kans over overstromingen of het eventuele gevolg daarvan.

Wateroverlast

Dit aspect is beschreven in paragraaf 0.

Omgevingsveiligheid

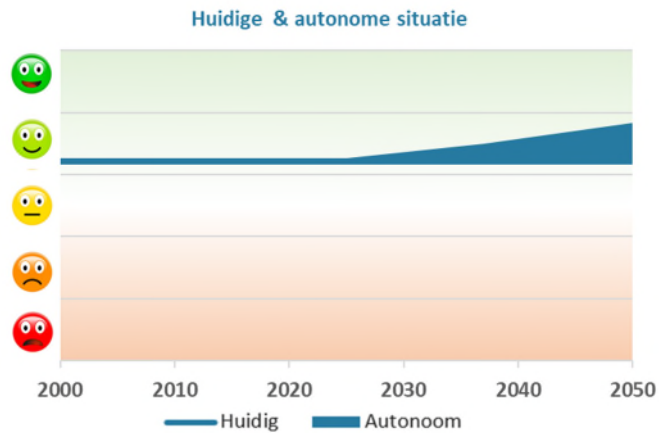
In het beheergebied van de gemeente Utrecht zijn verschillende activiteiten die een risico voor de omgevingsveiligheid met zich mee brengen. Hieronder vallen bijvoorbeeld het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor en wegen. Daarnaast zijn er gasleidingen aanwezig met een explosiegevaar. De activiteiten die impact hebben op de omgevingsveiligheid resulteren, in geval van calamiteiten, in nieuwe verontreinigingen. Dit door middel van bijvoorbeeld lekkages en infiltratie van bluswater. Dit staat echter los van het gebiedsgericht grondwaterbeheer omdat dit zich alleen richt op de bestaande (historische) verontreinigingen.

Autonome ontwikkelingen

Vanwege klimaatverandering ontstaan steeds vaker extreme weersomstandigheden. Hierdoor ontstaan vaker risico's met betrekking tot overstromingsgevaar vanwege hoogwaterstanden in rivieren. Door het huidige veiligheidsbeleid inzake waterveiligheid is de verwachting dat dit risico in de gemeente Utrecht relatief beperkt zal zijn.

Door toename van woningen en daarmee een toename van risicogevoelige bestemmingen kunnen omgevingsveiligheidsrisico's toenemen. Tegelijkertijd bestaan er normeringen en richtlijnen die deze risico's beheersen en waar nodig mitigeren.

Beoordeling



Figuur 5.11 Beoordeling veiligheidsrisico's

Tabel 5.5 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige Situatie	De huidige situatie met betrekking tot veiligheidsrisico's wordt redelijk positief beoordeeld.
Autonome ontwikkeling	De autonome ontwikkeling zal in de toekomst toe gelijk blijven vanwege de beheers- en mitigerende maatregelen.
Bandbreedte	De bandbreedte is klein omdat de directe effecten van het gebiedsplan en overige autonome ontwikkelingen er niet of zeer beperkt zijn.

5.2 Klimaat, energie en circulariteit

5.2.1 Beleidskader

Tabel 5.6 Beleidskader klimaat, energie en circulariteit

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Nationaal Klimaatakkoord	Het Klimaatakkoord is een pakket van maatregelen en afspraken tussen bedrijven, maatschappelijke organisaties en overheden om gezamenlijk de uitstoot van broeikasgassen in Nederland in 2030 ongeveer te halveren (vergeleken met 1990). In 2050 moet de uitstoot van broeikasgassen met 95% afgenomen zijn. Een van de afspraken die daarvoor is gemaakt, is dat dat Nederland uiterlijk in 2050 volledig aardgasvrij is
Regionaal beleid	
RES-regio U16	De RES-regio U16 heeft in 2021 regionale afspraken gemaakt over hoe ze voor 2030 willen overstappen van fossiele brandstoffen naar duurzame elektriciteit en warmte. In 2025 actualiseert de RES U16 de gemaakte afspraken. In de RES U16 zijn ook bovenregionale warmtebronnen onderzocht.
Provinciaal beleid	
Programmaplan Energietransitie 2020-2025	De provincie Utrecht heeft als doel in 2050 klimaatneutraal te zijn. Dat betekent dat de provincie net zoveel duurzame energie produceert als ze verbruikt. In het programmaplan energietransitie staat hoe ze dat de komende jaren doet. Alle programmalijnen van de provincie liggen in lijn met de doelen op het gebied van de warmtetransitie van de gemeente Utrecht.
Gemeentelijk beleid	
Visie Utrecht Circulair 2050 (2024)	In 2050 wil Utrecht als stad helemaal circulair zijn. In een circulaire economie bestaat geen afval en worden grondstoffen steeds opnieuw gebruikt. De realisatie van Utrecht als circulaire stad berust op sterke samenwerkingen door de hele keten, of eerder, over de hele kringloop, zowel publiek en privaat als binnen en buiten de regio.
Visie Klimaatadaptatie (2022)	De visie klimaatadaptatie beschrijft op welke wijze de gemeente Utrecht omgaat met het veranderende klimaat en de opgaven die daarbij komen kijken.
Beleidsnota Utrecht Circulair 2030 (2024)	De Beleidsnota Utrecht Circulair 2030 is een uitwerking van de visie Utrecht Circulair 2050 en heeft vier prioriteiten: • Circulaire bedrijvigheid en ondernemerschap • Circulaire gebiedsontwikkeling en bouwen • Circulair opdrachtgeven en inkoop • Circulaire materiaal- en reststromen (van afval naar grondstof)

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Beleidsnota opwekgebieden voor schone energie in Utrecht 2024 - 2030	De Beleidsnota opwekgebieden voor schone energie borduurt voort op het Klimaatakkoord. Daarin staat dat in 2030 70 procent van ons elektriciteitsverbruik in Nederland uit hernieuwbare (duurzame) bronnen komt. De opwek van schone elektriciteit op land valt onder de gezamenlijke verantwoordelijkheid van de provincies en de gemeenten. Utrecht is onderdeel van de regio RES U16 en deze RES 1.0 is deze in 2021 vastgesteld. Samen met de buurgemeenten wil Utrecht in 2030 circa 1,8 Terawattuur (TWh) schone elektriciteit opwekken. Utrecht streeft naar een bijdrage van 523 GWh. De gemeente stuurt met deze beleidsnota aan op concreter en duidelijker beleid voor schone opwek.
Beleidsnota Warmte 2025	In de Beleidsnota Warmte zijn de uitgangspunten en keuzes vastgelegd om de overstap naar duurzame warmte goed te sturen. Deze nota vormt de basis voor het Warmteprogramma. Daarin staat waar en hoe de gemeente de komende 10 jaar aan de slag gaat.

5.2.2 Emissie en vastleggen broeikasgassen

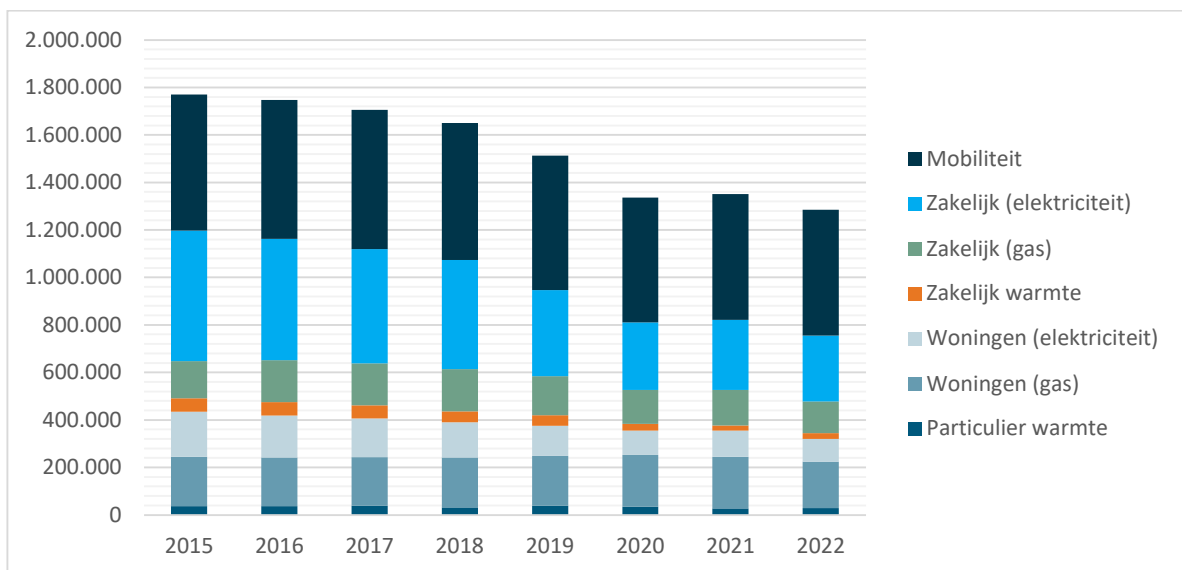
Wat verstaan we onder deze indicator?

Door de uitstoot van broeikasgassen verandert het klimaat. Deze klimaatverandering is steeds zichtbaarder in de leefomgeving. Het klimaatbeleid is gericht op het verminderen van de emissie van broeikasgassen en broeikasgassen vast te leggen, door duurzame energieopwekking en door de grondstoffenkringloop te sluiten en efficiënt in te richten. Met deze indicator is aangegeven hoe het gebiedsplan de emissie en vastlegging van broeikasgassen beïnvloedt. Het GGB heeft een indirecte invloed op het verminderen van de broeikasgassen omdat het de potentie van de inzet van bodemenergie beïnvloedt. Bodemenergie is onderdeel van een duurzame energiemix die de uitstoot van broeikasgassen vermindert.

Huidige situatie

De overkoepelende doelstelling van het Klimaatakkoord voor de gebouwde omgeving is het reduceren van de CO₂-uitstoot van 95% in 2050 ten opzichte van 1990. Als tussenstap wordt er gestreefd naar een CO₂-reductie van 55% in 2030.

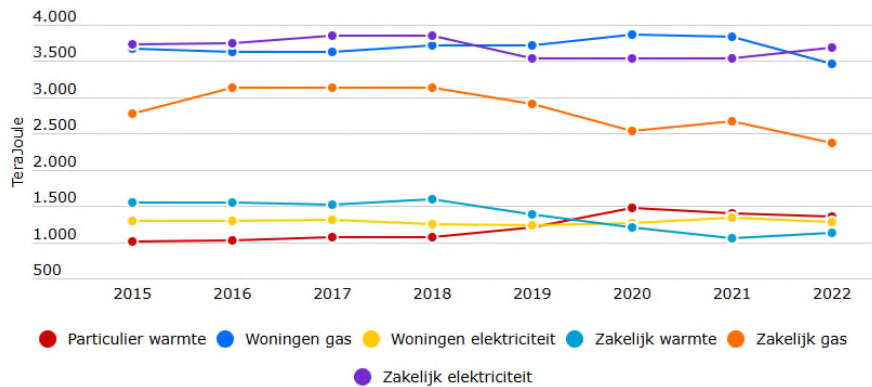
In de gemeente Utrecht is een dalende trend te zien in de totale CO₂-uitstoot. Dit is met name te verklaren door de inzet van hernieuwbare energie. Tussen 2015 en 2022 is de CO₂-uitstoot met 26% verminderd. In 2022 werd 10% van het elektriciteitsgebruik hernieuwbaar opgewekt⁹. Er is een dalende trend te zien in de totale CO₂-uitstoot van de gemeente. Het grootste aandeel is afkomstig van verkeer en vervoer en de gebouwde omgeving.



Figuur 5.12 Totale CO₂-uitstoot in de gemeente Utrecht van 2015 - 2025 (Energiemonitor, gemeente Utrecht 2023)

⁹ Voortgangsrapportage Energie, gemeente Utrecht (2023).

Daarmee samenhangend is het aardgasverbruik, een belangrijke bron van CO₂-uitstoot, door de jaren heen gedaald. De grootste daling wat betreft aardgasverbruik is te zien bij de zakelijke bebouwde omgeving. Het aardgasverbruik van woningen fluctueert.



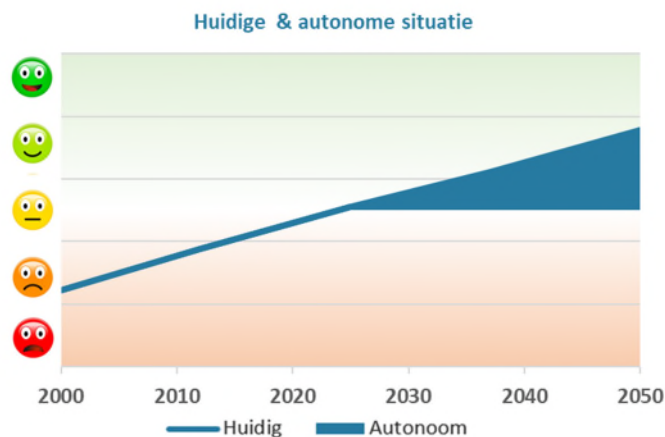
Figuur 5.13 Energieverbruik in de gemeente Utrecht (Bron: Energiemonitor, gemeente Utrecht)

Autonome ontwikkelingen

De emissie van broeikasgassen in de gemeente vertoont jarenlang een dalende trend. Met de ontwikkeling van verschillende gemeentelijke beleidsprogramma's, kunnen de gestelde doelen voor verdere reducering behaald worden. Dit betreft programma's zoals de Beleidsnota Warmte en bijbehorende Warmteprogramma of de Beleidsnota opwekgebieden voor schone energie in Utrecht, waarbij de gemeente actief inzet op het aardgasvrij maken van de bebouwde omgeving en het ontwikkelen van schone energie. In de Voortgangsrapportage Energie van de gemeente Utrecht wordt gemonitord op de verschillende onderdelen en doelen van de energietransitie. Uit de voortgangsrapportage blijkt dat veel zaken conform prognose lopen. Toch zijn er ook zaken die enkele risico's met zich meebrengen om de gewenste prognose te behalen. Dit zit hem in het verduurzamen van bedrijven, duurzame opwekgebieden die achterlopen in realisatie, aanpak van netcongestie en de buurtaanpak naar aardgasvrij waar nog niet alle doelen zijn behaald. De huidige situatie met betrekking tot bodemenergie en netcongestie is opgenomen in paragraaf 3.2.3 en 3.2.4. Het gebruik van bodemenergie levert een relatief hoge bijdrage aan de vermindering van broeikasgassen omdat het energetisch een erg efficiënte techniek is ten opzichte van bijvoorbeeld luchtwarmtepompen. Zolang de benodigde elektriciteit nog uit fossiele bronnen komt, stoten systemen met bodemenergie dus minder broeikasgassen uit dan andere systemen.

Beoordeling

De gemeente heeft als doelstelling om in 2030 55% klimaatneutraal te zijn, naar nagenoeg volledig klimaatneutraal in 2050. De gemeente zet zich actief in op verschillende delen van de energietransitie en monitort dit ook actief om bij te sturen waar nodig. Deze doelen lijken haalbaar.



Figuur 5.14 Beoordeling emissie en vastleggen broeikasgassen

Tabel 5.7 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De huidige situatie is in de huidige situatie redelijk beoordeeld. De uitstoot van CO2 is jarenlang aan het dalen en deze trend wordt door beleidsmatige sturing vastgehouden.
Autonome ontwikkeling	- Naar de toekomst toe wordt verwacht dat deze daling zich inzet, waardoor de huidige situatie zich positief ontwikkelt.
Bandbreedte	- De onzekerheid met hoe snel de transitie zich voortbeweegt is groot. Hierdoor is de bandbreedte relatief groot.

5.2.3 Duurzame energieopwekking

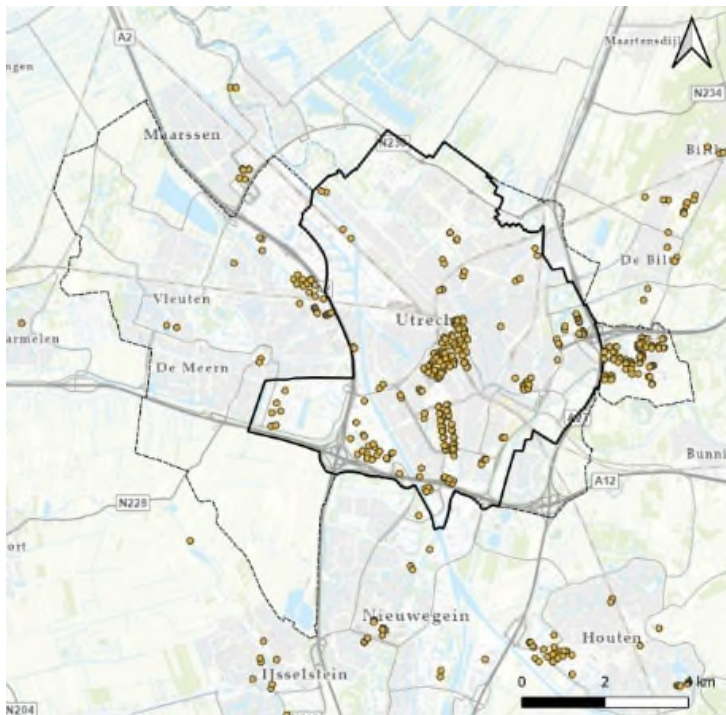
Wat verstaan we onder deze indicator?

Deze indicator beschrijft de referentiesituatie ten aanzien van de omvang van de duurzame energieopwekking door middel van bodemenergiesystemen in het studiegebied.

Huidige situatie

Voor de verwarming van woningen en gebouwen wordt bodemenergie ingezet in de vorm van OBES of gesloten systemen (GBES). OBES zijn systemen (tot ca. 100-150 m-mv., mits geen dieptebeperking) waarmee grondwater wordt rondgepompt om gebouwen te verwarmen en te koelen. De onderstaande figuur geeft globaal aan hoeveel OBES er in Utrecht zijn. GBES zijn gesloten bodemlussen tot soms wel 250 m -mv. die met name voor individuele woningen en gebouwen worden ingezet. Binnen de begrenzing van het gebiedsgericht grondwaterbeheer staat reeds en aanzienlijk aantal open en gesloten bodemenergiesystemen (bron: WKO-tool). Deze staan in het 1^e watervoerende pakket.

In de boringsvrije zones van winning De Meern bevinden zich geen OBES. Wel zijn er GBES aanwezig binnen de beschermingszone. In de boringsvrije zone van winning Leidsche Rijn bevindt zich ook een aantal OBES. Enkele van deze bodemenergiesystemen bevindt zich dieper dan 40 meter onder maaiveld en voldoen daarmee niet aan het provinciale beleid. Rondom Groenekan is geen boringsvrije zone aangewezen, maar wel een grondwaterbeschermingsgebied en een 100-jaars-aandachtsgebied.



Figuur 5.15 Bestaande OBES in de gemeente Utrecht

Geothermie

Naast OBES en GBES is het ook mogelijk om geothermie te gebruiken voor het verwarmen van huizen en kantoren. Geothermie is het gebruik van warmte uit de ondergrond voor het verwarmen van woningen en gebouwen, waarbij gebruik wordt gemaakt van boringen met een diepte van 1.500 tot 3.000 meter onder maaiveld. Er zijn geen geothermiecentrales in de gemeente Utrecht aanwezig. Recent onderzoek heeft uitgewezen dat de ondergrond van de gemeente weinig geschikt is voor geothermie.

Bodemenergiesystemen en grondwaterkwaliteit

Wanneer er een boring in de ondergrond voor OBES of geothermie wordt uitgevoerd, kan deze door afsluitende kleilagen gaan. Dit vraagt om goede afsluiting van deze doorboring van de kleilaag, zodat er géén grondwater van het bovenliggende watervoerende pakket naar het daaronder liggende watervoerende pakket kan stromen. Wanneer er in de bovenste watervoerende laag sprake is van verontreinigingen en het boorgat onvoldoende afgedicht is, kunnen deze met het grondwater mee worden gevoerd naar de onderliggende watervoerende laag. Hierdoor kan de grondwatervontreiniging zich verder en dieper in de ondergrond verspreiden. In een rapportage van ILT¹⁰ blijkt dat bij circa 75% van de uitgevoerde inspecties bij doorboringen van afsluitende lagen tijdens de aanleg van GBES, afwijkingen van de norm werden geconstateerd. Bij ongeveer de helft van deze overtredingen konden risico's van verslechtering van de bodem- en grondwaterkwaliteit van het dieper gelegen watervoerende pakket ontstaan.

Wat betreft OBES kan er door de onttrekking van de OBES een versnelling van de natuurlijke verspreiding van verontreinigingen van het eerste watervoerende pakket naar het tweede watervoerende pakket door de scheidende laag ontstaan. Dit heeft mogelijk effect op de grondwaterkwaliteit en de drinkwaterwinning- en voorziening, zie ook paragraaf 5.3.6 Drinkwater. Om dit te voorkomen is binnen het beheergebied van het huidige gebiedsplan verboden om OBES in het 2^e watervoerende pakket te plaatsen.

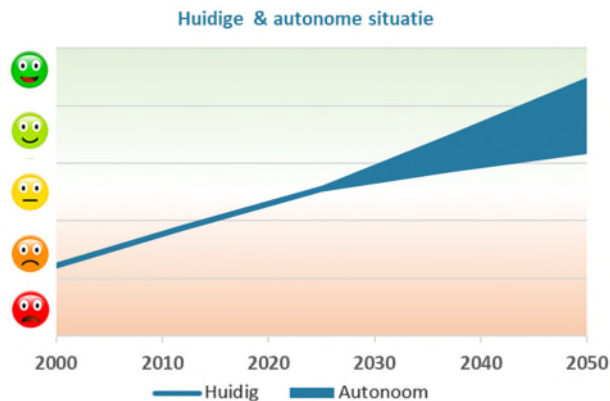
Autonome ontwikkelingen

Het aantal bodemenergiesystemen neemt toe, zowel voor de nieuwbouw als de bestaande bouw. Het aantal toekomstige bodemenergiesystemen is sterk afhankelijk van de keuzes die de gemeente in het kader van de warmtetransitie (o.a. het Warmteprogramma) maakt. In de Beleidsnota Warmte (2025) is vastgelegd op welke manier de gemeente de overstap naar duurzame warmte voor zich ziet. Per buurt is aangegeven welke warmteoplossing de voorkeur heeft en welke duurzame bronnen gebruikt worden. In de Beleidsnota is aangegeven dat de voorkeur collectieve warmteoplossingen zijn zoals warmtenetten ten opzichte van individuele oplossingen. Daarnaast wordt de voorkeur aan lokale bronnen gegeven, zoals bodemenergie (geothermie), warmte uit water en uit de bodem. Dit betekent dat een toename te verwachten is in het toepassen en gebruiken van beschikbare bronnen in de gemeente. In de provincie Utrecht zijn strategische grondwaterreserves aangewezen waarin beperkingen zijn opgelegd voor het toepassen van bodemenergie.

Voor geothermie zijn in de Beleidsnota Opwekgebieden voor Schone Energie Utrecht zoekgebieden aangewezen. Uit de studie Resultaten SCAN boringen De Bilt en Ede door EBN blijkt echter dat de potentie voor geothermie binnen de grenzen van de gemeente Utrecht zeer beperkt en economisch niet rendabel is. Naar aanleiding van deze studie heeft de gemeente Utrecht besloten om geothermie niet mee te nemen als duurzame bron in het Warmteprogramma.

¹⁰ ILT. Signaalrapportage: Risico's bij de aanleg van gesloten bodemenergiesystemen. 2021.

Beoordeling



Figuur 5.16 Beoordeling duurzame-energieopwekking

Tabel 5.8 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De huidige situatie is redelijk beoordeeld. Er staan al redelijk veel bodemenergiesystemen.
Autonome ontwikkeling	- Naar de toekomst toe wordt verwacht dat deze stijging in duurzame energieopwek doorzet. Door de concrete monitoring en sturing is het mogelijk om de doelen te halen.
Bandbreedte	- De onzekerheid of de totale benodigde hoeveelheid duurzame energie richting 2040 zich ontwikkelt is vrij groot. Met name vanwege de onzekerheid in hoeverre de bestaande energiepotentie efficiënt benut wordt (d.w.z. de juiste systemen gebruiken op de juiste plaats) maakt in relatie tot andere ruimteclaims de bandbreedte relatief breed.

5.2.4 Energienetwerk

Wat verstaan we onder deze indicator?

De indicator beschrijft in hoeverre de energie-infrastructuur georganiseerd en gebruikt wordt. Door duurzame opwekking van elektriciteit slim in te zetten is het mogelijk om het energienetwerk op piekmomenten minder te belasten: hiervoor is een combinatie van zon- wind- en bodemenergie van belang. Ook gaat deze indicator over de aanwezigheid en ontwikkeling van warmte- en koudenetten. Deze indicator beschrijft op welke manier het GGB interacteert met het ontwikkelen van deze energienetwerken.

Huidige situatie

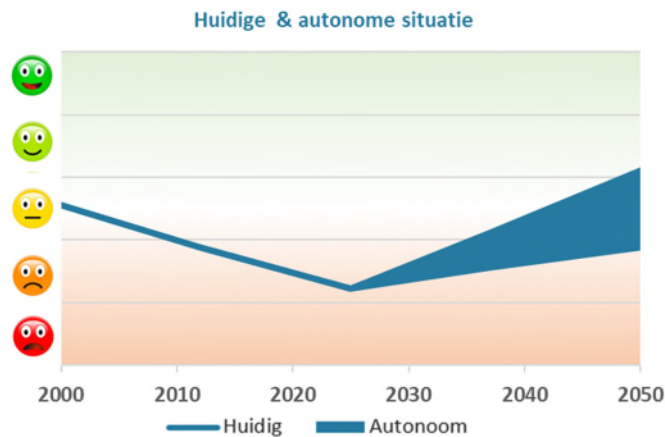
Op dit moment is het stroomnet van de gemeente Utrecht zodanig belast door netcongestie dat het niet mogelijk is om nieuwe gebruikers of nieuwe grootschalige opwek aan te sluiten. Daarom moet het stroomnet worden uitgebreid, onder andere door transformatorstations bij te bouwen. De gemeente werkt samen met netbeheerders TenneT en Stedin aan uitbreidingen van het netwerk. Netbeheerders verwachten dat er vanaf 2035 weer ruimte ontstaat voor nieuwe aansluitingen op het stroomnet. Verder ligt er een groot warmtenetwerk dat gevoed wordt door de biomassacentrale Lage Weide en enkele tienduizenden woningen en gebouwen van warmte voorziet.

Autonome ontwikkelingen

Landelijk maar ook lokaal neemt netcongestie toe. Door de toename van nieuwe vormen van elektriciteitsopwek kan het huidige systeem het transport van elektriciteit niet meer aan. Hierdoor hebben met name nieuwbouwplannen of plannen die overstappen van gas naar elektriciteit een probleem. De verwachting is dat dit ook na 2035 een onzekere factor blijft.

De komende decennia zullen er steeds meer duurzame warmte- en koudebronnen worden ontwikkeld. Bodemenergiesystemen worden gebruikt om de warmte en koude tijdelijk op te slaan. Warmte- en koudenetwerken zullen worden aangelegd om de opgewekte warmte en koude te transporteren en distribueren. Dit draagt bij aan een gebalanceerde energiemix wat netcongestie kan dempen.

Beoordeling



Figuur 5.17 Beoordeling energienetwerk

Tabel 5.9 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De huidige situatie is slecht beoordeeld vanwege de directe beperkingen op nieuwe aansluitingen en de complexiteit ten behoeve van verbetering.
Autonome ontwikkeling	- De autonome ontwikkeling kan verbeteren als netcongestie wordt aangepakt. Warmte- en koudnetwerken leveren hier een positieve bijdrage.
Bandbreedte	- De bandbreedte is aanzienlijk, met ruimte voor verbetering als wordt ingezet op slimme oplossingen en lokale netwerken.

5.2.5 Circulariteit

Wat verstaan we onder deze indicator?

Circulariteit of een kringloop/circulaire economie is een economisch en industrieel systeem waarin geen eindige grondstofvoorraden worden uitgeput en waarin reststoffen volledig opnieuw worden ingezet. De indicator beschrijft de invloed van het GGB op de mate waarin afval en grondstoffen opnieuw worden gebruikt en daarmee de mate van circulariteit in de gemeente Utrecht wel of niet versterkt.

Huidige situatie

De gemeente Utrecht zet met de Visie Utrecht Circulair en de Beleidsnota Utrecht Circulair 2030 in op de doelstellingen voor 2050 en 2030. Het totale materiaalgebruik in de gemeente Utrecht kan onderverdeeld worden in verschillende groepen. De industrie gebruikt het meeste materiaal, waarbij ruim 30% van de materialen door deze sector wordt geconsumeerd. Dit wordt gevolgd door huishoudens met bijna 20% en de sector productie en distributie van energie is met 10% de derde grootste consument van materialen¹¹. Uit onderzoek is gebleken dat ongeveer 90% van de materialen die voor de gebouwde omgeving en utiliteitsbouw worden gebruikt van primaire oorsprong zijn¹². Circa 8% van de materialen zijn van een secundaire bron en minder dan 3% van de materialen zijn hernieuwbare materialen. Circulariteit is nog weinig ingebed in huidige beleids-, bedrijfs- en productieprocessen, op basis van de circulaire nulmeting van de gemeente Utrecht. Dit speelt landelijk een rol maar ook op gemeenteniveau worden doelen met betrekking tot circulariteit niet behaald.

Autonome ontwikkelingen

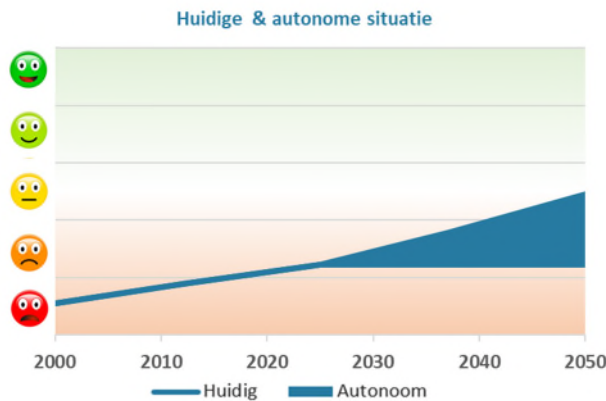
Het verminderen van het gebruik van primaire grondstoffen wordt nog te weinig toegepast, en hergebruik of recyclen ook. De verwachting is dat de situatie zich positief zal ontwikkelen, maar met een redelijke onzekerheidsmarge waarbij de huidige situatie zich ook door kan zetten.

¹¹ Metabolic. Circulaire Nulmeting gemeente Utrecht (2023).

¹² Metabolic. Circulaire Nulmeting gemeente Utrecht (2023).

Beoordeling

Het gebiedsgericht grondwaterbeheer heeft geen invloed op circulariteit en omgekeerd.



Figuur 5.18 Beoordeling circulariteit

Tabel 5.10 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De huidige situatie laat zien dat circulariteit nog in een beginfase zit. Ondanks beleidsambities is het gebruik van circulaire materialen nog zeer beperkt. De huidige situatie is 'slecht' beoordeeld.
Autonome ontwikkeling	- De kans is aanwezig dat de huidige situatie zich zonder extra maatregelen doorzet, tegelijkertijd is het ook mogelijk dat maatregelen positief uitpakken.
Bandbreedte	- De bandbreedte is breed, met name omdat het afhankelijk is van beleidskeuzes, innovatie en gedragsverandering.

5.3 Bodem en Water

5.3.1 Beleidskader

Tabel 5.11 Beleidskader bodem en water

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Europees beleid	
EU Soil Strategy 2030	De EU soil strategy 2030 bevat een kader en concrete stappen om de bodem (kwaliteit) te beschermen en te herstellen. Daarnaast vormt duurzaam gebruik van de bodem een belangrijk uitgangspunt. De bodemstrategie onderstreept de doelstelling om in 2027 een goede chemische en ecologische toestand van de oppervlaktewateren en een goede chemische kwantiteit en kwantiteit van het grondwater te bereiken. Op de lange termijn (2050) is het realiseren van klimaatneutraliteit een belangrijke pijler. Daarnaast ligt er de ambitie dat bodemverontreinigingen op de lange termijn niet meer schadelijk zijn voor mens en natuur.
EU Richtlijn bodemonitoring 2025	De EU bodemonitoringsrichtlijn stelt een kader voor het systematisch volgen van de toestand van Europese bodems. Deze richtlijn ondersteunt het streven naar duurzaam bodemgebruik en gezonde bodems en draagt bij aan het voorkomen van verdere degradatie.
Kaderrichtlijn water (KRW)	In de Kaderrichtlijn Water hebben Europese lidstaten gezamenlijk afspraken gemaakt over de kwaliteit van het oppervlaktewater en grondwater. In 2027 moeten de KRW-waterlichamen in een goede ecologische toestand verkeren en chemisch van goede kwaliteit zijn.
Grondwaterrichtlijn	De grondwaterrichtlijn geeft verdere invulling aan de chemische aspecten voor grondwater in relatie tot de KRW.
Drinkwaterrichtlijn	De drinkwaterrichtlijn beschermt de gezondheid van mensen tegen schadelijke gevolgen van verontreinigingen in het drinkwater. De drinkwaterrichtlijn stelt minimumvereisten voor de kwaliteit van drinkwater, inclusief microbiologische en chemische parameters, en bevat hygiënevoorschriften voor materialen die in contact komen met drinkwater.
Nationaal beleid	
Omgevingswet	De omgevingswet richt op het voorkomen van verontreiniging en het bevorderen van duurzaam gebruik van water en bodem. In de omgevingswet staan normen voor de waterkwaliteit, grondwaterbescherming en de bodemkwaliteit. Voor het thema bodem moet voldaan worden aan de normen die in het Besluit bodemkwaliteit toegelicht worden. Verder kan het omgevingsplan van een gemeente specifieke regels bevatten over de bescherming van de bodem en water.
Overgangsrecht omgevingswet	Het huidige GGB valt onder het overgangsrecht tot 31 december 2027. Na deze periode wordt het GGB automatisch omgezet in een onverplicht programma onder de Omgevingswet.
NOVI, Contourennotitie Novi Programma	De contourennotitie van het NOVI Programma Bodem, Ondergrond en Grondwater streeft naar "vitale bodems, een efficiënt en duurzaam ingerichte ondergrond en voldoende grondwater van goede kwaliteit". Een vitale bodem kan de gewenste ecosysteemdiensten leveren en is in balans op chemisch, fysisch en biologisch vlak. Duurzaam gebruik van

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Bodem, Ondergrond en Grondwater	water, bodem en ondergrond wordt gewaarborgd door rekening te houden met het functioneren van deze elementen als natuurlijk systeem. Functies worden toegewezen aan locaties die van nature het meest geschikt zijn en passen bij de eigenschappen van het bodem-watersysteem. Hierdoor zijn benutten en beschermen in evenwicht. Kringlopen van (voedings)stoffen, water en energie worden in stand gehouden of hersteld, en verontreinigingen worden zoveel mogelijk voorkomen. Bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen worden bovengrond en ondergrond vanaf het begin van de planvorming in samenhang bekeken, met driedimensionale ruimtelijke ordening als centraal uitgangspunt.
Drinkwaterwet (2024)	Alle overheden hebben een zorgplicht voor het duurzaam veiligstellen van de drinkwatervoorziening.
Structuurvisie Ondergrond (STRONG) (2018)	STRONG bevat het landelijk beleid voor activiteiten die in de ondergrond plaatsvinden. Doel is om ondergrondse activiteiten duurzaam, veilig en efficiënt te laten plaatsvinden.
Water en bodem sturend, beleidsbrief Tweede Kamer, 2022	Om de risico's en gevolgen van wateroverlast, bodemdaling, verdroging, bodem- en waterverontreiniging, hittestress en biodiversiteitsverlies te beperken roept de WBS brief op bij ruimtelijke keuzes rekening te houden met de staat en kwaliteit van de ondergrond en de natuurlijke dynamiek van het water. Het kabinet wil ervoor waken dat het beleidsprincipe 'water en bodem sturend' belemmerend werkt in ruimtelijke (woningbouw) plannen. Daarom is er in oktober 2024 een aanvullende brief gestuurd waarin de termen 'rekening houden met' en 'water en bodem belangrijk' het principe 'water en bodem sturend' vervangen.
Bestuurlijke afspraken Bodem en Ondergrond 2023-2030	In de bestuurlijke afspraken Bodem en ondergrond 2023-2030 is vastgesteld dat de overheden op nationaal, provinciaal en gemeentelijk niveau samen werken aan integraal bodem beleid. Het bodembeleid wordt ingebed vanuit de brede context met het bodem en watersysteem als sturend principe. Er is onder andere afgesproken dat de restopgave voor spoedlocaties, gebiedsgericht grondwaterbeheer, waterbodem en nazorg zo spoedig mogelijk en zoveel als mogelijk worden afgerond voor 2030.
Provinciaal beleid	
Bodem en waterprogramma 2022-2027 (2022)	Het programma beschrijft hoe de provincie Utrecht werkt aan een duurzaam bodem- en watersysteem. In samenwerking met andere betrokken partijen ontwikkelt de provincie Utrecht een gebiedsgerichte 3D-systematiek. Deze systematiek wordt ingezet zodat de ondergrond integraal, gebiedsgericht, driedimensionaal en gekoppeld met (bovengrondse) maatschappelijke opgaven wordt beschouwd, gericht op veilig en duurzaam gebruik.
Omgevingsverordening	In de omgevingsverordening staan regels die van toepassing zijn op de bodem en het grond- en oppervlaktewatersysteem. Matigkwetsbare en kwetsbare strategische grondwatervoorraden zijn door de provincie aangewezen om ook in de toekomst voldoende grondwater te hebben voor de drinkwatervoorzieningen. In deze beschermingszones geldt een zorgplicht voor grondwater. Bij ruimtelijke ontwikkelingen in en op de bodem moet rekening worden gehouden met het drinkwaterbelang.
Leidraad afkoppelen en infiltreren afstromend hemelwater	Ter aanvulling op de omgevingsverordening is de Leidraad afkoppelen en infiltreren afstromend hemelwater opgesteld. Hierin staan regels en richtlijnen voor het afkoppelen en infiltreren van hemelwater waarbij een goede kwaliteit van het grondwater gewaarborgd blijft. Het gebruik van de Leidraad is verplicht wanneer hemelwater wordt afgekoppeld en geïnfiltreerd in een grondwaterbeschermingsgebied.
Uitvoeringsprogramma drinkwater 2021-2027	Het uitvoeringsprogramma drinkwater bevat de maatregelen die de basis vormen voor het behalen van de (rest) opgaven voor het veiligstellen van duurzame(drink)waterwinning in de toekomst. Hierin zijn 13 algemene maatregelen en 16 winning specifieke maatregelen vastgelegd.
Gemeentelijk beleid	
Visie water en riolering (2022)	Utrecht wil een gezonde stad zijn voor iedereen. Daarom zorgt de gemeente ervoor dat het water- en rioleringssysteem in Utrecht gezond, betrouwbaar en klaar is voor de toekomst.
Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer en visie op duurzaam gebruik van de ondergrond (2016)	Gemeente Utrecht zet zich in voor het duurzaam omgaan met de bodem en het grondwater. Een duurzaam, klimaatbestendig beheer van de bodem is belangrijk voor een veilige en gezonde leefomgeving. Om de balans tussen bescherming en gebruik van het grondwater te bewaken, legde de gemeente Utrecht een aantal voorwaarden en uitgangspunten vast in beleid. Bijvoorbeeld tot welke diepte geboord mag worden voor bodemenergie en wat er gedaan moet worden om de (grond)waterkwaliteit te beschermen en verbeteren.
Nota bodembeheer 2017-2027 (2017)	Gemeente Utrecht zet zich in voor het duurzaam omgaan met de bodem. Een duurzaam, klimaatbestendig beheer van de bodem is belangrijk voor een veilige en gezonde leefomgeving. In de nota bodembeheer staat beleid voor het opnieuw gebruiken van grond in de gemeente Utrecht beschreven.
Beleidsnota Ondergrond 2025 – 2035	De beleidsnota sluit aan bij de opdracht uit de Omgevingswet om een veilige en gezonde fysieke leefomgeving en goede omgevingskwaliteit te realiseren, en deze doelmatig te beheren, te gebruiken en te ontwikkelen. Voorts, geeft de beleidsnota invulling aan het Rijksbeleid ten aanzien van regie op de ruimtelijke ordening en daarin water en bodem richtinggevend te maken.
Verordening interferentie gebieden bodemenergiesystemen	De Verordening Interferentiegebieden Bodemenergiesystemen van de gemeente Utrecht richt zich op het reguleren van bodemenergiesystemen om negatieve interferentie te voorkomen en een efficiënt gebruik van bodemenergie te bevorderen.
Waterschapsbeleid	
Waterbeheerprogramma HDSR	Het Waterbeheerprogramma van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) voor 2022-2027 beschrijft de ambities en inzet voor schoon en gezond water, duurzaamheid, en een waterveilig en klimaatbestendig gebied

5.3.2 Oppervlaktewaterkwantiteit

Wat verstaan we onder deze indicator?

Oppervlaktewater is van groot belang voor de waterhuishouding in de gemeente Utrecht en daarbuiten, zowel voor beheer van te veel als te weinig water. Zowel landbouw als natuur zijn sterk afhankelijk van het beschikbare oppervlaktewater. Natuurlijke infiltratie van oppervlaktewater draagt bij aan de aanvulling van grondwatervoorraden en heeft daarmee ook indirect invloed op de verspreiding van verontreinigingen die in de ondergrond aanwezig zijn. Naast de rol in de waterhuishouding, draagt oppervlaktewater binnen stedelijk gebied bij aan het stadsbeeld, recreatie en toerisme, en zorgt het voor verkoeling. De kwantiteit van oppervlaktewater is belangrijk voor de economie van de gemeente Utrecht. Bij de indicator oppervlaktewaterkwantiteit is gekeken naar het functioneren van het oppervlaktewater systeem: de beschikbaarheid van oppervlaktewater, oppervlaktewateroverlast en de aanwezigheid van kwel- en infiltratiegebieden.

Huidige situatie

Oppervlaktewatersysteem

De gemeente Utrecht heeft circa 250 km watergangen in beheer. De grote oppervlaktewateren in de gemeente zijn de Kromme Rijn, de Leidsche Rijn, de Vecht, het Amsterdam-Rijnkanaal, Nedereindse Plas en de Haarrijnseplas.

Het oppervlaktewatersysteem in Utrecht kan ruwweg worden onderverdeeld in drie deelsystemen. Uiteindelijk voeren alle deelsystemen het oppervlaktewater af richting de Noordzee via het Amsterdam-Rijnkanaal (Zie Figuur 5.19).



Figuur 5.19 Het oppervlaktewater systeem in de gemeente Utrecht [5]

Het oppervlaktewatersysteem ten oosten van het Amsterdam-Rijnkanaal wordt gevoed door de Kromme Rijn. Per seconde wordt er 6.000 tot 8.000 liter water de stad ingevoerd. Dit water is voedselrijk als gevolg van de landbouw in het aanvoergebied en de lozingen van de RWZI op de Kromme Rijn. Via de Vecht verlaat het water dit deelgebied [5].

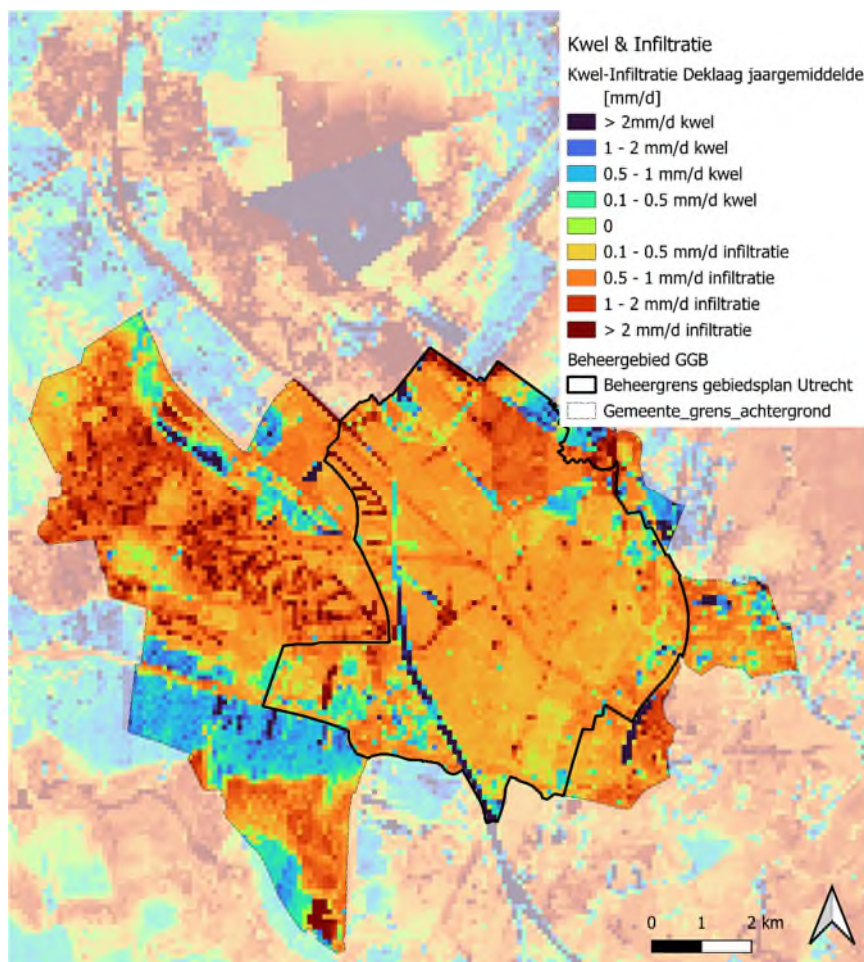
Het deelgebied ten noorden van de Leidsche Rijn wordt voornamelijk gevoed door hemelwater (neerslag). Het oppervlaktewater wordt zoveel mogelijk binnen dit deelgebied behouden en gecirculeerd. Hemelwater infiltreert binnen het gebied via greppels, wadi's en infiltratievoorzieningen. Het geïnfiltreerde grondwater komt weer aan het oppervlak op de laagste plekken binnen het gebied (de Haarrijnseplas en de wijk Terwijde). Het watersysteem is toekomstbestendig ingericht. Dat wil zeggen dat er, met het oog op klimaatverandering - met een toename van hevige regenbuien en langere periodes van droogte - voldoende capaciteit in het oppervlak watersysteem is om

deze weersextremen op te vangen. Bij hevige regenval is er voldoende bergingscapaciteit en blijft afvoer op het Amsterdam-Rijnkanaal beperkt. Daarnaast is er bij droog weer slechts beperkte aanvoer van water nodig [5].

Het deelgebied rondom De Meern, ten zuiden van de Leidsche Rijn en een deel van de polder Rijnenburg, wordt gevoed en doorgespoeld met water uit de Leidsche Rijn afkomstig uit het Amsterdam-Rijnkanaal. Overtollig water uit het gebied wordt afgevoerd via de plas Veldhuizen richting de polders bij Harmelen. Vanuit de polder wordt het water opgepompt richting het Amsterdam-Rijnkanaal. Hiermee wordt de doorspoeling in dit deelgebied en de plas Veldhuizen gewaarborgd [5].

Kwel en natuurlijke infiltratie

In grote delen van de gemeente Utrecht en het beheergebied is er sprake van infiltratie (wegzijging). Langs de noord – en oostkant van de stad zijn diverse locaties die sterk gevoed worden door grondwater, vooral afkomstig van de Utrechtse Heuvelrug, dat onder druk opwelt vanuit de ondergrond. Dit water wordt ook wel aangeduid als kwel. In het buitengebied ten zuiden van de A12 is in de huidige situatie sprake van matige kwel. Zowel kwel als infiltratie beïnvloeden de stromingspatronen in het grondwatersysteem. In Figuur 5.20 zijn de kwel- en infiltratiesituatie weergegeven zoals deze met het Nationaal Water Model zijn berekend.

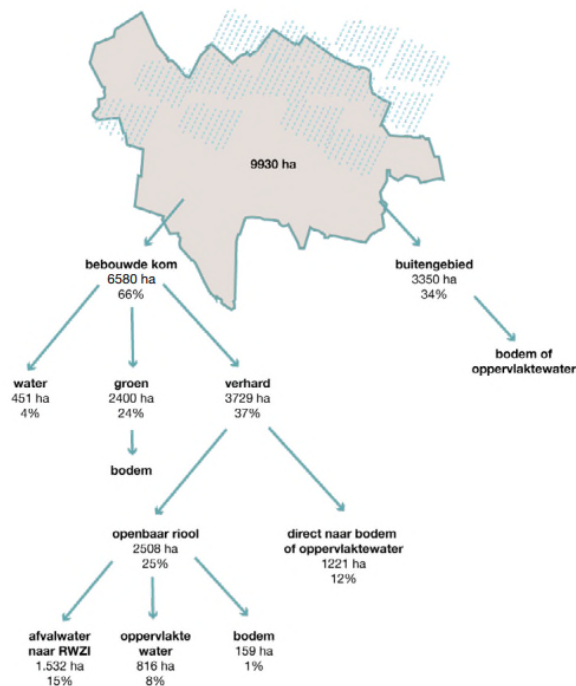


Figuur 5.20 Kwel en infiltratie (wegzijging) situatie gemeente Utrecht [6]

Hemelwater en het oppervlaktewatersysteem

De verwerking van hemelwater heeft invloed op de kwantiteit en kwaliteit van het oppervlaktewater en de infiltratie in het grondwatersysteem (Zie ook de paragraaf oppervlaktewaterkwaliteit). Ongeveer tweederde van het gemeentelijke oppervlak (6.580 ha) behoort tot de bebouwde kom (Zie Figuur 5.21). Binnen deze bebouwde kom was in 2020 circa 57% van het oppervlak (3.729 ha) verhard. Hemelwater dat valt op verharde oppervlak spoelt voor een deel af richting het oppervlaktewatersysteem (ca. 34%). Het resterende hemelwater wordt afgevoerd via het openbare rioolstelsel. Circa 40% van dit water wordt via een gescheiden riool geloosd op het oppervlaktewater of infiltreert direct in de bodem.

Het overige hemelwater komt via de rioolwaterzuiveringsinstallatie in het oppervlaktewater terecht [5]. Het resterende oppervlak binnen de bebouwde kom bestaat uit water (7%, 451 ha) en groen (36%, 2.400 ha). Daar kan het hemelwater infiltreren in de bodem of worden geloosd op sloten, vijvers, grachten en kanalen in de stad. Buiten de bebouwde kom infiltreert het hemelwater direct in de bodem of wordt hemelwater geloosd op de aanwezige watergangen.

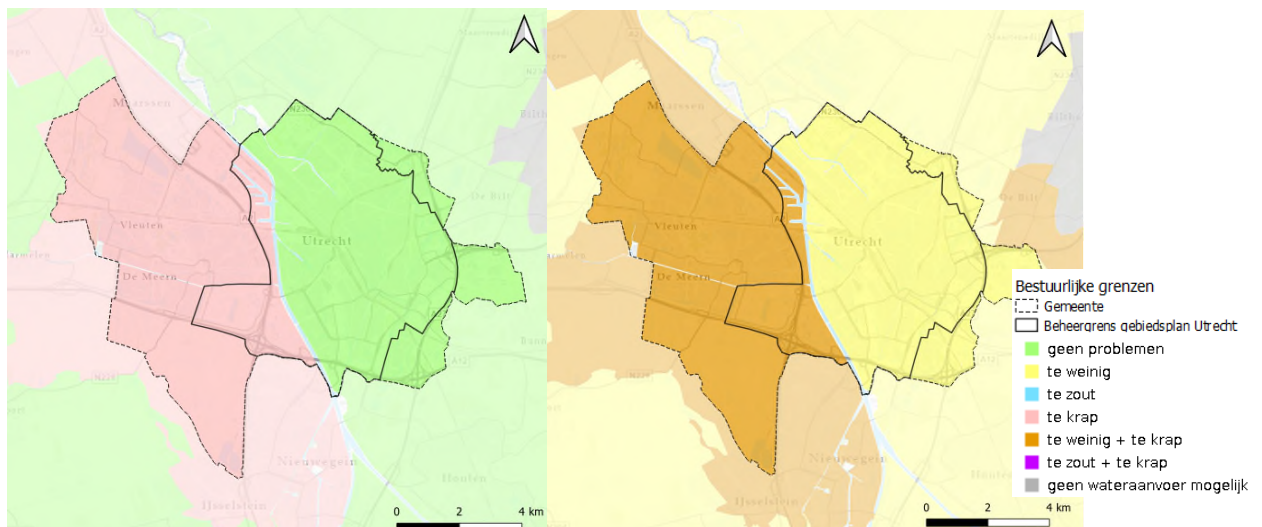


Figuur 5.21 Verwerking van hemelwater in de gemeente Utrecht [5].

Autonome ontwikkelingen

Door klimaatverandering ontstaan mogelijk watertekorten. Bij een tekort aan oppervlaktewater kunnen landbouw, natuur en stedelijke gebieden problemen ondervinden. Voldoende oppervlaktewater is van onmisbaar voor peilbeheer en het doorspoelen van watergangen. Het doorspoelen van watergangen is belangrijk om de waterkwaliteit te behouden en accumulatie van verontreinigingen te voorkomen.

In Figuur 5.22 is het verwachte tekort aan beschikbaar oppervlaktewater in 2050 weergegeven. Bij een hoog scenario van klimaatverandering is er, in een jaar met gemiddelde regenval en temperaturen, sprake van krapte in de hoeveelheid beschikbaar oppervlaktewater in het westelijke deel van de gemeente. Dit betekent dat er dan onvoldoende capaciteit in het regionale watersysteem is om water in het gebied te laten en door te voeren. In een extreem droog jaar is er in dit scenario - naast krapte in het regionale watersysteem - ook te weinig water beschikbaar. Te weinig water en krapte in het regionale watersysteem kunnen leiden tot een beperkingen in het peilbeheer, de doorspoeling en het gebruik van oppervlaktewater voor gebruiksfuncties als recreatie en de landbouw. Lage waterstanden veroorzaken problemen voor de waterhuishouding. Daarnaast resulteert een tekort aan oppervlaktewater in minder infiltratie. Dit heeft mogelijk gevolgen op de aanvulling en stroming van grondwater en de verspreiding van verontreinigingen die in het grondwater aanwezig zijn.



Figuur 5.22 Tekort oppervlaktewater in 2050 bij een hoog scenario van klimaatverandering in een gemiddeld jaar (links) een extreem droog jaar (rechts) (Nationaal watermodel, 2019)

Maatregelen als het afkoppelen van hemelwater, vergroening en het aanleggen van infiltratievoorzieningen hebben invloed op de oppervlaktewaterkwantiteit. In de komende 30 jaar zal de gemeente Utrecht ongeveer 500 km riolering vernieuwen. Tijdens de aanleg van het nieuwe rioleringsstelsel wordt er ook gewerkt aan de klimaatbestendigheid van de afvalwaterafvoer: het hemelwater wordt gescheiden van de afvoer van het afvalwater en gaat niet meer naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Hierdoor kan hemelwater langer in de stad worden vastgehouden. Dit zorgt er ook voor dat de riooloverstorten bij hevige regenval minder vaak in werking hoeven te treden. Dit verbetert de kwaliteit van het oppervlaktewater. Tijdens het vervangen van de riolen wordt ook de niet-functionele verharding (bijvoorbeeld opritten of andere oppervlakken die – deels of volledig – verhard zijn met materialen zoals beton of asfalt, zoveel mogelijk omgezet naar bomen en ander groen [5].

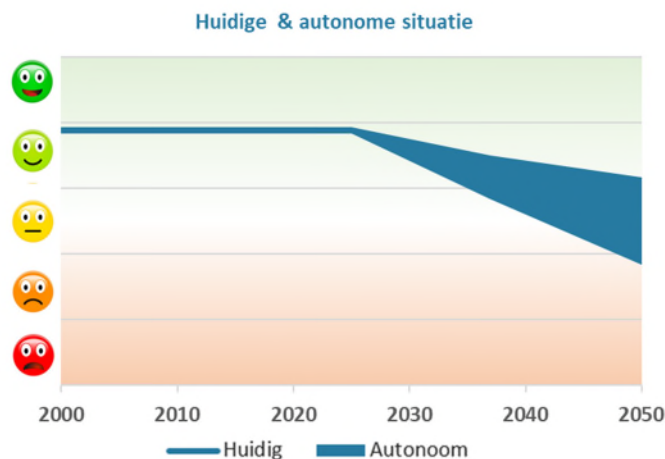
Het geohydrologisch model biedt geen inzicht in veranderingen in kwel en infiltratie in 2050 als gevolg van ontwikkelingen zoals woningbouw. De toename van OBES in het 1^e watervoerende pakket in het referentiescenario is wel met het geohydrologische model bepaald; dit heeft geen grote impact op kwel en infiltratie omdat de hoeveelheid grondwater binnen het watervoerende pakket gelijk blijft en niet over grote afstanden wordt verplaatst.

Beoordeling

De indicator oppervlaktewaterkwantiteit is voor de huidige situatie onder normale omstandigheden als goed beoordeeld. Er is voldoende oppervlaktewater beschikbaar voor het uitvoeren van de verschillende gebruiksfuncties. Er is voldoende bergingscapaciteit beschikbaar en overtollig water kan worden afgevoerd via het watersysteem.

De geplande maatregelen, zoals het afkoppelen van hemelwater en het verwijderen van niet-functionele verharding, zijn bedoeld om de klimaatbestendigheid van het gebied te vergroten. Het is onzeker of deze maatregelen voldoende zijn om alle klimaateffecten te mitigeren.

Daarnaast is in het westelijke deel van de gemeente een grote kans op krapte in de aanvoer en beschikbaarheid van oppervlaktewater bij lange perioden van droogte. Dit kan de doorstroming belemmeren. De referentiesituatie wordt daarom als matig tot redelijk beoordeeld. Ondanks de geplande maatregelen blijft het onzeker of er in de toekomst voldoende oppervlaktewater beschikbaar zal zijn om voldoende oppervlaktewater voor landbouw, natuur en doorstroming in de binnenstad te borgen.



Figuur 5.23 Beroordeling oppervlaktewaterkwantiteit

Tabel 5.12 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- Gelet op de beschikbare afvoer, doorvoer en bergingscapaciteit is het oppervlaktewatersysteem in Utrecht goed uitgerust voor de huidige situatie. Dit leidt tot een "goede" beoordeling voor de huidige situatie.
Autonome ontwikkeling	- Door klimaatverandering is er een risico op een tekort aan oppervlaktewater in het westelijke deel van de gemeente. De situatie zal waarschijnlijk verslechteren in de toekomst.
Bandbreedte	- Ondanks de geplande maatregelen blijft het onzeker of er in de toekomst voldoende oppervlaktewater beschikbaar zal zijn. Deze onzekerheid wordt weergegeven door de aanzienlijke bandbreedte.

5.3.3 Oppervlaktewaterkwaliteit

Wat verstaan we onder deze indicator?

De kwaliteit van oppervlaktewater is belangrijk voor de ecologie, economie en gezondheid in de gemeente Utrecht. Bij de indicator oppervlaktewaterkwaliteit wordt gekeken naar de aanwezigheid van vervuiling, de status van de ecologische en chemische doelstellingen voor de oppervlaktewateren, mede op basis van de bescherming vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW). De KRW gaat onder andere uit van geen achteruitgang van de huidige toestand van het oppervlaktewater. HDSR en de gemeente Utrecht hebben in 2020 als doel gesteld om al het oppervlaktewater aan de KRW-doelen te laten voldoen. De Uitspraak van het Hof van Justitie (21-9-2023) over richtlijn 2000/60 sluit hierop aan: 'Een project mag geen achteruitgang van de toestand van een oppervlaktewaterlichaam veroorzaken. Dit geldt voor alle oppervlaktewaterlichamen, dus niet alleen voor KRW-wateren'.

Huidige situatie

De kwaliteit van het oppervlaktewater wordt beïnvloed door verschillende aspecten. De belangrijkste aspecten zijn de aan- en doorvoer van water door het gebied, lozingen, de aanwezigheid van (voedselarme¹³) kwel, nutriënten beschikbaarheid en afspoeling van vervuiling. Over het algemeen heeft het oppervlaktewater in deelgebied Leidsche Rijn een betere waterkwaliteit dan de deelgebieden ten oosten van het Amsterdam-Rijnkanaal en rondom de Meern. Dit komt omdat deelgebied Leidsche Rijn voornamelijk wordt gevoed vanuit hemelwater en er geen voedselrijk water vanuit de Kromme Rijn wordt ingevoerd [5].

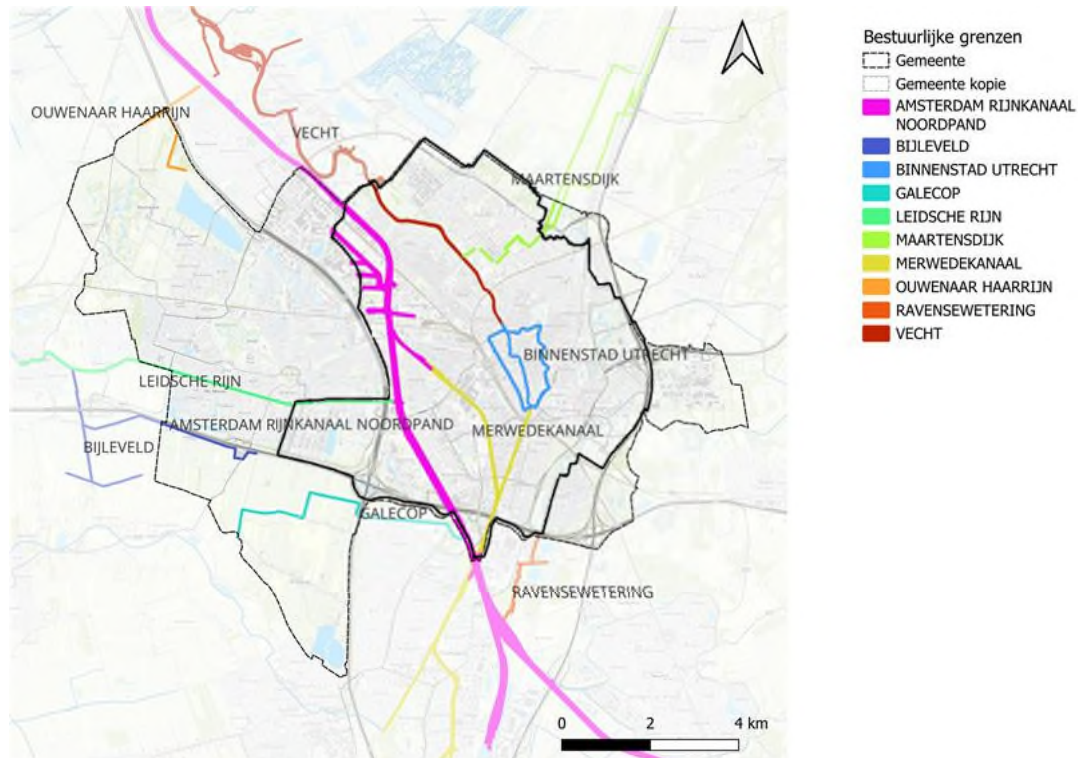
In gebieden waar grondwater aan de oppervlakte komt als gevolg van kwel is er in principe een risico op vervuiling van het oppervlaktewater vanuit het grondwater. In het recente geohydrologisch model (2026) is de verspreiding van de maatgevende grondwaterverontreinigingen in het 1^e en 2^e watervoerende pakket gemodelleerd. Op basis van de modelresultaten is in de huidige situatie geen sprake van verontreiniging van de oppervlaktewateren. De gemodelleerde stoffen infiltreren in de bodem en zakken uit naar de diepere bodemlagen omdat zij zwaarder zijn

¹³ Voedselarme kwel bevat van nature weinig voedingsstoffen, zoals fosfaat en stikstof. Wanneer deze kwel in contact komt met voedselrijk (met veel voedingsstoffen) oppervlaktewater, kan dit leiden tot een verdunning van de voedingsstofconcentraties. Hierdoor neemt het risico op eutrofiëring af, wat op zijn beurt de kans op algenbloei en daarmee samenhangende vissterfte vermindert.

dan water. Ze komen vervolgens niet aan de oppervlakte als gevolg van kwel. Daarnaast zijn verontreinigingen volledig afgebroken voordat deze het oppervlaktewater bereiken.

KRW-oppervlaktewateren

Binnen de gemeente Utrecht bevinden zich verschillende oppervlaktewateren met een KRW-status (Zie Figuur 5.24).



Figuur 5.24 KRW-oppervlaktewateren.

Voor de chemische toestand van een oppervlaktewaterlichaam wordt binnen de KRW getoetst op de aanwezigheid van ubiquitaire en niet-ubiquitaire stoffen. Ubiquitaire stoffen zijn stoffen die niet meer geloosd mogen worden maar door nalevering uit de bodem of het sediment nog wel in het oppervlaktewater aanwezig zijn. Voor de ecologische toestand van een oppervlaktewaterlichaam kijkt de KRW naar de deelaspecten biologie, fysische chemie en de aanwezigheid van specifiek verontreinigende stoffen. De waterkwaliteit van het oppervlaktewater in de gemeente Utrecht voldoet – op basis van deze parameters - nog niet aan de ecologische en chemische doelstellingen vanuit de KRW, zie de onderstaande tabel [7]. De slechte chemische kwaliteit wordt niet veroorzaakt door VOCL maar door andere stoffen, zoals zware metalen en PAK.

Tabel 5.13 Toestandsoordeel KRW oppervlaktewaterlichamen binnen de gemeente Utrecht [7].

Oppervlaktewaterlichaam	Chemische kwaliteit	Ecologische kwaliteit
Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand	Slecht	Matig
Leidsche Rijn	Slecht	Matig
Galecop,	Slecht	Matig
Merwedekanaal	Slecht	Matig
Maartensdijk	Slecht	Matig
Vecht	Slecht	Matig
Kromme Rijn	Slecht	Matig
Binnenstad Utrecht	Slecht	Slecht

Kwetsbare wateren

In het huidige gebiedsplan zijn een aantal gebieden benoemd als kwetsbare wateren. Het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden werkt aan een update van de lijst met kwetsbare wateren. Deze gaat onderdeel uitmaken van de hernieuwde waterschapsverordening. Het lozen van verontreinigde stoffen zal minder snel worden toegestaan op deze wateren, vanwege de bijzondere kenmerken van deze wateren.

Zwemwateren

Er zijn in de gemeente Utrecht verschillende officiële zwemwateren. Dit zijn de Strijkviertelplas, Voorveldse Polder en de Haarrijnseplas. Uit het onderzoek t.b.v. het huidige gebiedsplan is geconcludeerd dat bodem- of grondwaterverontreinigingen momenteel geen bedreiging vormen voor het zwemwater Strijkviertelplas en de Haarrijnseplas. In dit onderzoek wordt de Voorveldse Polder niet genoemd [8]. In het recente geohydrologisch model is de verspreiding van verontreinigingen in het 1^e en 2^e watervoerende pakket gemodelleerd. Uit de modelresultaten blijkt dat eventuele verontreinigingen volledig zijn afgebroken voordat de zwemlocaties zijn bereikt.

Autonome ontwikkelingen

KRW-maatregelen

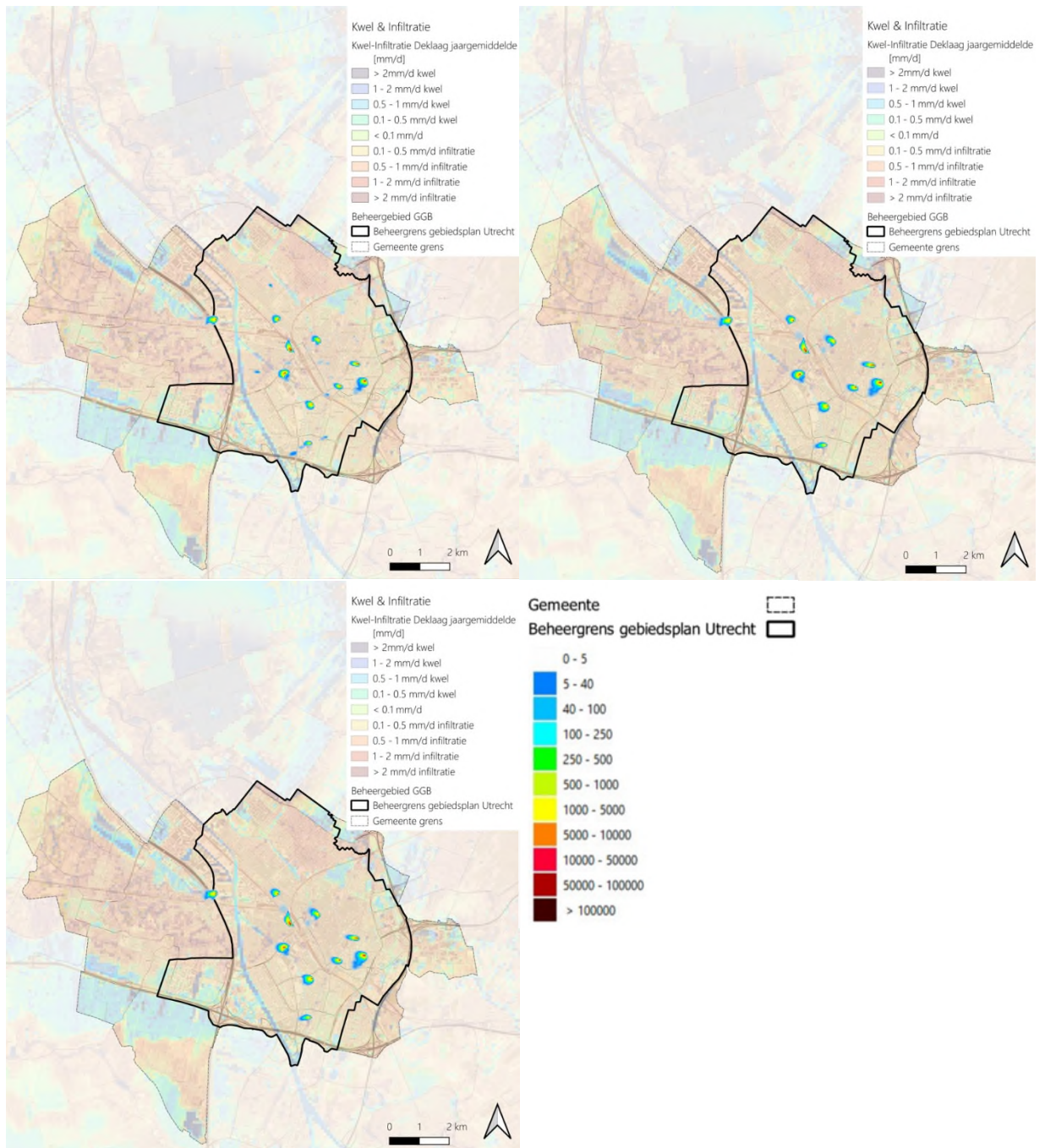
In maart 2024 heeft de provincie Utrecht de Notitie Handelingsperspectief Kaderrichtlijn Water (KRW) naar buiten gebracht. Met dit handelingsperspectief hoopt de provincie de KRW-doelstellingen in 2027 te behalen. Een belangrijk onderdeel van dit plan is het voortzetten van het Nationaal Strategisch Plan en het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid voor de KRW. In aanvulling op het Handelingsperspectief is sinds april 2025 ook het Uitvoeringsprogramma Impuls KRW van kracht in de provincie Utrecht. Dertien aanvullende maatregelen richten zich op het verminderen van de emissie van gewasbeschermingsmiddelen, chemische stoffen en nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater, het waarborgen van voldoende grondwatervoorraad, een goede ruimtelijke inrichting, en op versterkte samenwerking en handhaving tussen verschillende overheden

Een deel van de nutriënten in het oppervlaktewater is afkomstig uit stedelijke gebieden. Riolwaterzuiveringsinstallaties lozen meststoffen, (micro)plastics en medicijnresten op het oppervlaktewater. Bij de renovatie van RWZI's wordt ingezet op de aanvullende verwijdering van nutriënten, (micro)plastics en medicijnresten [9].

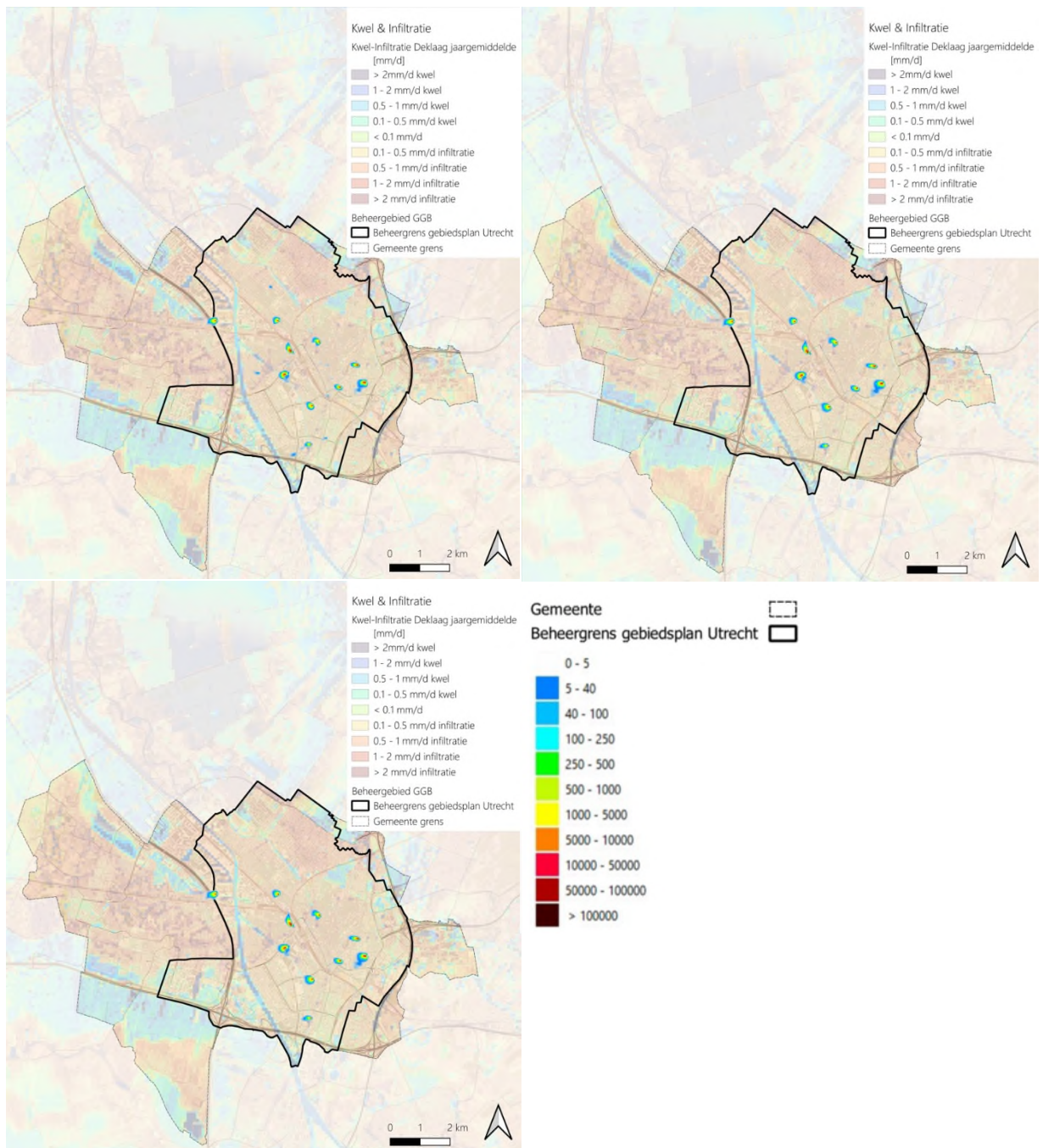
Naast inzet vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW) en renovaties van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's), dragen ook de aanpak van indirecte lozingen, riooloverstorten, directe lozingen op oppervlaktewater, atmosferische depositie en diffuse bronnen bij aan een betere oppervlaktewaterkwaliteit. Het beleid beperkt, door bijvoorbeeld het actualiseren van vergunningen en handhaving, de emissies van verontreinigingen vanuit verschillende bronnen, en draagt bij aan het behalen van de ecologische en chemische doelen van de KRW.

Verspreiding grondwaterverontreinigingen

Uit het geohydrologisch model blijkt dat de grondwaterverontreinigingen zich in de toekomst over een groter gebied hebben verspreid en zich zeer langzaam richting de kwelgebieden in het noordoosten van de gemeenten of de Bethunepolder verplaatsen maar deze in 2100 niet bereiken [3]. (Zie Figuur 5.25 en Figuur 5.26). Daarnaast laat de grondwatermodellering zien dat eventuele verontreinigingen volledig zijn afgebroken voordat de kwelgebieden zijn bereikt.



Figuur 5.25 Gemodelleerde verspreiding VC in µg/l in het 1^e watervoerende pakket in 2024 (links boven), in 2050 (rechts boven) en 2100 (links onder)



Figuur 5.26 Gemodelleerde verspreiding CIS in $\mu\text{g/l}$ in het 1^e watervoerende pakket in 2024 (links boven), in 2050 (rechts boven) en 2100 (links onder)

Lozing bemalingswater op het oppervlaktewater

Bij bouwprojecten waarbij bronbemaling vereist is, zoals nieuwbouw, bestaat de kans dat binnen de gebieden met grondwaterverontreiniging bronbemalingswater op het oppervlaktewater wordt geloosd. Het lozen van vervuild bronbemalingswater is echter niet toegestaan. Bronbemalingswater moet worden gezuiverd en voldoen aan de voorschriften in de waterschapsverordening als dit wordt geloosd op regionaal oppervlaktewater en aan algemene regels of voorschriften in het omgevingsplan als het wordt geloosd op riolering. Daarnaast kan het bevoegde gezag voorschriften opnemen over het lozen van bronbemalingswater in de omgevingsvergunning of als maatwerkvoorschrift als er algemene regels gelden. Binnen de huidige wet- en regelgeving is de kans op verslechtering van het oppervlaktewaterkwaliteit als gevolg van bronbemaling dus verwaarloosbaar.

Klimaatverandering

Ook klimaatverandering vormt een risico voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Door langere periodes van droogte en hogere temperaturen kan de kwaliteit van wateren die nu voldoen aan de KRW-doelstellingen, verslechteren [5].

Bevolkingsgroei gemeente Utrecht

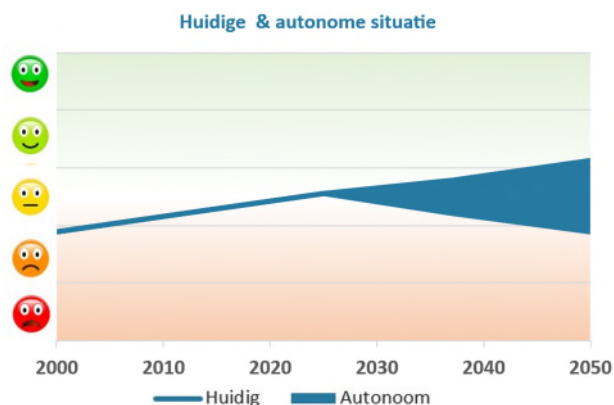
De gemeente Utrecht verwacht een sterke bevolkingsgroei, met meer dan 100.000 nieuwe inwoners, richting 2050 [10]. Deze bevolkingsgroei zorgt voor een grotere belasting van de rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Hoewel de huidige lozingsnormen blijven gelden, neemt het risico toe dat vervuiling van het oppervlaktewater ontstaat door lozingen vanuit RWZI's. Dit komt niet alleen door de toename van nutriënten in het afvalwater, maar ook door toename moeilijk te verwijderen stoffen, zoals medicijnresten en microverontreinigingen.

Beoordeling

De oppervlaktewaterkwaliteit in Utrecht is de afgelopen jaren verbeterd. De inspanningen om de KRW-doelstellingen (Kaderrichtlijn Water) te behalen, hebben hieraan bijgedragen.

In de referentiesituatie kan verwacht worden dat de waterkwaliteit verder verbetert door de doorwerking van de KRW-doelstellingen en renovaties en vernieuwingen van rioolwaterzuiveringen. Er zijn echter ook risico's voor de toekomst. Door toename van de bevolking neemt de druk op de rioolwaterzuiveringsinstallaties toe. De afkoppeling van regenwater kan resulteren in meer vervuiling van het oppervlaktewater, waardoor de kwaliteit juist kan verslechteren. Daarnaast kan de waterkwaliteit verslechteren doordat er, als gevolg van klimaatverandering (zie oppervlaktewaterkwaliteit), weinig doorstroming is. De verspreiding van verontreinigd grondwater vormt geen bedreiging voor de oppervlaktewaterkwaliteit in 2050 en 2100.

Over het algemeen wordt de huidige situatie als "neutraal" beoordeeld, maar er is onzekerheid over het behoud van de oppervlaktewaterkwaliteit in de toekomst. De waterkwaliteit kan zowel verbeteren door de verdere doorwerking van de Kaderrichtlijn Water (KRW) als verslechteren door bevolkingsgroei, klimaatverandering en de toenemende afstroming van regenwater met mogelijke vervuilingen.



Figuur 5.27 Beoordeling oppervlaktewaterkwaliteit

Tabel 5.14 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De oppervlaktewaterkwaliteit in de gemeente Utrecht is in de afgelopen jaren verbeterd maar voldoet nog niet overall aan de doelstellingen. Dit leidt tot een "neutrale" beoordeling voor de huidige situatie.
Autonome ontwikkeling	- Door verdere verbeteringen aan het oppervlaktewatersysteem en de aanpak omtrent directe en indirecte lozingen kan de waterkwaliteit verbeteren. De afkoppeling van hemelwater leidt mogelijk tot nieuwe vervuilingen in het oppervlaktewatersysteem. Klimaatverandering kan de waterkwaliteit verslechteren o.a. door beperkte doorspoeling van het oppervlaktewatersysteem. Al met al kan geconcludeerd worden dat de situatie zowel kan verslechteren als verbeteren.
Bandbreedte	- Het is niet exact duidelijk wat de effectiviteit van nieuwe maatregelen ten behoeve van de verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit en het oppervlaktewatersysteem is. Dit in combinatie met de risico's die klimaatverandering met zich meebrengt resulteert in een grote onzekerheid, daarom is voor waterkwaliteit een grote bandbreedte aangehouden.

5.3.4 Grondwaterkwantiteit

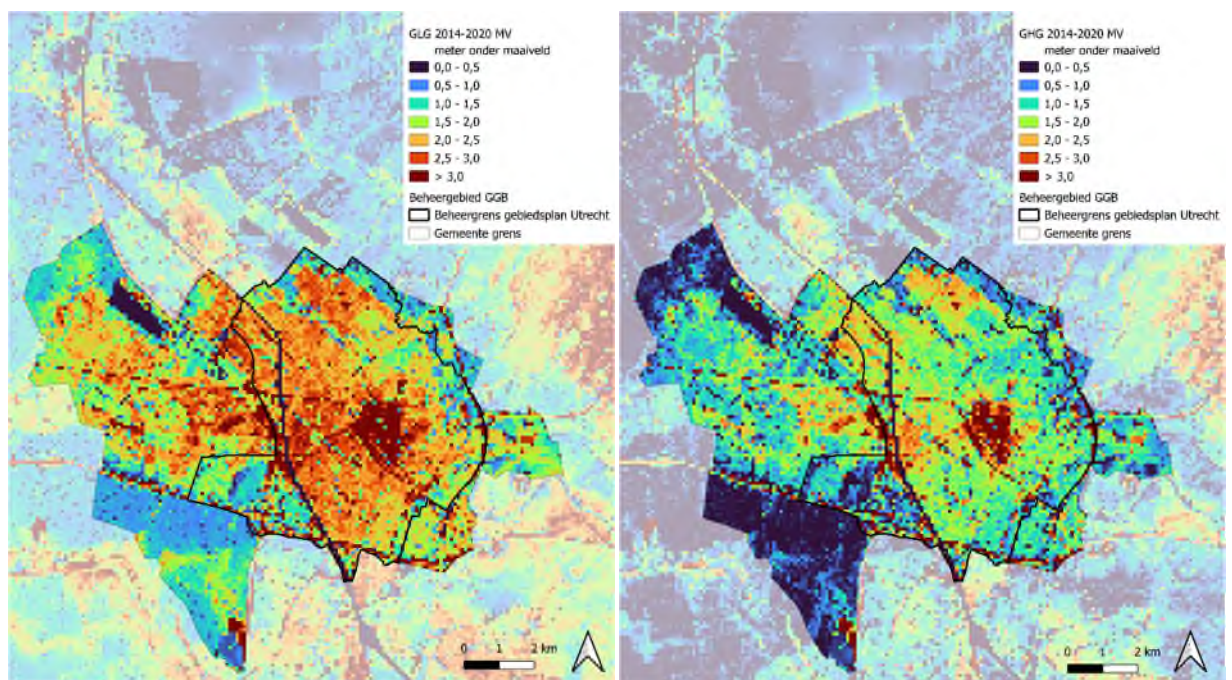
Wat verstaan we onder deze indicator?

Grondwaterkwantiteit gaat over de hoeveelheid grondwater in de bodem. Dit uit zich door de grondwaterstanden, grondwaterstromen, infiltratie en kwel. Grondwater is van belang voor verschillende toepassingen, waaronder drinkwaterwinning, water voor de landbouw en proceswater voor de industrie.

Huidige situatie

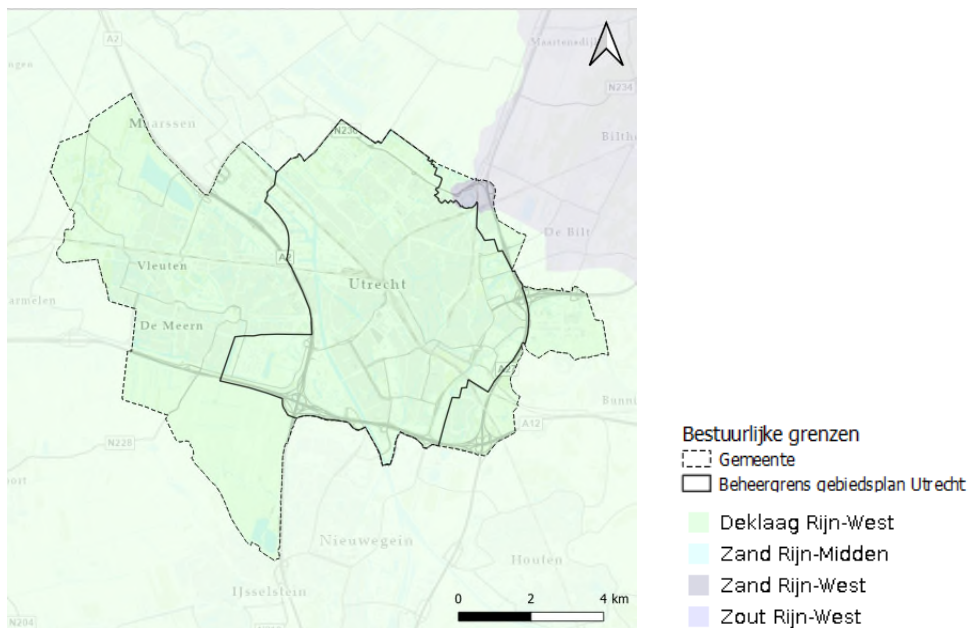
De grondwaterstanden volgen de seizoenen. In de zomer zakken de standen als gevolg van het neerslagtekort en in de winter stijgen deze weer. Voor het peilbeheer zijn de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) belangrijke maatstaven. De GLG en de GHG zijn respectievelijk het gemiddelde van de drie laagst en hoogst waargenomen grondwaterstanden per jaar, over een periode van minimaal acht jaar.

In Figuur 5.28 Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) links en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) rechts (Bron: GHM) zijn de GLG (links) en de GHG (rechts) in de gemeente Utrecht weergegeven zoals deze in het Geohydrologische Model voor de periode 2014-2020 zijn berekend. In de zomerperioden ligt de grondwaterstand in grote delen van de stad Utrecht dieper dan 2 meter beneden het maaiveld. In de landbouwgebieden in het zuidwesten van de gemeente ligt de grondwaterstand in de zomer hoger met waarden tussen de 0,5 en 1 meter beneden het maaiveld. In de winterperioden ligt de gemiddelde grondwaterstand dicht bij het maaiveld.



Figuur 5.28 Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) links en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) rechts (Bron: GHM)

De Kaderrichtlijn Water stelt dat alle EU-landen moeten voldoen aan de KRW-doelen voor grondwaterkwantiteit: het behalen van een goede kwantitatieve toestand van grondwaterlichamen. Het grondwatersysteem in de gemeente Utrecht is vanuit de KRW in twee grondwaterlichamen opgedeeld (Zie Figuur 5.29). Dit zijn de grondwaterlichamen Deklaag Rijn-West en Zand Rijn-West en zijn onderdeel van het stroomgebied Rijn-West. De waterbalans voor het grondwaterlichaam Deklaag Rijn-West en Zand Rijn-West voldoet aan de gestelde eisen vanuit de KRW [11].



Figuur 5.29 KRW-grondwaterlichamen

Het grondwater in het eerste watervoerende pakket en het grondwater in de onderliggende watervoerende pakketten stroomt vanaf de Utrechtse Heuvelrug in een waaivorm richting het gebied tussen de Bethunepolder (NW) en de gemeente Nieuwegein (ZW). Lokaal kan de stromingsrichting afwijken door bijvoorbeeld storende lagen of grondwater-gerelateerde activiteiten (grondwateronttrekkingen, damwanden, parkeergarages etc.) in de bodem. De grondwaterstroming in de gemeente Utrecht wordt sterk beïnvloed door de aanwezige drinkwaterwinningen. In het stromingsgebied is overwegend sprake van een zogenaamde infiltratiesituatie. Dat betekent dat grondwater vanuit het 1^e watervoerende pakket richting het 2^e watervoerende pakket stroomt [8]. In hoofdstuk 0 is een gedetailleerde beschrijving van de stroming en interacties tussen de watervoerende pakketten opgenomen.

Autonome ontwikkelingen

Klimaatverandering

Door klimaatverandering worden de zomers droger en de winters natter. Wanneer de grondwaterstand verder wegzakt, onder de GLG of zelfs onder de laagst opgetreden historische grondwaterstand, kan dit gevolgen hebben voor onder andere de fundering van gebouwen en de landbouw. Door de drogere zomers kan de GLG uiteindelijk zelf ook veranderen. Door nattere winters en extra infiltratie door bijvoorbeeld afkoppelen van hemelwater kan de GHG stijgen. Een stijging van de GHG kan gevolgen hebben voor de waterhuishouding, landbouw en stedelijke gebieden. Hoge grondwaterstanden kunnen leiden tot wateroverlast, verzadiging van de bodem en schade aan gewassen en infrastructuur. Mogelijk zijn er in de toekomst aanvullende maatregelen, zoals horizontale drainage, nodig om de GHG op een aanvaardbaar niveau te behouden. De veranderende grondwaterpeilen hebben betrekking op het freatisch grondwater. In de periode tot 2050 heeft klimaatverandering naar verwachting geen gevolgen voor de diepe grondwaterstanden. Klimaatverandering kan op lokale schaal stromingspatronen in het freatische grondwater beïnvloeden. Op de schaal van het beheergebied of groter (grondwaterlichaam) zijn de geohydrologische effecten echter niet noemenswaardig.

Extra OBES

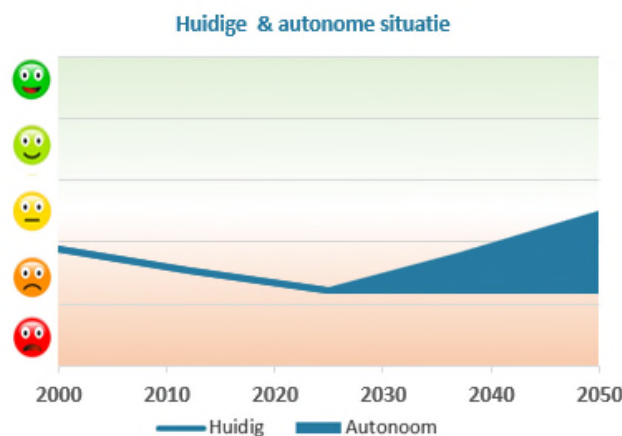
Extra OBES in het 1^e watervoerende pakket in 2050 hebben lokaal invloed op de grondwaterkwantiteit. Rond de onttrekkings- en infiltratieputten is er een seizoensgebonden effect op de grondwaterstanden. Rond de onttrekkingsput daalt deze en rond de infiltratieput stijgt deze. Na ongeveer een half jaar wordt de infiltratieput een onttrekkingsput en vice versa en beweegt de grondwaterstand de andere kant op. OBES kunnen dus op seizoensgebonden wijze lokaal leiden tot verdroging of vernatting. In welke mate dit effect optreedt, is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Rondom de onttrekkingsputten van OBES-installaties in de Uithof zijn grondwaterstands dalingen van 20 centimeter waargenomen.¹⁴

¹⁴ Effecten van WKO op de grondwaterkwantiteit, Deltares, 2010, 0907-0022.pdf

Beoordeling

Door klimaatverandering worden de zomers droger en de winters natter. Dit proces is al aan de gang en zal zich de komende jaren versterkt doorzetten. De gevolgen hiervan zullen met name zichtbaar zijn in het freatische grondwater (de bovenste grondwaterlaag). OBES in het 1^e watervoerende pakket hebben ook effecten op de grondwaterpeilen in het freatische grondwater. De effecten van klimaatverandering en OBES kunnen lokaal elkaar versterken (droge periode in combinatie met een onttrekkingsput) of compenseren (verdroging in combinatie met een infiltratieput).

Op de schaal van het beheergebied of groter (grondwaterlichaam) treden er naar verwachting geen noemenswaardige veranderingen in grondwaterstromingen of hoeveelheden grondwater op.



Tabel 5.15 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	Klimaatverandering zorgt reeds voor meer extremen in de grondwaterpeilen met als gevolg periodes van vernatting en verdroging. Er zijn dus periodes dat er teveel of juist te weinig grondwater beschikbaar is voor de bovengrondse functies. Daarom is de huidige situatie als licht negatief beoordeeld.
Autonome ontwikkeling	Klimaatverandering zet door en de extremen nemen toe. Extra OBES kunnen dit effect versterken of juist compenseren. De trend gaat naar een negatieve beoordeling.
Bandbreedte	Het exacte effect van het doorzetten van klimaatverandering is onbekend. OBES kunnen zowel een positief als negatief op de grondwaterkwantiteit hebben. Onder de streep is een beperkte bandbreedte aangehouden.

5.3.5 Grondwaterkwaliteit

Wat verstaan we onder deze indicator?

Bij de indicator grondwaterkwaliteit wordt vooral gelet op de mate van verontreiniging. De Kaderrichtlijn Water (KRW) en Grondwaterrichtlijn stellen doelen aan de grondwaterkwaliteit, zoals het bereiken van de goede chemische toestand van een grondwaterlichaam, voorkomen van achteruitgang van die chemische toestand en het voorkomen of beperken van de inbreng van verontreinigende stoffen naar het grondwater. De historische verontreinigingen met VOCL zijn volgens de KRW niet van invloed op de goede chemische toestand van een grondwaterlichaam, waardoor met name het doel dat zich richt tot het voorkomen of beperken van een inbreng van verontreinigende stoffen hier relevant is.

Huidige situatie

De bodem en het grondwater onder de stad Utrecht zijn door historische bedrijfsactiviteiten verontreinigd geraakt met verschillende stoffen waarvan VOCL de meest maatgevende zijn. De aanwezige verontreinigingen vormen een verspreidingsrisico in het grondwater en voor kwetsbare objecten, zoals de drinkwaterwinningen. De verontreinigingen verspreiden zich in de ondergrond via de natuurlijke stroming van het grondwater in zowel horizontale als verticale richting. Daarnaast hebben ook drinkwateronttrekkingen, ondergrondse objecten en bodemenergiesystemen invloed op de stromingsrichting van grondwater en de verspreiding van vervuiling. Voor een uitgebreide beschrijving van de huidige verontreinigingssituatie wordt verwezen naar paragraaf 2.2.

Autonome ontwikkelingen

Er komen steeds meer verontreinigende stoffen in het grondwater als gevolg van menselijke activiteiten. Deze stoffen komen door natuurlijke processen (infiltratie van water in de bodem en natuurlijke stromingspatronen) steeds dieper in het grondwater terecht. Een voorbeeld hiervan zijn de zeer zorgwekkende stoffen, zoals PFAS. Deze langzame voortschrijdende verslechtering van de chemische kwaliteit van het grondwater is een autonoom proces [12]. Het gebiedsplan beschouwt alleen historische grondwaterverontreinigingen, ontstaan voor 1987. Voor verontreinigingen ontstaan na 1987 geldt de zorgplicht. De verslechtering van de grondwaterkwaliteit als gevolg van nieuwe diffuse verontreinigingen wordt niet meegenomen in het GGB-plan maar heeft wel een negatief effect op de grondwaterkwaliteit.

Infiltratie hemelwater

In de gemeente Utrecht wordt ingezet op het afkoppelen van hemelwater om het watersysteem en de rioolwaterzuivering te ontlasten. Het lokaal bergen en infiltreren van water in de bodem brengt echter risico's met zich mee wanneer dit hemelwater vervuild raakt door contact met het oppervlak. De Leidraad afkoppelen en infiltreren afstromend hemelwater van de provincie Utrecht dient ter bescherming van de grondwaterkwaliteit. Binnen grondwaterbeschermingsgebieden is het volgen van de leidraad verplicht en daarbuiten wordt dit aanbevolen [13]. Hemelwater dat in contact komt met sterk vervuilde oppervlakken, bijvoorbeeld parkeerterreinen en trambanen, mag niet op het oppervlaktewater geloosd worden. Infiltratie van vervuiling uit deze locaties in het grondwatersysteem wordt daarmee beperkt.

Vergrijzing van grondwater

Door het GGB-beleid treedt binnen het beheergebied vergrijzing van het grondwater op. Binnen het beheergebied mogen de verschillende grondwaterpluimen zich immers vrijelijk bewegen en zich met elkaar vermengen en met het schonere grondwater in de omgeving. Dit proces versnelt zich naarmate er meer OBES worden geplaatst.

Verticale verspreiding van grondwaterverontreiniging wordt vertraagd door slecht waterdoorlatende lagen in de bodem. Daarnaast kunnen micro-organismen en reactieve mineralen de bodemverontreinigingen in de bodem afbreken. Doorboring van slecht doorlatende lagen (bijvoorbeeld voor het winnen van bodemenergie), bevolkingsgroei, toename van stedelijke infrastructuur, het toenemende gebruik van nieuwe synthetische stoffen en klimaatverandering hebben een negatieve invloed op de grondwaterkwaliteit [12].

In de grondwatermodellering is de verwachte verspreiding van de maatgevende grondwaterverontreinigingen CIS en VC in beeld gebracht voor de periode tot 2050 en 2100. Hierbij is rekening gehouden met een autonome toename van het aantal bodemenergiesystemen en met de natuurlijke afbraak van de verontreinigingen. In hoofdstuk 4.4 zijn de uitgangspunten in het model beschreven. Verwacht wordt dat verdere sanering van de bronlocaties van VOCl niet mogelijk is omdat deze niet bereikbaar zijn, technisch niet te saneren zijn of de saneringskosten onevenredig hoog zijn.

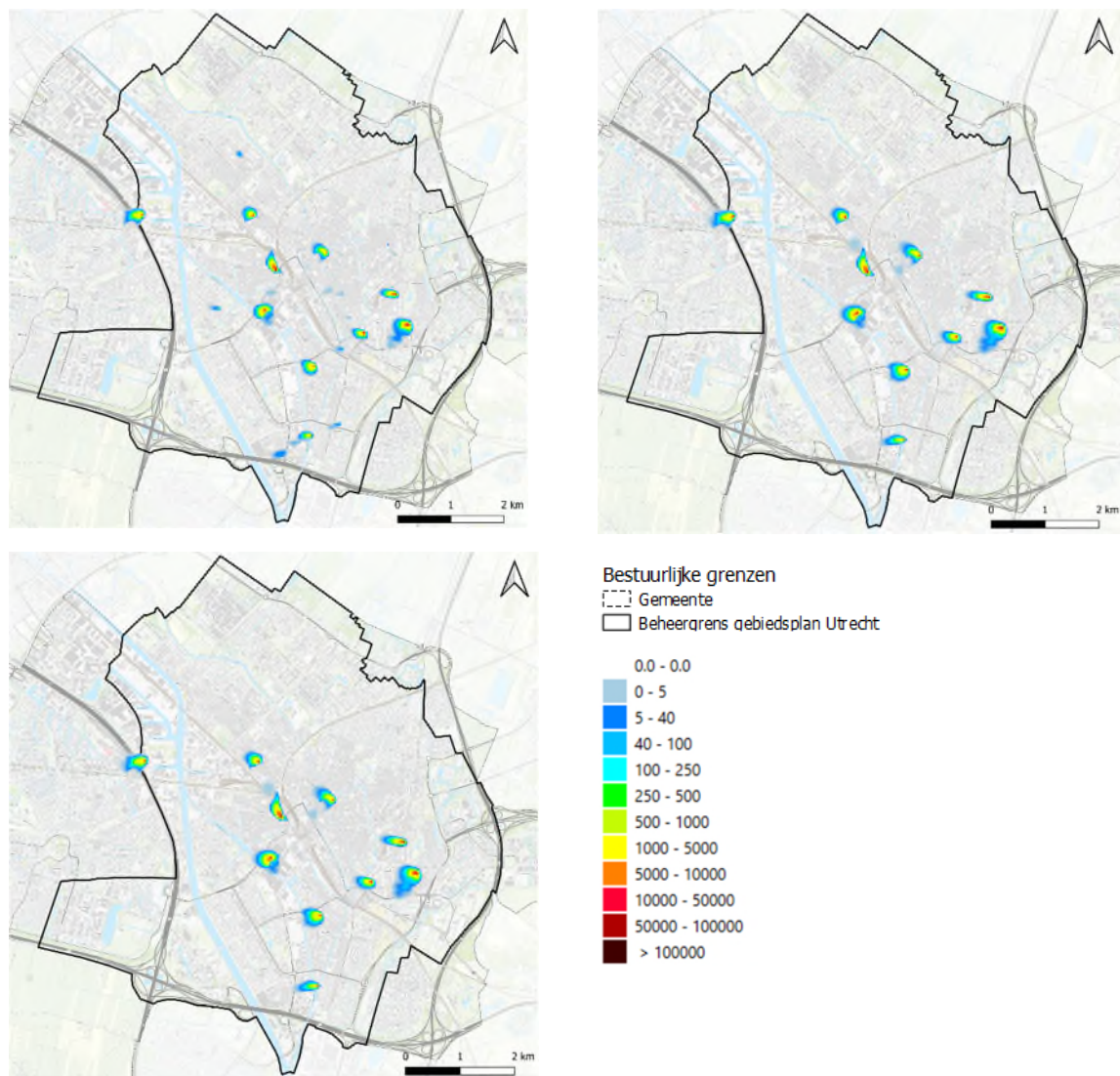
Uit de modelstudie blijkt dat het aantal verontreinigingspluimen met VC- en CIS-verontreinigingen in het eerste watervoerende pakket afneemt richting 2050. Dit kan het gevolg zijn van biologische afbraak en verdunning. Daarnaast laat het model duidelijk zien dat er sprake is van een grotere doorbraak van VC en CIS naar het tweede watervoerende pakket in 2050 en 2100. In tegenstelling tot de effecten in het eerste watervoerende pakket neemt het aantal en omvang van verspreidingspluimen in het tweede watervoerende pakket juist toe in de tijd.

De grondwaterverontreiniging bij de Atoomweg verspreidt zich verder buiten de huidige beheergrenzen van het GGB. In het eerste watervoerende pakket breidt de grondwaterpluim van CIS en VC zich met ongeveer 125 - 250 meter uit in noordwestelijke richting tot 2050. In het tweede watervoerende pakket verspreidt de verontreiniging zich in een hoger tempo. Tussen 2024 en 2050 breidt de verontreinigingspluim van CIS en VC zich met ongeveer 500 meter uit in noordwestelijke richting. Echter, tussen 2050 en 2100 zet deze verspreiding niet sterk door en blijven de grondwaterpluimen stabiel. De drinkwaterwinning wordt dus niet bereikt. Vermoedelijk neemt in deze periode de nalevering van verontreiniging aan de grondwaterpluim af en compenseert het tempo van afbraak en verdunning van de grondwaterverontreiniging de verdere verspreiding. Bij de grondwatermodellering zijn de afbraakconstanten conservatief ingeschat. Hierdoor zijn de verspreidingspluimen mogelijk kleiner dan het model voorspelt.

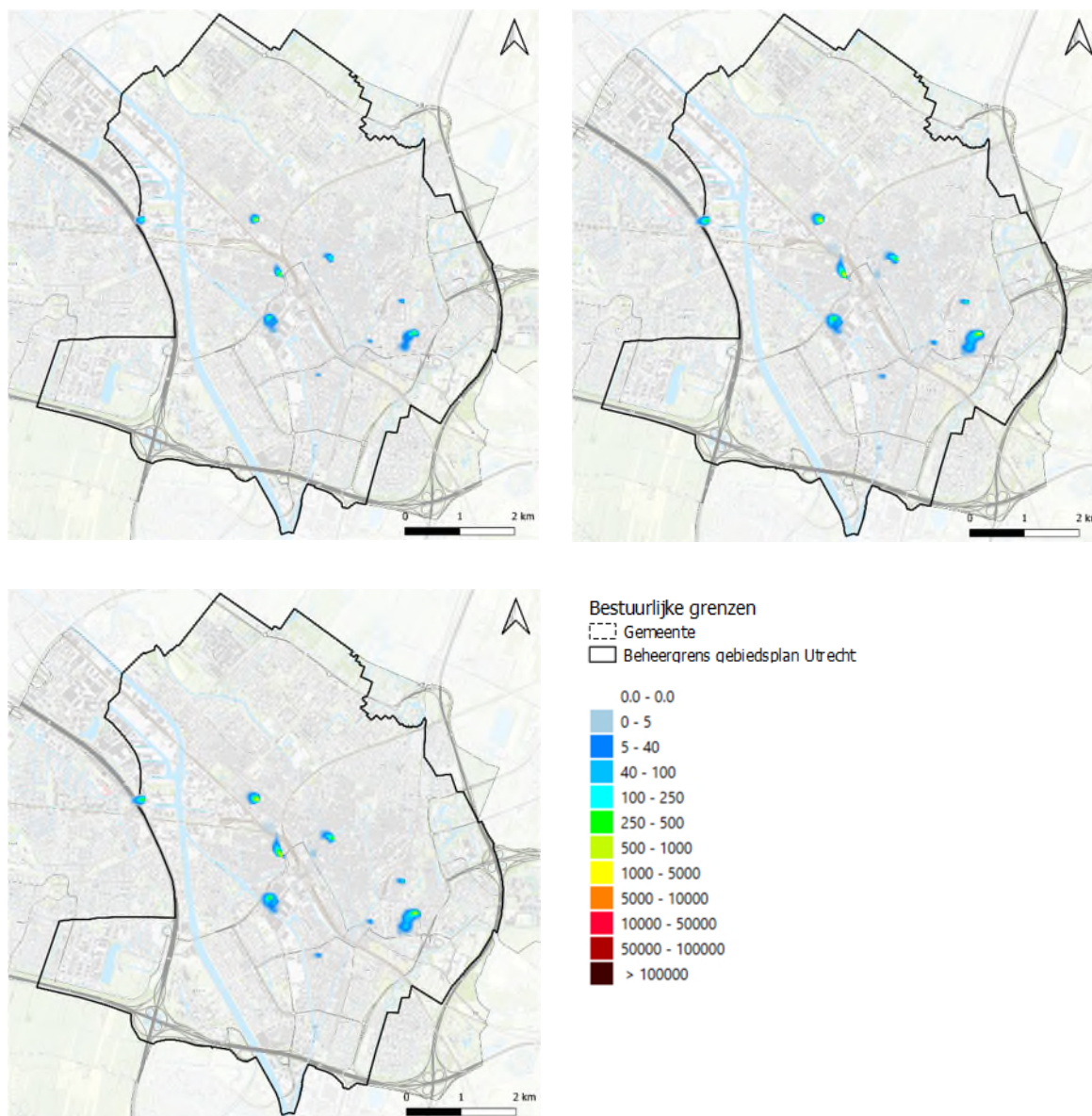
Het geohydrologisch model laat zien dat OBES de meest invloedrijke factor op de lokale verspreiding van de VOCl-verontreinigingen zijn:

- Effecten in WVP 1: OBES kunnen verontreinigingen vertragen of versnellen, afhankelijk van positionering en voorkomen in sommige situaties verspreiding richting de gebiedsgrens (bijv. Atoomweg). Wanneer het invloedsgebied van een onttrekkingsput binnen een grondwaterverontreiniging ligt en de bijbehorende infiltratieput in schoon gebied, wordt de verontreiniging door de OBES naar het schone gebied verplaatst. In het daarop volgende half jaar, wordt de verontreiniging grotendeels weer terug verplaatst.
- Effecten in WVP 2: OBES vergroten de kans op verticale doorslag, verontreinigingen verplaatsen sneller en verder, pluimen worden in omvang groter, effect is sterk afhankelijk van diepte van de filters OBES
- Door grote systemen of clusters van systemen, zoals 16 OBES-doubletten bij Merwedekanaalzone) kunnen verontreinigingen overspringen, waardoor pluimen zich snel uitbreiden. Dit effect treedt vooral op bij grote, gekoppelde systemen, bij kleinere systemen alleen als bronnen dicht op elkaar liggen

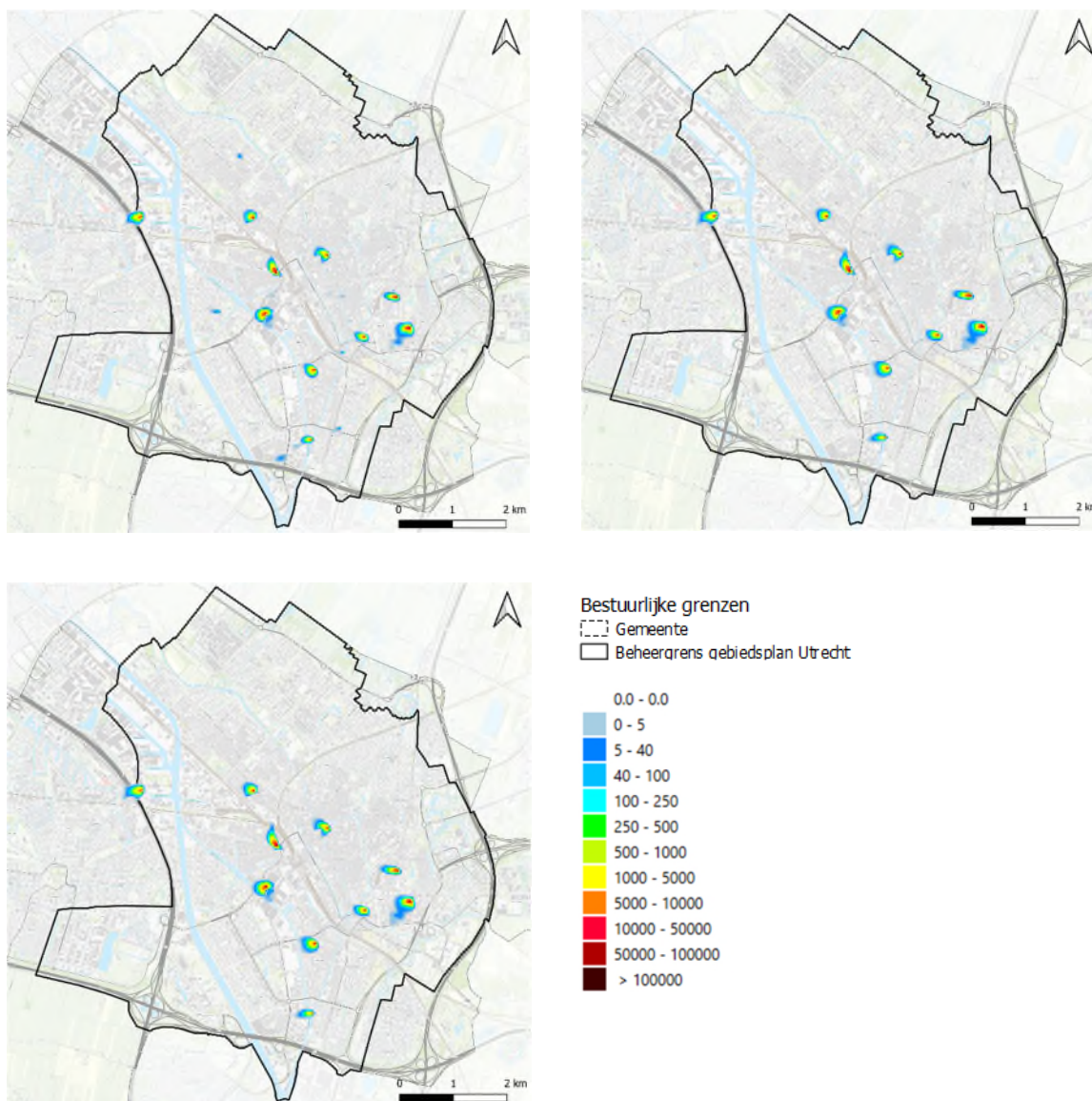
OBES kunnen dus enerzijds tot een grotere verspreiding van de verontreinigingen zorgen maar anderzijds ook een beheersende werking hebben. Dit maakt sturing van de verspreiding van grondwaterverontreinigingen mogelijk.



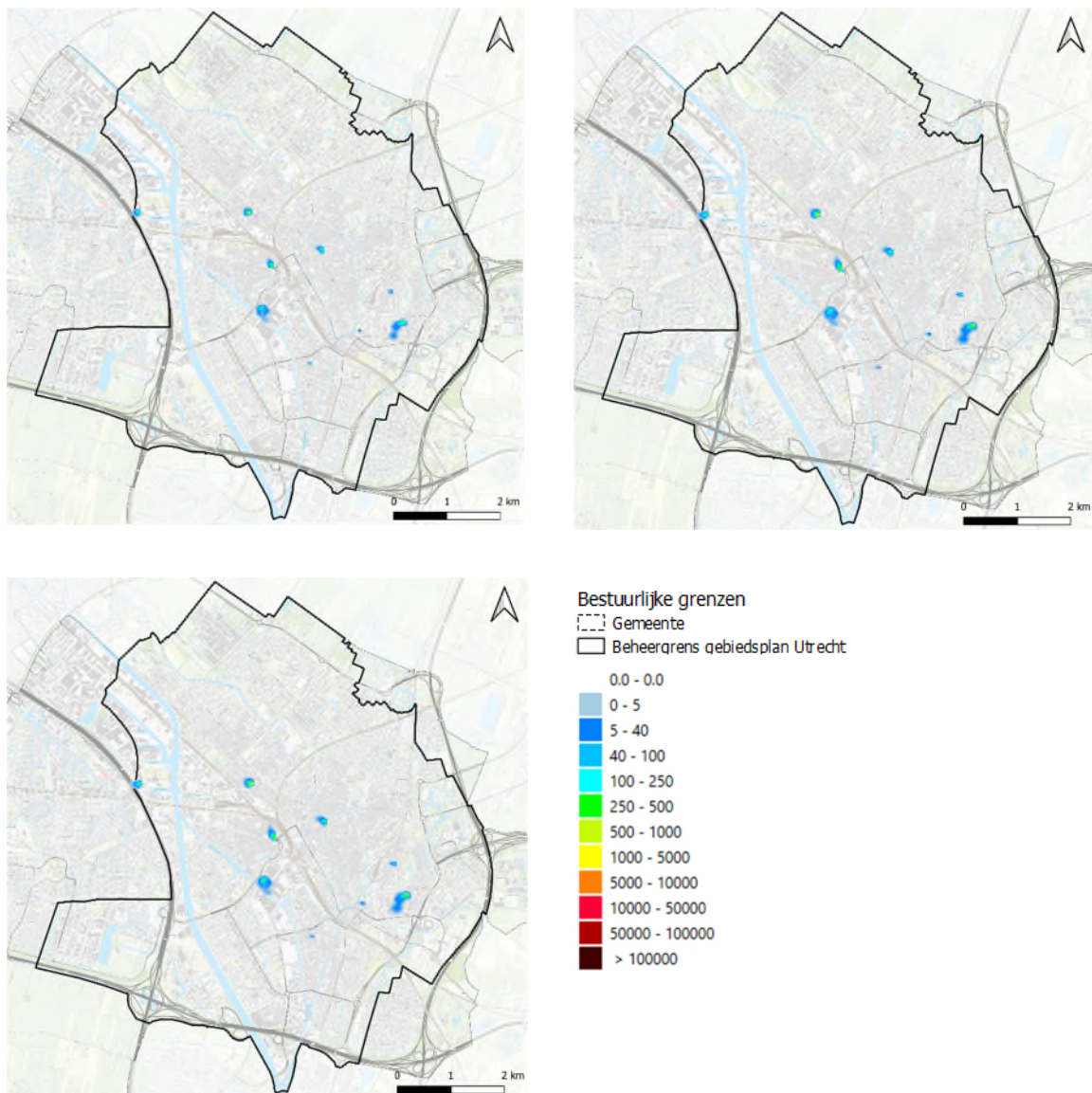
Figuur 5.30 Gemodelleerde verspreiding VC ($\mu\text{g/L}$) in het 1^e watervoerende pakket in 2024 (links boven), in 2050 (rechts boven) en 2100 (links onder) in de referentiesituatie.



Figuur 5.31 Gemodelleerde verspreiding VC (µg/L) in het 2^e watervoerende pakket in 2024 (links boven), in 2050 (rechts boven) en 2100 (links onder) in de referentiesituatie



Figuur 5.32 Gemodelleerde verspreiding CIS ($\mu\text{g/L}$) in het 1^e watervoerende pakket in 2024 (links boven), in 2050 (rechts boven) en 2100 (links onder) in de referentiesituatie



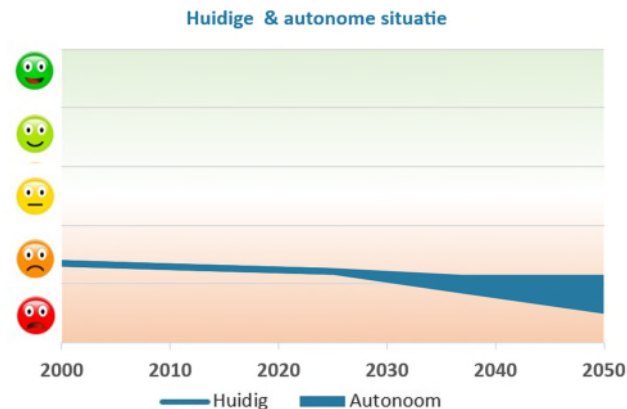
Figuur 5.33 Gemodelleerde verspreiding CIS (µg/L) in het 2^e watervoerende pakket in 2024 (links boven), in 2050 (rechts boven) en 2100 (links onder) in de referentiesituatie

Beoordeling

De verontreinigingen met VOCl zijn maatgevend voor de indicator grondwaterkwaliteit. Nieuwe inzichten in de verspreiding van aanwezige VOCl-verontreinigingen geven reden tot zorg over de haalbaarheid van de doelstellingen en maatregelen in het gebiedsplan van 2015. Zo is er al verontreiniging in het 2^e watervoerende pakket aangetoond en neemt de omvang van de grondwaterverontreiniging toe richting 2050. Zonder extra maatregelen worden de horizontale en verticale grenzen van het beheergebied overschreden en worden de beschermingsdoelen uit het gebiedsplan van 2015 niet behaald. Specifiek bij de Atoomweg nadert de grondwaterpluim de drinkwaterwinning Leidsche Rijn. Het goede nieuws is echter dat deze grondwaterverontreinigingspluim de winning naar verwachting niet daadwerkelijk bereikt. In paragraaf 5.3.6 is dit nader toegelicht.

Op grond van de KRW lijkt hier weliswaar sprake te zijn van een inbreng van VOCL maar de Grondwaterrichtlijn (GWR) biedt uitzonderingsgronden, zoals het uitsluiten van onmiddellijk of toekomstig gevaar voor het grondwater. Het is aan de (decentrale) overheid om criteria te benoemen waaraan voldaan moet worden om te motiveren dat gevaar uit te sluiten is. Als de verontreiniging de winning niet bereikt, is het aannemelijk dat onmiddellijk of toekomstig gevaar voor de openbare drinkwatervoorziening uit te sluiten is.

Door de aanwezige verontreinigingen in de ondergrond is het thema grondwaterkwaliteit in de huidige situatie als slecht beoordeeld. Deze beoordeling is met name gestoeld op de huidige situatie in het beheergebied waar veel verontreinigingslocaties aanwezig zijn. In de toekomst kan deze situatie verder verslechteren door de verdere verspreiding van grondwaterverontreiniging, in zowel het 1^e als het 2^e watervoerende pakket. Het volume verontreinigd grondwater neemt toe en dat wordt als maatlat voor deze indicator gebruikt. De verwachting is dat er geen aanvullende saneringen van de bronlocaties mogelijk zijn en vanuit die invalshoek dus geen verbetering van de grondwaterkwaliteit wordt verwacht.



Figuur 5.34 Beoordeling Grondwaterkwaliteit

Tabel 5.16 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	Gelet op de aanwezige grondwaterverontreiniging in zowel het eerste als tweede watervoerende pakket is de huidige situatie als slecht beoordeeld.
Autonome ontwikkeling	Uit het geohydrologisch model is blijkt dat de verspreiding van grondwaterverontreiniging in de toekomst zowel horizontaal als verticaal zal toenemen. Hoewel de concentraties afnemen zal door de verspreiding een groter volume van het grondwater vervuild zijn.
Bandbreedte	Het model gaat uit van een worst case scenario waarbij de zaklagen met VOCL zich op de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket bevinden. Mogelijk neemt de verspreiding van verontreinigingen minder snel toe dan uit het model naar voren komt. Er is daarom een beperkte bandbreedte aangehouden waarbij de grondwaterkwaliteit slechts beperkt verslechtert ten opzichte van de referentie situatie.

5.3.6 Drinkwater

Wat verstaan we onder deze indicator?

In Nederland wordt drinkwater uit grond- of oppervlaktewater gewonnen. Het drinkwater in de gemeente Utrecht is alleen afkomstig uit grondwater. Het aspect drinkwater richt zich op de aanwezigheid en bescherming van voldoende zoet drinkwater van goede kwaliteit in de toekomst. Volgens de Kaderrichtlijn Water (KRW) moet (trendmatige) achteruitgang van de kwaliteit van het (gemengde)ruwwater dat onttrokken wordt voor de bereiding van drinkwater, moet worden voorkomen¹⁵.

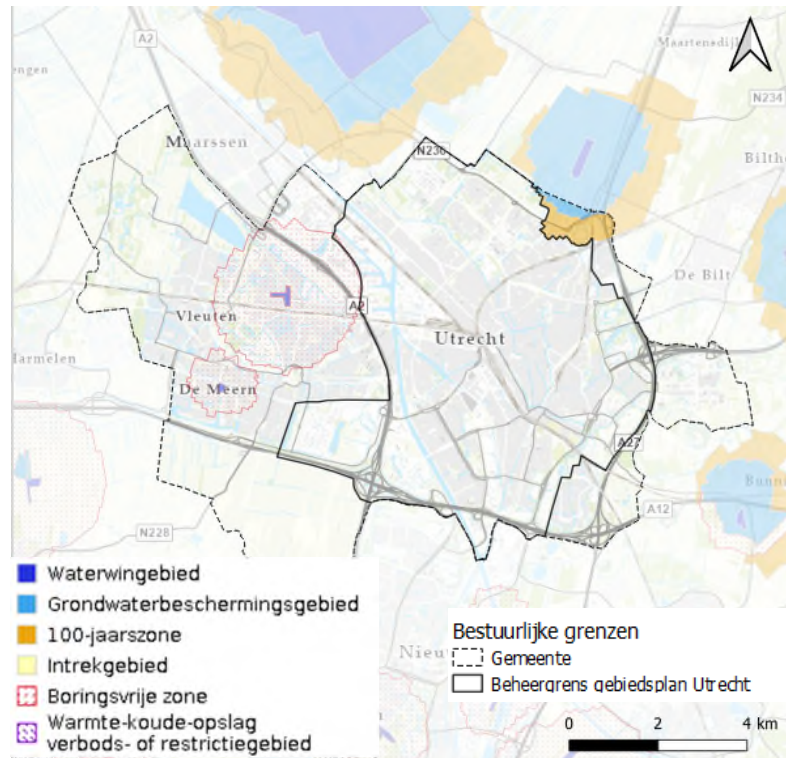
Huidige situatie

In Figuur 5.35 is de grondwaterbeschermingskaart van het grondgebied van de gemeente Utrecht opgenomen. De grondwaterbeschermingszones zijn aangewezen om een goede waterkwaliteit voor drinkwatervoorziening te borgen.

Waterwingebieden liggen direct rondom winputten. Vrijwel alle activiteiten binnen waterwingebieden zijn verboden. Voor alle gebieden die in een *grondwaterbeschermingszone* vallen, geldt de zorgplicht. Door deze zorgplicht mogen er geen activiteiten worden uitgevoerd waarbij redelijkerwijs kan worden vermoed dat het nadelige gevolgen heeft voor de bescherming van het grondwater. *De 100-jaar zone* omvat de zone vanwaar het

¹⁵ Of er sprake is van achteruitgang wordt bepaald aan de hand van het protocol Monitoring en toetsing drinkwaterbronnen KRW.

ondiepe grondwater er 100 jaar over doet om de winpunten te bereiken. Hier mogen geen activiteiten worden uitgevoerd die een risico vormen voor menselijke drinkwaterconsumptie. Bij diepe drinkwaterwinningen met daarboven ten minste één goede weerstandbiedende laag is vaak een *boringsvrije zone* aangewezen. In de boringsvrije zone gelden aanvullende regels en is het doorboren ondoordringbare lagen beneden een bepaalde diepte verboden maar zijn vrijwel alle activiteiten aan het maaiveld toegestaan [13].



Figuur 5.35 Drinkwaterbeschermingsgebied (Bron: RIVM 2024)

Binnen de gemeente liggen twee waterwingebieden voor drinkwater, te weten Leidsche Rijn en De Meern. Rondom deze gebieden is een boringsvrije zone opgenomen. De winning Leidsche Rijn heeft een vergunningscapaciteit van 5 miljoen m³/jaar. In de afgelopen jaren is de maximaal vergunde capaciteit onttrokken. Het grondwater wordt onttrokken uit het 2^e watervoerende pakket op een diepte van -87 tot -118 meter NAP. De vergunning stelt voorwaarden aan de maximale onttrekking. Zo mag er niet meer dan 1.500 m³ per uur worden onttrokken en niet meer dan 25.000 m³ per dag. De toegestane onttrekkingsdiepte ligt tussen de -50 en -140 m NAP. De winning heeft 15 waterputten waarmee het grondwater wordt opgepompt.

De winning Leidsche Rijn is door de Provincie Utrecht als 'niet kwetsbaar' aangemerkt. Dit omdat het watervoerende pakket voor winning relatief goed beschermd is door de bovengelige kleilagen waardoor diffuse verontreiniging vanaf het maaiveld zeer lang (minimaal 90 jaar) onderweg is voordat het de winning bereikt¹⁶. De aanpak van de meest kritische VOCl-verontreiniging op de locatie Reactorweg 11/Atoomweg heeft grotendeels al plaatsgevonden. Tussen 2003 en 2010 zijn er saneringsmaatregelen uitgevoerd die hebben geleid tot een vermindering van de verontreinigingsvracht. Het volledige saneringsdoel is niet bereikt. Delen van de bron en de verontreinigingspluim zijn nog steeds aanwezig. De locatie is moeilijk bereikbaar voor verdere sanering omdat de verontreinigingspluim zich voor een groot deel onder de Rijksweg A2 bevindt. In 2021 is een nieuw saneringsplan opgesteld dat zich richt op het bereiken van een stabiele eindsituatie waarbij biologische afbraak kan resulteren in het krimpen van de pluim. De gemeente blijft de pluim en de afbraak monitoren conform het saneringsplan [14]. Uit berekeningen met het geohydrologische model is gebleken dat eventuele verontreinigingen volledig zijn afgebroken voordat de drinkwaterwinning is bereikt.

De winning De Meern heeft een vergunningscapaciteit van 1,9 miljoen m³/jaar. In de afgelopen jaren is er tussen de 1,5 en 2,0 miljoen m³/jaar onttrokken. Het grondwater wordt onttrokken uit het 2^e watervoerende pakket op een diepte van -95 tot -120 meter NAP. De vergunning stelt voorwaarden aan de maximale onttrekking. Zo mag

¹⁶ Gebiedsdossier waterwinning Leidsche Rijn: Gebiedsdossiers Leidsche Rijn.pdf

er niet meer dan 700 m³ per uur worden onttrokken en niet meer dan 9.500 m³ per dag. De toegestane onttrekkingsdiepte ligt tussen de -90 en -120 m NAP. De voorziening heeft vier waterputten. Het uitgangspunt voor onderhoud is mechanische regeneratie waarbij, door o.a. het toepassen van hoge druk afzettingen worden verwijderd). Chemische regeneratie is onder voorwaarden toegestaan wanneer mechanische regeneratie niet mogelijk is [15]. De winning De Meern is aangemerkt als 'niet kwetsbaar' door de Provincie Utrecht omdat de winning diep ligt. Door de diepe ligging van de waterwinning, in het 2^e watervoerende pakket en een relatief dikke scheidende laag, is het niet waarschijnlijk dat de bodemverontreinigingen die (in het 1^e watervoerende pakket) binnen het intrekgebied aanwezig zijn, zich verplaatsen richting de waterwinning [15]. Daarbij speelt ook dat de bekende VOCl-verontreinigingen in het beheergebied vooral richting de winning Leidsche Rijn stromen en niet naar De Meern. In de grondwaterbeschermingszones van winning De Meern bevinden zich geen OBES. Wel zijn er vijf GBES aanwezig.

Ten noorden van de gemeente Utrecht ligt oppervlaktewaterwingebied de Bethunepolder. De Bethunepolder wordt gevoed via kwelwater. Gezien de stromingsrichting van het watervoerende pakket hebben activiteiten in de gemeente Utrecht mogelijk invloed op de waterkwaliteit het inlaatgebied. De Bethunepolder onttrekt jaarlijks circa 30-31.5 miljoen kubieke meter uit het oppervlaktewatersysteem en draagt hiermee ook bij aan het peilbeheer in de polder [16]. Uit berekeningen met het geohydrologische model is gebleken dat eventuele verontreinigingen volledig zijn afgebroken voordat de Bethunepolder is bereikt.

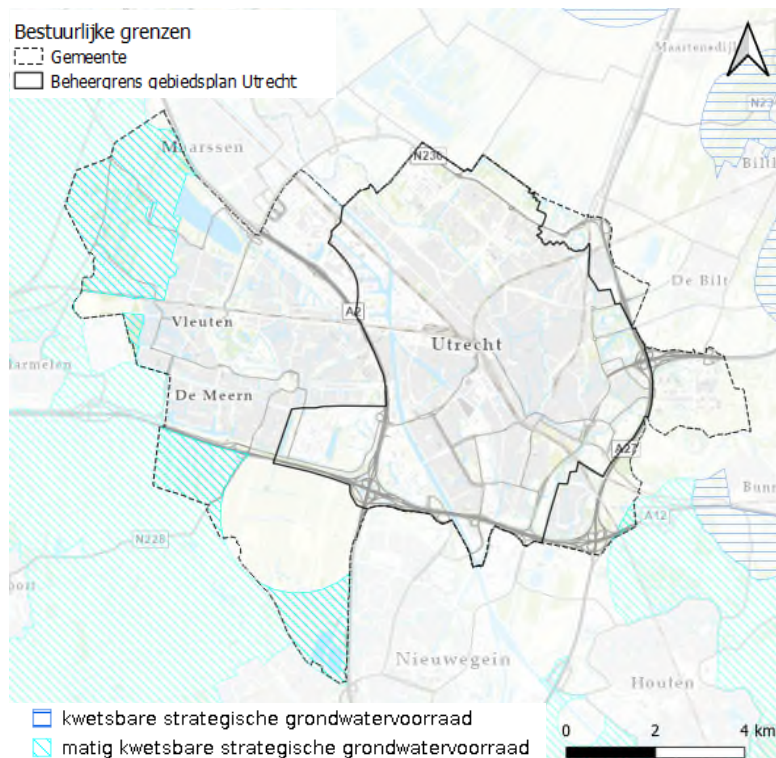
Ten noordoosten van de gemeente Utrecht ligt grondwaterbeschermingsgebied Groenekan. De winning Groenekan is een winning in het 2e watervoerende pakket (-56 tot -115 m-NAP) met een vergund debiet van 10 miljoen m³/jaar en een milieutoestemming van 7 miljoen m³/jaar. De winning Groenekan is aangemerkt als 'zeer kwetsbaar' door de Provincie Utrecht omdat zowel de deklaag als de eerste scheidende laag relatief doorlatend zijn en verontreinigingen dus relatief eenvoudig in het tweede watervoerende pakket terecht kunnen komen. De winning Groenekan is vooral kwetsbaar voor verontreinigingen uit oppervlaktewater. Ongeveer 30% van het onttrokken water bij de Groenekan is geïnfiltrerd oppervlaktewater. Daarom is er op deze locatie een grondwaterbeschermingsgebied en een 100-jaars-aandachtsgebied aanwezig. Historische verontreinigingen in diepe watervoerende pakketten vormen ook een risico voor de kwaliteit van het drinkwater. Sommige verontreinigingen bereiken reeds de waterwinning, andere zullen dat in de toekomst doen. Hoewel sommige verontreinigingen afnemen, is de trend voor stoffen zoals MCPP (Mecoprop) negatief. Tot slot zijn er onvoldoende gegevens over de oppervlaktewaterkwaliteit om de infiltratierisico's goed in te schatten [17]. Binnen het waterwingebied, het grondwaterbeschermingsgebied en de 100-jaarszone bevinden zich geen bodemenergiesystemen of overige grondwateronttrekkingen anders dan de winning zelf.

Op grotere afstand van de gemeente liggen ook de waterwinningen Beerschoten, Bunnik, Montfoort, WCB Nieuwegein en Tull en 't Waal. Deze waterwinningen zijn niet beschouwd in de referentiesituatie gezien de grotere afstand tot de gemeente Utrecht en het geringe verwachte effect van het gebiedsplan op deze winningen als gevolg van de stromingsrichting van het grondwater in de diepe watervoerende pakketten. Ze vallen buiten het studiegebied en zijn ook niet meegenomen in het geohydrologisch model.

Strategische grondwatervoorraden

In aanvulling op de beschermingszones rondom de drinkwaterwinningen heeft de provincie strategische grondwatervoorraden vastgesteld. Deze strategische grondwatervoorraden waarborgen mogelijkheden voor drinkwaterwinning in de toekomst. Een deel van de strategische grondwatervoorraden is aangewezen als kwetsbaar. Kwetsbare strategische drinkwatervoorraden zijn gevoelig voor activiteiten aan het maaiveld, hier gelden aanvullende maatregelen ter bescherming van het grondwater. Matig kwetsbare strategische grondwatervoorraden zijn minder kwetsbaar voor deze activiteiten. Aan de westzijde van de gemeente Utrecht bevinden zich matig kwetsbare strategische grondwatervoorraden (Figuur 5.36).

In de gemeente Utrecht zijn er in de afgelopen jaren een aantal OBES binnen de boringsvrije zones aangebracht. Deze bodemenergiesystemen hebben mogelijk invloed op de kwaliteit van het beschikbare bronwater voor de drinkwatervoorziening omdat zij de verplaatsing van bodemverontreinigingen kunnen versnellen. In het beheergebied voorkomt het GGB-beleid deze risico's omdat het niet mogelijk is om OBES in het 2^e watervoerende pakket te plaatsen. Buiten het beheergebied is dit echter wel mogelijk.



Figuur 5.36 Strategische grondwatervoorraad (Bron: Provincie Utrecht, 2024)

Autonome ontwikkelingen

Winning drink- en proceswater

Het Regionaal Actieplan Beschikbaarheid Drinkwaterbronnen van Vitens, regio Utrecht en de Provincie Utrecht, beschrijft de knelpunten en oplossingsrichtingen voor de drinkwatervoorziening tot 2030 en daarna. Richting 2030 ligt er een forse uitbreidingsopgave, waarvoor momenteel beperkt tot geen ruimte is binnen de huidige winvergunningen. Er zijn verschillende trajecten opgezet om voldoende reserves op te bouwen. Echter, door vertragingen en gebrek aan alternatieven is het onduidelijk of dit voor 2030 voldoende gerealiseerd zal zijn [18].

Volgens de prognose van Vitens uit 2023 moet de productiecapaciteit in de provincie Utrecht tegen 2030 met 8 miljoen kubieke meter per jaar toenemen. Het streven is om de totale vergunde onttrekkingscapaciteit te vergroten met 14 miljoen kubieke meter per jaar in 2030. Hierdoor is ook een reserve opgenomen voor groei, zodat toekomstige stijgingen kunnen worden opgevangen [18].

De uitbreiding van drinkwaterwinning Groenekan vormt één van de bouwstenen voor uitbreiding van de productiecapaciteit tot 2030 [18]. In het Uitvoeringsprogramma Drinkwater 2021 en het Regionaal Actieplan staan plannen om de drinkwaterwinning bij Groenekan terug te draaien. Op dit moment is Vitens bezig met plannen om de winning uit te breiden naar de oorspronkelijk vergunde 10 miljoen kuub per jaar. In deze plannen worden de hydrologische en eco-hydrologische effecten, waaronder de effecten op het nabijgelegen N2000 gebied, in samenwerking met de gebiedspartners in beeld gebracht [17] [18]. In het grondwaterbeschermingsgebied rondom drinkwaterwinning Groenekan staan verschillende ontwikkelingen gepland. Hierbij gaat het om de vernieuwing van de Noordelijke Randweg, de ontwikkeling van een golfbaan in het Noorderpark, herinrichting fort Ruigenhoek, verplaatsing van een veeteeltbedrijf en de uitbreiding van het tuincentrum Overvecht. Deze ontwikkelingen hebben mogelijk een negatief effect op de grondwaterkwaliteit door infiltratie van vervuilende stoffen die vrijkomen bij deze ontwikkelingen. Naar verwachting kunnen de negatieve effecten met passende inrichtingsmaatregelen worden voorkomen [17].

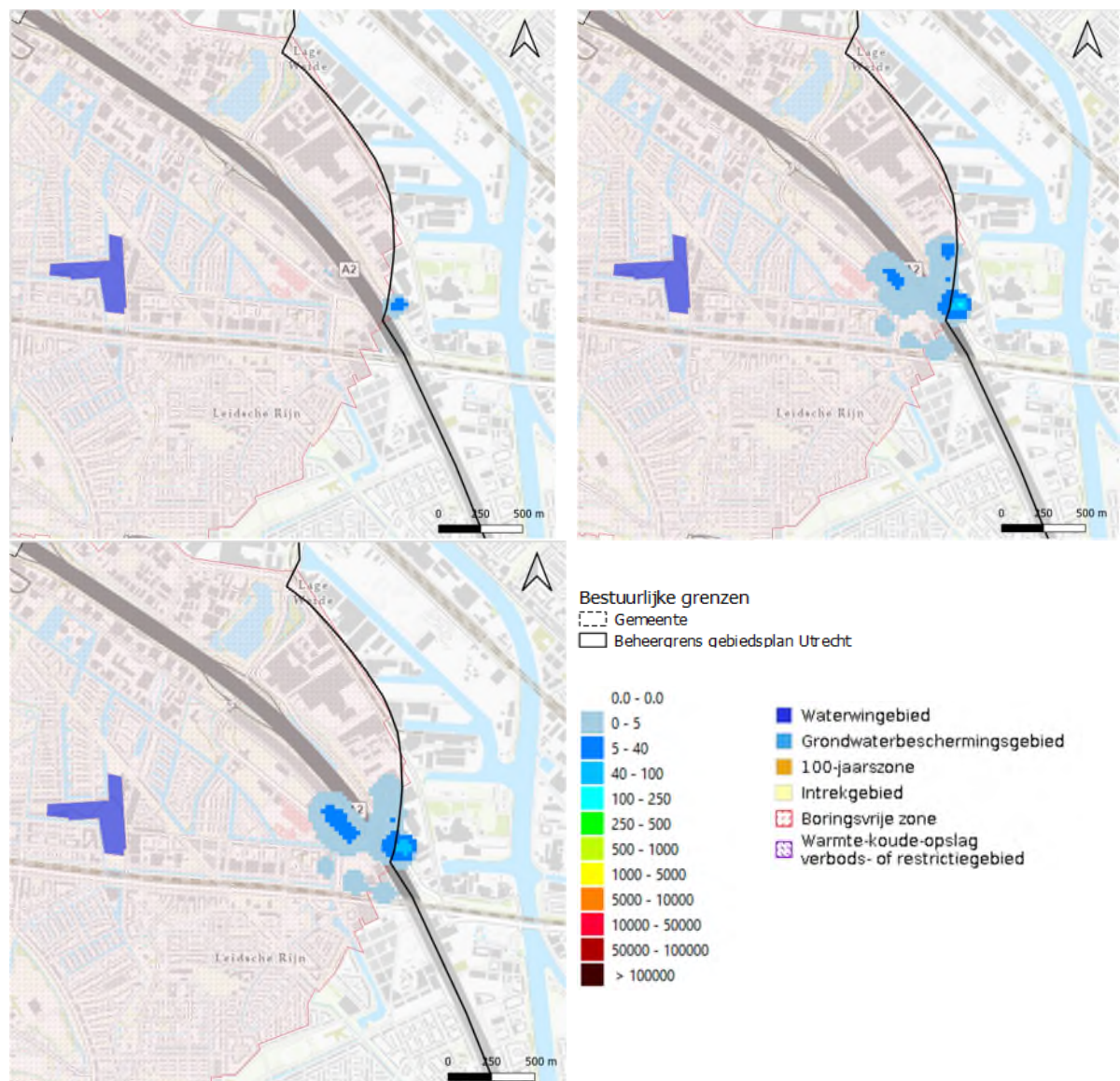
De, door de provincie Utrecht, aangewezen strategische grondwatervoorraden zijn potentieel geschikt voor (drink)waterwinning in de toekomst. De provincie Utrecht en Vitens zijn een project gestart om de (omvang van de) strategische grondwatervoorraad te actualiseren. Daarmee blijven ook in de toekomst voldoende locaties beschikbaar om de winning van grondwater voor de drinkwatervoorziening te garanderen [18].

Aanleg bodemenergiesystemen

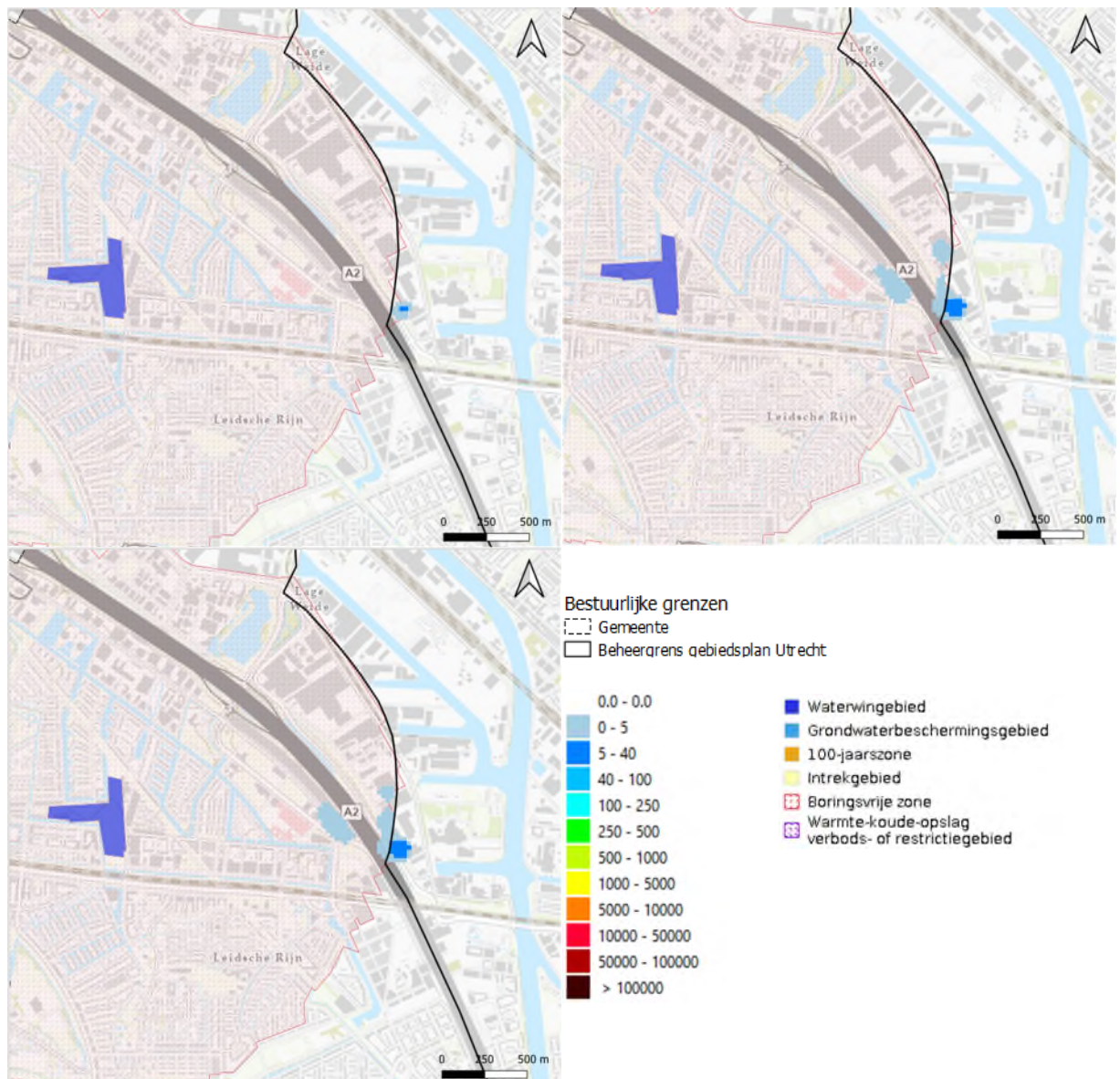
In de boringsvrije zone rondom de drinkwaterwinning Leidsche Rijn worden op een aantal locaties woningbouw of bedrijventerreinen ontwikkeld. Bij deze ontwikkelingen worden mogelijk bodemenergiesystemen aangelegd [19]. De aanleg van deze systemen heeft mogelijk effect op de grondwaterkwaliteit (zie paragraaf 6.5.4).

Verspreiding grondwaterverontreinigingen

Uit de het geohydrologisch model blijkt dat de grondwaterverontreinigingen zich verder verspreiden in het grondwater. Zowel horizontaal als verticaal neemt de verspreiding toe (Zie ook hoofdstuk 5.3.5 en Figuur 5.37/Figuur 5.38). In 2024 is er in de huidige situatie al sprake van verontreiniging met CIS en VC in het tweede watervoerende pakket nabij de drinkwaterwinning Leidsche Rijn (Reactorweg). VC bevindt zich al binnen de boringsvrije zone. Voor CIS is er alleen sprake van een doorbraak aan de buitengrens van de boringsvrije zone rondom deze winning. De grootste toename van de verspreiding in het tweede watervoerende pakket richting de winning Leidsche Rijn vindt plaats in de periode tot 2050. In de periode tussen 2050 en 2100 neemt de omvang van de verontreinigingen niet noemenswaardig toe. Er zijn ook modelberekeningen gedaan voor de periode naar 2200 en deze laten ook geen verdere toename zien. Geconcludeerd kan dan ook worden dat na 2050 een evenwichtssituatie optreedt waarin de afbraak verdere toename van het volume verontreinigd grondwater voorkomt. Nu en in de toekomst bereiken de verontreinigingen de winning niet. De afstand tussen de winning en het front van de grondwaterverontreinigingen bedraagt minimaal ca. 1 kilometer.



Figuur 5.37 Gemodelleerde verspreiding VC in het 2^e watervoerende pakket (µg/L) t.h.v. drinkwaterwinning Leidsche Rijn in 2024 (links boven), in 2050 (rechts boven) en 2100 (links onder) in de referentiesituatie

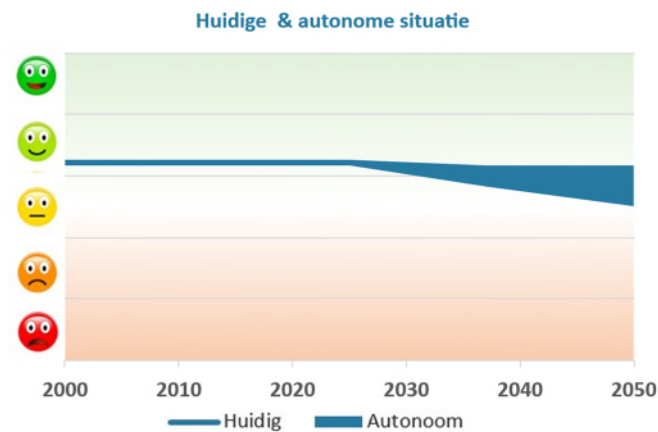


Figuur 5.38 Gemodelleerde verspreiding CIS in het 2^e watervoerende pakket (µg/l) t.h.v. drinkwaterwinning Leidsche Rijn in 2024 (links boven), in 2050 (rechts boven) en 2100 (links onder) in de referentiesituatie

Beoordeling

De huidige situatie met betrekking tot drinkwater is redelijk. Er is voldoende water en er zijn geen urgente vervuilingen aanwezig in het ruwwater. Echter, voor de toekomst zijn er enkele aandachtspunten en mogelijke risico's die zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het water kunnen beïnvloeden. Ondanks het strenge beschermingsregime binnen de boringsvrije zones kunnen ruimtelijke ontwikkelingen een negatief effect hebben op de kwaliteit van het ruwwater.

Bij de uitbreiding van Groenekan, waar het water deels bestaat uit geïnfiltreerd oppervlaktewater, vormen ruimtelijke ontwikkelingen een extra aandachtspunt. Uit de modelberekening blijkt dat bij voortzetting van het huidige beleid de historische VOCl-verontreinigingen op termijn de kwaliteit van het ruwwater bij de drinkwaterwinning Leidsche Rijn niet verslechteren. Omdat de verontreiniging de winning niet bereikt en de verspreiding op lange termijn stabiliseert, kan een negatieve trend in het gemengde ruwwater als gevolg van verontreinigingen uit het beheergebied worden uitgesloten.



Figuur 5.39 Beoordeling Drinkwater

Tabel 5.17 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	Er is voldoende water van een goede kwaliteit beschikbaar voor de drinkwaterproductie. Er zijn geen urgente vervuilingen aanwezig in het ruwwater. Er zijn echter wel kwetsbare onttrekkingslocaties, waar momenteel lage concentraties verontreinigingen worden aangetroffen. Daarmee is de huidige situatie als redelijk beoordeeld.
Autonome ontwikkeling	Ondanks de doorbraak van grondwaterverontreiniging naar het tweede watervoerende pakket neemt de kwaliteit van het ruwwater rond de drinkwatervoorziening Leidsche Rijn niet af. Ondanks het strenge beschermingsregime binnen de boringsvrije zones kunnen ruimtelijke ontwikkelingen een negatief effect hebben op de kwaliteit van het ruwwater.
Bandbreedte	De bandbreedte wordt volledig bepaald door de onzekerheid over het effect van ruimtelijke ontwikkelingen op de kwaliteit van het ruwwater. Het geohydrologisch model is gebaseerd op worst case aannames en de verspreiding van grondwater is dus niet bepalend voor de bandbreedte.

5.3.7 Bodemopbouw

Wat verstaan we onder deze indicator?

Bodemopbouw is van invloed op de verspreidingssnelheid van verontreinigingen. Zo verspreiden verontreinigingen zich trager in kleihoudende bodems dan in zandige bodems. Ook kan het doorboren van scheidende lagen van invloed zijn op de verspreiding van verontreinigingen tussen watervoerende pakketten. De indicator bodemopbouw beschouwt het effect van ontwikkelingen op de samenstelling van de bodem. Bij het aspect bodemopbouw is in eerste instantie gekeken naar de eigenschappen in de bovenste 1 à 2 meter omdat deze het meest worden beïnvloed door menselijk handelen.

Huidige situatie

De bodem van Utrecht bestaat uit afwisselende lagen van zand, klei en veen. De bovenste bodemlaag (ongeveer de bovenste 5 meter) bestaat van nature voornamelijk uit klei en weinig materiaal, afgewisseld met zandlagen (Zie voor meer informatie ook hoofdstuk 0). De bovenste bodemlaag, ook wel deklaag genoemd, vormt de eerste bescherming van de diepe ondergrond en watervoerende pakketten tegen verontreiniging. Van oorsprong bestaat deze laag uit slecht doorlatende veen- en kleilagen. De samenstelling en dikte van de deklaag variëren binnen Utrecht. De laag is gemiddeld tussen de 1 en 8 meter dik en is sterk verstoord. In het beheergebied van het GGB is de bovengrond hoofdzakelijk antropogeen: de natuurlijke bescherming is daar erg dun geworden en vervangen door kleilig zand en ophooggrond ten behoeve van stedelijke ontwikkelingen.

Autonome ontwikkelingen

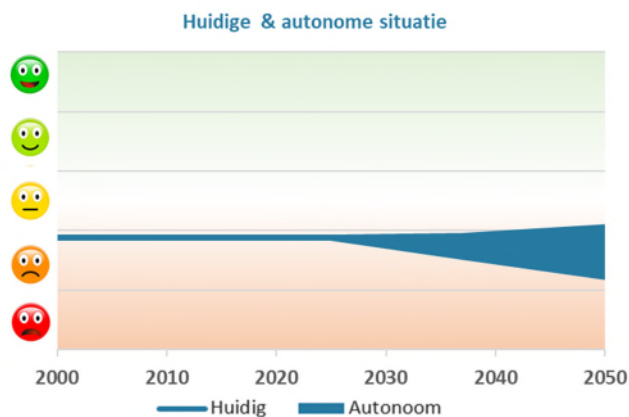
De bodem in de gemeente Utrecht loopt risico op bodemdegradatie door verschillende ontwikkelingen. De aanleg en het vervangen van kabels en leidingen verstoort de bodem. Ook toekomstige woningbouwprojecten en bedrijventerreinontwikkelingen hebben een negatief effect op de bodemopbouw. De toename van verharding en vergraving van de bovenlaag verstoren de ondergrond. Daarnaast worden bij deze ontwikkelingen mogelijk

bodemenergiesystemen aangelegd. Bodemenergiesystemen kunnen scheidende lagen doorboren en zo de bodemopbouw (c.q. de scheidende functie van deze laag) verstoren.

Momenteel werkt de gemeente aan een beleidsnota Ondergrond. Deze nota beschrijft op welke manier de gemeente de ondergrond gaat beschermen, gebruiken, beheren en verbeteren. Bij nieuwe ontwikkelingen blijft de kwaliteit van de ondergrond zoveel mogelijk behouden. Ook vanuit de beleidsbrief Water en Bodem Sturend en de EU Soil Health Mission is er een grotere aandacht voor het zo min mogelijk verstoren van de bodemopbouw, en het vitaliseren van de bodem.

Beoordeling

De natuurlijke bodemopbouw is verstoord en daarom in de huidige situatie als matig beoordeeld. In de referentiesituatie kunnen nieuwe stedenbouwkundige ontwikkelingen negatieve effecten hebben op de bodemopbouw door meer verstoring. De aanleg en het onderhoud van nieuwe ondergrondse infrastructuur en energievoorzieningen vormen een blijvend risico voor de bodemopbouw. Vanuit Water en Bodem Sturend beleid mag een verbetering op termijn worden verwacht, maar in welke mate is nog moeilijk in te schatten. De bandbreedte is dan ook groot, waarbij de kans op verbetering kleiner is dan het risico op verslechtering.



Figuur 5.40 Beoordeling Bodemopbouw

Tabel 5.18 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De hoge mate van verstoring in de Utrechtse bovengrond resulteert in een “matige” beoordeling van de huidige situatie.
Autonome ontwikkeling	- De integratie van het bodem belang bij de uitvoer van nieuwe ontwikkelingen vanuit de kamer brief Water- bodem sturend heeft mogelijk een positieve uitwerking op toekomstige bodemontwikkelingen. Daar tegenover staat dat er in de toekomst meer ondergrondse infrastructuur wordt verwacht. De aanleg van deze infrastructuur heeft een negatief effect op integriteit van de bodem en bodemopbouw.
Bandbreedte	- De te verwachten effecten zijn sterk afhankelijk van de implementatie van nieuw beleid. De onzekerheid over de invulling van dit beleid maakt het lastig om de effecten goed te voorspellen. Daarom is er een grote bandbreedte gehanteerd in de beoordelingsgrafiek.

5.3.8 Biologische, fysische en chemische bodemkwaliteit

Wat verstaan we onder deze indicator?

De indicator bodemkwaliteit beschouwt het effect van de plannen op de biologische, fysische en chemische bodemkwaliteit. Landelijk beleid stelt strikte eisen voor de chemische bodemkwaliteit. Voor de biologische en fysische kwaliteit zijn er nog geen eisen. Bij nieuwe ontwikkelingen moet worden voldaan aan de chemische basisbodemkwaliteit voor de gewenste functies. Dit omdat bodemverontreiniging een risico is voor de gezondheid van mens, plant en dier en voor een onbeheersbare verspreiding in het milieu. Dit leidt ertoe dat, bij ontwikkelingen, deze bodemkwaliteit enkel gelijk kan blijven als deze voldoet aan de bodemkwaliteit voor de gewenste functie, of deze kan verbeteren. Bij het aspect bodemkwaliteit is in eerste instantie gekeken naar de eigenschappen in de bovenste 1 á 2 meter omdat deze het meest worden beïnvloed door menselijk handelen. Daarnaast is ook de verontreinigingssituatie in de diepere bodem meegenomen, waar direct de koppeling ligt met de kwaliteit van het grondwater.

Onder de noemer van biologische kwaliteit is het bodemleven onderdeel van deze indicator. Het bodemleven omvat een diversiteit aan organismen zoals bacteriën, schimmels, wormen en insecten. Deze organismen spelen een cruciale rol in het handhaven van de bodemgezondheid door het afbreken van organisch materiaal, het bevorderen van de nutriëntenkringloop en het verbeteren van de bodemstructuur. Een belangrijke indicator voor een gezond bodemleven is de aanwezigheid van regenwormen en de koolstofvastlegging in de bodem. Deze indicator beschrijft het effect van de plannen op dit bodemleven, met name gebruik makend van inzicht in de aanwezigheid van regenwormen en koolstofvastlegging.

Regenwormen zijn gevoelig voor verontreiniging en grondbewerking en geven een indicatie van de bodemgesteldheid. Koolstofvastlegging in de bodem is nauw verbonden met de activiteit en gezondheid van bodemorganismen. Bodemorganismen, zoals bacteriën, schimmels en regenwormen, bevorderen van humusvorming, het proces waarbij organisch materiaal wordt omgezet in stabiele organische fracties in de bodem. Hierdoor wordt organisch materiaal vastgelegd in de bodem, wat bijdraagt aan de bodemvruchtbaarheid en de opslag van koolstof [20].

Koolstof in de bodem vormt een belangrijke bron voor het bodemleven. Schimmels, archaea en bacteriën die in de bodem voorkomen, worden gevoed door het organische materiaal in de bodem. De vastlegging van nieuw organisch materiaal draagt op termijn bij aan een rijk en gezond bodemleven. Dit bodemleven speelt een belangrijke rol in de afbraak van organische resten, de opbouw van humus, en de verbetering van de bodemstructuur.

Gezamenlijk zijn de chemische, fysische en biologische kwaliteit een maat voor een vitale bodem. Dit is een bodem waarin de chemische, fysische en biologische kwaliteit in balans is, rekening houdend met de functie.

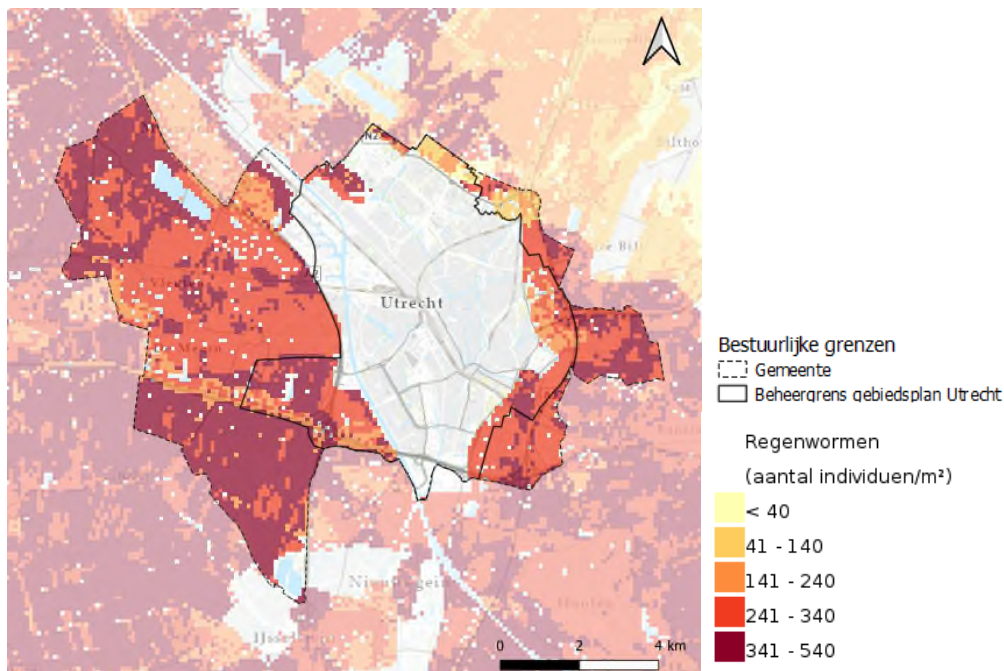
Huidige situatie

Biologische en fysische bodemkwaliteit

De gemeente Utrecht bestaat voor grote delen uit bebouwd gebied. De bodem is vaak geschikt gemaakt voor bouw- en infrastructuurprojecten doormiddel van het ophogen van gronden. In dergelijke opgehoogde gronden is het bodemleven over het algemeen beperkt door de verstoorde structuur en, afhankelijk van het ophoogmateriaal, beperkte aanwezigheid van organisch materiaal. Ook de verdichting van de bodem tijdens de bouwwerkzaamheden heeft een negatief effect op het bodemleven [21].

Aanwezigheid van regenwormen

In Figuur 5.41 is de regenwormenabundantie van de gemeente Utrecht weergegeven. De kaart is gebaseerd op bodemgegevens uit de Bodem Biologische Database. Met behulp van non-lineaire regressiemodellen is het geschatte aantal regenwormen per vierkante meter bepaald. Vooral in landelijke gebieden is de geschatte regenwormenabundantie hoog. Op basis van het model en de beschikbare gegevens kan in de stad Utrecht, de Haarrijnseplas en de Nedereindseplas geen schatting worden gemaakt van de regenwormenabundantie.

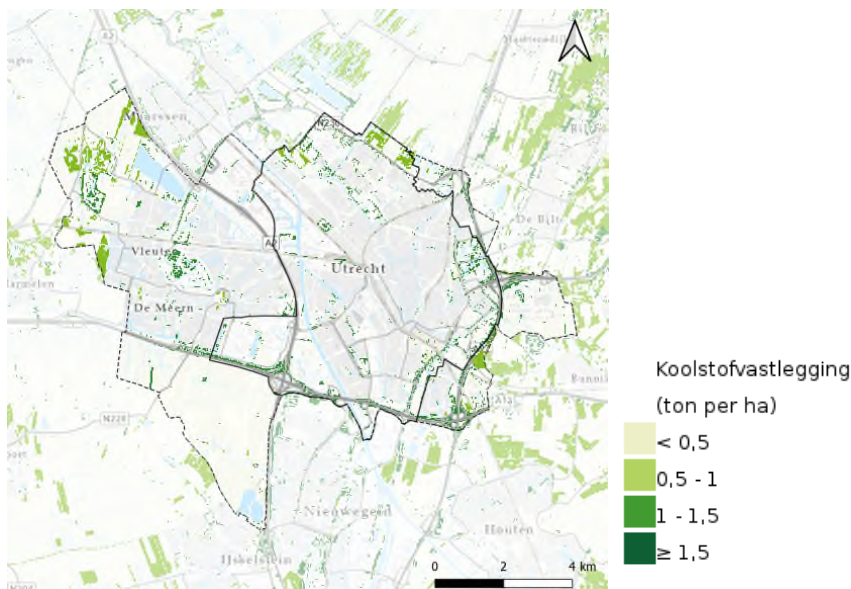


Figuur 5.41 Regenwormen abundantie (Bron: RIVM, 2015)

Er zijn geen monitoringsgegevens die de gesteldheid van het microbiologische bodemleven in de gemeente in beeld brengt.

Koolstofvastlegging

In Figuur 5.42 is de koolstofvastlegging door vegetatie in ton koolstof per hectare in 2020 weergegeven. Op de kaart wordt de boven- en ondergrondse vastlegging gezamenlijk weergegeven. Met uitzonderingen van Kasteel de Haar, Landgoed Haarzuilens en een aantal groenstroken is de vastlegging van koolstof in de gehele gemeente Utrecht niet bekend.



Figuur 5.42 Koolstofvastlegging in ton per ha (Bron: CBS, 2020)

Chemische bodemkwaliteit

Door historische activiteiten is de bodem in Utrecht verontreinigd geraakt met verschillende stoffen (Zie ook hoofdstuk 5.3.5). Op veel locaties is de bodem verontreinigd met een breed pakket aan stoffen. De aanwezigheid van verontreinigingen in de bovengrond heeft invloed op het bodemleven, waaronder archaea, bacteriën, schimmels en regenwormen. De samenstelling van het (micro)biologische bodemleven kan veranderen door de

aanwezigheid van deze verontreinigingen. Daarnaast kan de microbiologische samenstelling ook bijdragen aan de afbraak van bodemverontreiniging (zie ook biowasmachine in paragraaf 3.3.5).

Een gezonde bodem heeft een zekere mate van zelfreinigend vermogen. Onder de juiste omstandigheden (voldoende nutriënten, temperatuur, pH en redoxcondities) kunnen de in de bodem aanwezige schimmels en bacteriën verontreinigingen afbreken. In het gebiedsgericht grondwaterbeheer (2015) wordt uitgegaan van dit natuurlijke potentieel in de bodem. Zoals in paragraaf 5.3.5 beschreven zijn de bodemcondities in de dynamische zone van het 1^e watervoerende pakket dusdanig dat er VOCl in beperkte mate op natuurlijke wijze afgebroken wordt [1, 2, 14].

Autonome ontwikkelingen

De gemeente zet in op meer groen in de stad. Dit draagt bij aan een verhoogde vastlegging van organisch materiaal in de bodem en heeft op termijn een positief effect op het bodemleven. Het beheer van de groenvoorzieningen heeft (o.a. door verwijderen van afgestorven plantenresten en schoffelwerkzaamheden) invloed op de ontwikkeling van de bodem en het bodemleven. Tijdens de aanleg van het nieuwe groen zal de bodem tijdelijk verstoord worden. Bodemgemeenschappen ontwikkelen zich langzaam. Hierdoor kan er tijdelijk een verslechtering van het bodemleven plaatsvinden door de geplande ontwikkelingen.

De gemeente Utrecht zet zich stevig in om de aanwezige bodemverontreinigingen te saneren. De afname van vervuiling zal een positieve impact hebben op het bodemleven en daarmee op de biologische bodemkwaliteit. De toenemende vergijzing van het oppervlaktewater (PM zie 5.3.3) heeft mogelijk een negatieve uitwerking op het bodemleven door de infiltratie van vervuild oppervlaktewater in bodem.

Door toenemende verstening en verdichting is er minder infiltratie van water in de bodem mogelijk. Daarnaast wordt de bodem dan minder gevoed met organische plantenresten welke de basis vormen van een gezond bodemleven. De toename van het percentage afgedekte bodem zorgt voor een verslechtering van het bodemleven.

Ook neemt de drukte in de ondergrond toe. Aanleg van nieuwe leidingen, kabels en buizen verstoort het bodemprofiel en bodemleven. Het kan vele jaren duren voor het bodemleven zich weer heeft hersteld. Daarnaast kan de aanleg van warmtenetten en warmtesystemen resulteren in een verhoging van de bodemtemperatuur. Hierdoor ontstaan effecten op de bodem, zoals de versnelling van bodemprocessen waardoor de samenstelling van bodemgemeenschappen kan veranderen. Deze opwarming van de ondiepe bodemlagen kan uitdroging in droge periodes versterken. Daarnaast kan opwarming in de wortelzone de plantengroei beïnvloeden, wat kan doorwerken in versnelde groei, aanpassingen aan de wortelstructuren, veranderende nutriëntenopname. Door de hogere temperaturen worden biochemische reacties versneld. Dit kan leiden tot diepere wortels, een verhoogde waterbehoefte en een snellere verspreiding van ziekten en plagen, wat de gezondheid en groei van de plant beïnvloedt. Ook kan opwarming een effect hebben op de soortenrijkdom: droogte-intolerante soorten zullen verdwijnen. Hierdoor is het mogelijk dat er een lokale verschuiving van vegetatietypen gaat plaatsvinden. Met name voor pioniervegetatie of begroeiingen met veel eenjarige plantensoorten zullen deze effecten het eerst te zien zijn [22].

Door klimaatverandering stijgt de temperatuur van de bodem. Uit onderzoek blijkt dat de bodemtemperatuur in delen van Nederland tot wel 3 graden Celsius kan stijgen in 2050 [23]. Daarnaast draagt het stedelijk hitte eiland effect bij aan een verhoging van de temperatuur in het stedelijk gebied. In het centrum van Utrecht kan de temperatuur in de zomer meer dan 2 graden hoger zijn dan in de omliggende gebieden [24]. Dit heeft effect op de bodemtemperatuur en versnelt bodemprocessen zoals mineralisatie en denitrificatie, maar kan ook leiden tot uitdroging, wat deze processen vertraagt. Interacties tussen temperatuur, droogte, planten en bodemleven maken de effecten moeilijk te voorspellen. De invloed op bodemgemeenschappen blijft onzeker.

Momenteel werkt de gemeente aan een beleidsnota Ondergrond. Deze nota beschrijft op welke manier de gemeente de ondergrond gaat beschermen, gebruiken, beheren en verbeteren. Bij nieuwe ontwikkelingen blijft de kwaliteit van de ondergrond zoveel mogelijk behouden. Ook vanuit de beleidsbrief Water en Bodem Sturend en de EU Soil Health Mission is er een grotere aandacht voor het zo min mogelijk verstoren van de bodem. De negatieve gevolgen voor de bodem kunnen worden beperkt door het nemen van preventieve maatregelen bij

bekende risico's en voorzorgsmaatregelen bij onzekere risico's. Door implementatie van deze nota voorkomt de verslechtering van de bodemkwaliteit door nieuwe ontwikkelingen.

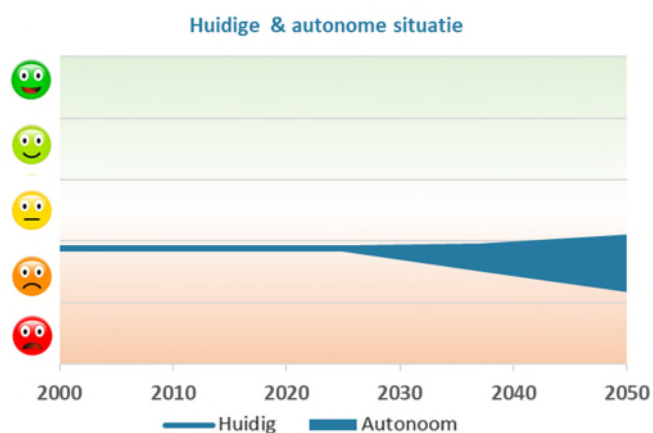
Beoordeling

In de gemeente Utrecht is zeer beperkte informatie beschikbaar over de gesteldheid van het bodemleven in de ondergrond. In verstedelijkte gebieden is de bodem echter vaak verstoord, waardoor er weinig bodemleven wordt verwacht. Over het algemeen wordt de huidige bodemkwaliteit in Utrecht als slecht beoordeeld. Zowel wat betreft het bodemleven in de netwerklaag, als in de diepere ondergrond. Met name de mate van verontreiniging in de diepe bodemlagen heeft effect op de microbiologische activiteit van het bodemleven. De verdere verstedelijking in de gemeente Utrecht en de aanleg en het onderhoud van de ondergrondse infrastructuur, en de toenemende vergrijzing van het infiltrerende hemelwater vormen risico's voor het aanwezige bodemleven. Verwacht wordt dat de biologische toestand in de toekomst niet zal verbeteren.

De bodemkwaliteit in de gemeente Utrecht is vanuit chemisch oogpunt matig vanwege de aanwezige verontreinigingen. Hoewel de bodem voldoende capaciteit biedt voor het vervullen van gebruiksfuncties (veelal wonen), is deze op verschillende locaties verontreinigd. Er is risico op verdere verspreiding van verontreiniging.

Nieuwe stedenbouwkundige ontwikkelingen kunnen negatieve effecten hebben op de bodemopbouw en -kwaliteit door verstoring en toegenomen infiltratie van vervuild hemelwater. Het vervangen van niet-functionele verharding door groen biedt echter ook kansen voor de ontwikkeling van een gezondere bodem met een groter zelfreinigend vermogen. Het effect van een toenemend aantal OBES is moeilijk in te schatten.

Vanuit Water en Bodem Sturend beleid en EU Soil Health mission mag een verbetering op termijn worden verwacht, maar in welke mate is nog moeilijk in te schatten. De bandbreedte is dan ook in positieve als negatieve zin groot.



Figuur 5.43 Beoordeling Bodemopbouw en -kwaliteit

Tabel 5.19 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	De bodemkwaliteit voldoet, met uitzondering van spoedlocaties, aan de wettelijk gestelde eisen. Er is echter sprake van een licht verontreinigde bodem. Ondanks deze lichte verontreiniging voldoet de bodemkwaliteit aan de kwaliteitseisen voor de aangewezen functies. Over het geheel genomen wordt de bodemkwaliteit als matig beoordeeld vanwege de lichte verontreiniging.
Autonome ontwikkeling	De integratie van het bodem belang bij de uitvoer van nieuwe ontwikkelingen vanuit de kamer brief Water- bodem sturend en de EU soil health mission heeft mogelijk een positieve uitwerking op toekomstige bodemontwikkelingen. De geplande stedenbouwkundige ontwikkelingen vormen echter een risico op verslechtering van de bodemkwaliteit.
Bandbreedte	De integratie van het bodem belang bij de uitvoer van nieuwe ontwikkelingen vanuit de kamer brief Water- bodem sturend en de EU soil health mission heeft mogelijk een positieve uitwerking op toekomstige bodemontwikkelingen.

5.4 Ecologie

5.4.1 Beleidskader

Tabel 5.20 Beleidskader ecologie

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Omgevingswet natuur (2024)	- De Omgevingswet regelt het belang van natuur als onderdeel van de fysieke leefomgeving. De wet borgt het welzijn van de mens, verbetert de bescherming van natuurkwaliteiten en breidt deze zo nodig uit. In de Omgevingswet wordt met betrekking tot natuurbescherming van soorten, bescherming van gebieden en bescherming van houtopstanden. - Het kader voor het Natura 2000 beheerplan en voor vergunningverlening blijft hetzelfde ten opzichte van de Wet natuurbescherming.
Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering 2022-2035 (2022)	De kern van het programma Stikstofreductie en Natuurverbetering is het verbeteren van de natuur. Hierbij staan twee doelen centraal: - Verminderen van de stikstofdepositie in stikstofgevoelige natuurgebieden om te voldoen aan de wettelijke omgevingswaarden in de Wet natuurbescherming; - Natuur verbeteren door het halen van de instandhoudingsdoelstellingen in stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden.
Provinciaal beleid	
Natuurvisie provincie Utrecht (2016)	De kern van het natuurbeleid van de provincie Utrecht is het behouden, versterken en verbinden van de natuur. Dit beleid bestaat uit vijf pijlers: - Natuur in een robuust netwerk: natuur krijgt de ruimte in robuuste aaneengesloten natuurgebieden (Natuurnetwerk Nederland (NNN) en Natura 2000-gebieden). - Natuur met kwaliteit: anders inrichten van gebieden, verbeteren van de bodem-, water- en milieucondities en behoud van bedreigde plant- en diersoorten. - Beleven en betrekken: mensen moeten van de natuur kunnen genieten en zich medeverantwoordelijk voelen om goed met de natuur om te gaan. - Naar duurzame financiering en benutting - De balans bewaken: de provincie weegt het beschermen van onze natuur zorgvuldig af tegen andere belangen, zoals het versterken van de infrastructuur of het creëren van woonruimte.
Gemeentelijk beleid	
Groenstructuurplan Utrecht, Stad en land verbonden (2007)	In het groenstructuurplan worden 3 ambities toegelicht: - Meer groen om de stad - Sneller naar buiten - Beter groen in de stad
Visie Klimaatadaptatie (2022)	De visie klimaatadaptatie beschrijft op welke wijze de gemeente Utrecht omgaat met het veranderende klimaat en de opgaven die daarbij komen kijken.
Actualisatie groenstructuurplan 2017-2030 (2018)	In de actualisatie groenstructuurplan worden 2 ambities toegevoegd: - Het groen in de stad gebruiken voor een gezonde stad - Het groen in de stad gebruiken om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen
Utrechtse soortenlijst (2018)	Bij ruimtelijke ontwikkelingen wil de gemeente Utrecht extra rekening houden met beschermde soorten. In de Utrechtse soortenlijst staat omschreven met welke bijzondere plant- en diersoorten ontwikkelaars en initiatiefnemers rekening moeten houden.

5.4.2 Natuur

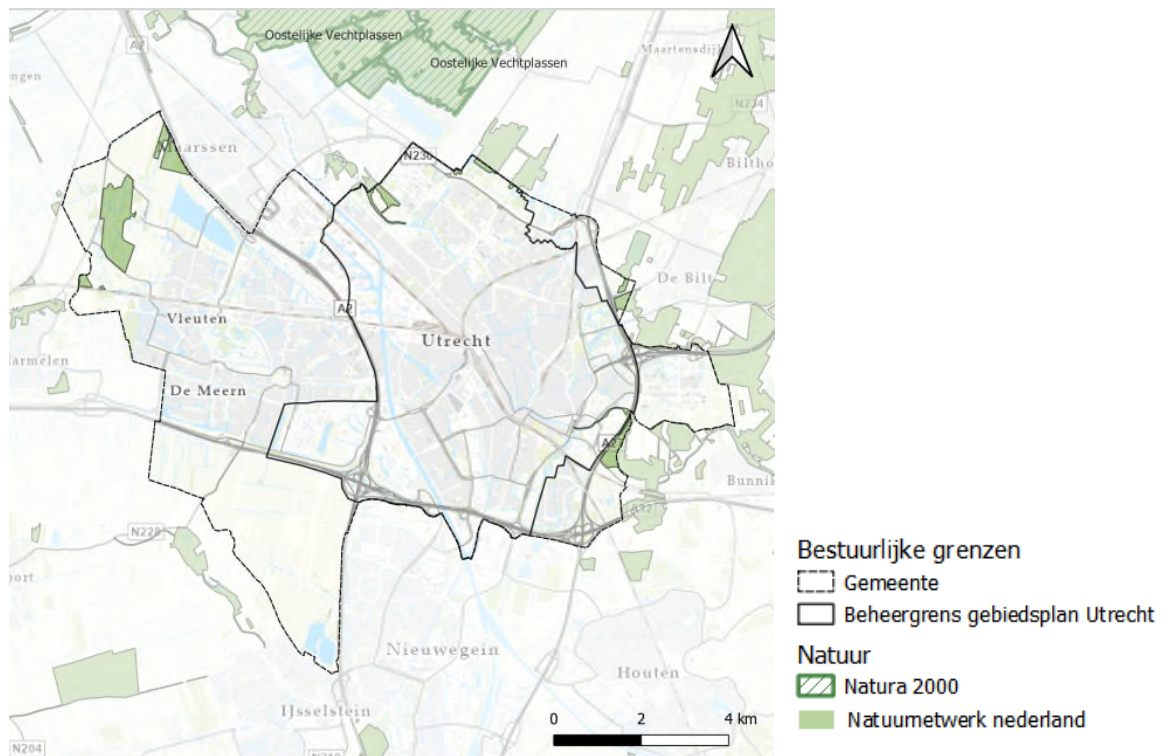
Wat verstaan we onder deze indicator?

Het thema Natuur gaat in op de aanwezigheid van (of afstand tot) Natura 2000-gebieden en het Natuur Netwerk Nederland en soortenrijkdom op basis van Rode Lijst soorten.

Huidige situatie

Natura 2000-gebieden

Binnen de gemeente Utrecht zijn geen Natura 2000-gebieden aanwezig (Zie figuur 5.43). Het natuurgebied Oostelijke Vechtplassen ligt echter op ongeveer 1 km ten noorden van de gemeente Utrecht. De Oostelijke Vechtplassen bestaan uit verschillende laagveengebieden aan de oostrand van de Utrechtse Heuvelrug. In het gebied zijn verscheidende typen moeras en moerasvegetaties aanwezig. Het gebied is gevoelig voor stikstof overbelasting.



Figuur 5.44 Ligging van NNN-gebieden en Natura 2000-gebied de Oostelijke Vechtplassen

De zuidzijde van het Natura 2000-gebied, die nabij de gemeente Utrecht ligt, bestaat voornamelijk uit een open landschap met veel grasland, trilveen en rietland. Het is zeer belangrijk voor broedvogels als de Roerdomp, Purperreiger, Woudaap en de Grote karekiet. Momenteel is er een overbelasting van stikstof in het gebied waardoor de typerende vegetatie en het daarmee samenhangende ecosysteem bedreigd wordt.

De veenvorming in het oostelijke deel van het gebied is ontstaan onder invloed van kwel afkomstig uit het Gooi en de Utrechtse Heuvelrug. De aanwezige kwel is van groot belang voor de goede waterkwaliteit en de daarmee samenhangende natuurwaarden. De oostelijke Vechtplassen vormen een van de belangrijkste laagveenmoerasesystemen van Nederland [25]. Uit de toetsing van het huidige gebruik blijkt dat de huidige waterwinning en waterbeheer in en rondom het gebied zo gering zijn dat ze geen gevaar vormen voor het behalen en in stand houden van de Natura 2000 doelstelling.

Sinds de 19^e eeuw neemt de toevoer van gebufferd kwelwater richting de Oostelijke Vechtplassen af. Dit is onder andere het gevolg van de grondwaterwinning op de Heuvelrug, drainage door poreuze rioolbuizen, peilverlagingen, de toename van landbouwkundig gebruik, toename van verharding in het inrijingsgebied en de aanleg van het Hilversum kanaal en de haven.

Ter bescherming van de grondwaterafhankelijke natuur in de Oostelijk Vechtplassen is vanaf 1999 het onttrekkingsdebiet van drinkwaterwinningen in het beïnvloedingsgebied teruggedrongen [25]. De verminderde toevoer van gebufferd kwelwater als gevolg van de toenemende drinkwaterwinning sinds 1950 en de toename van verharding in het inrijingsgebied spelen een grote rol in de overwegend negatieve trend van het trilveen in de Oostelijke Vechtplassen.

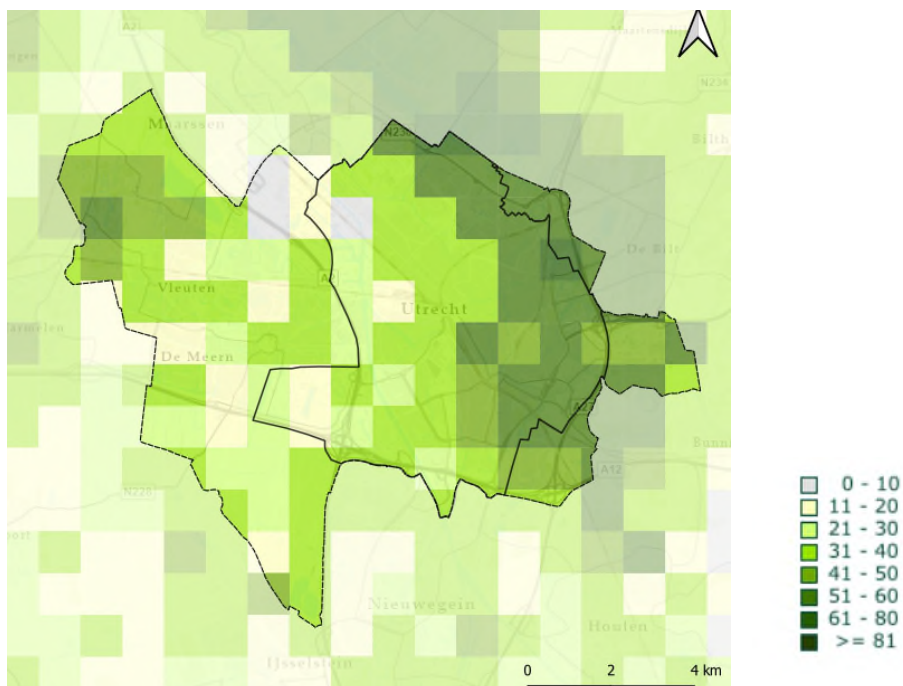
Natuurnetwerk Nederland en Rode-lijst soorten

Binnen de gemeente Utrecht zijn wel enkele natuurgebieden die vallen onder het Natuurnetwerk Nederland (NNN) aanwezig. De doelstelling van het NNN is om natuurgebieden met elkaar te verbinden. Soorten hebben dan de mogelijkheid om zich te verspreiden en voort te planten, wat ten goede komt aan de biodiversiteit. De begrenzing van het Nationaal Natuurnetwerk van de gemeente Utrecht is vastgelegd in de Omgevingsverordening van de provincie Utrecht.

Nabij de Haarrijnse Plassen is aan de zuidzijde een ecologische zone aangewezen. Dit is deels ingericht als waterbuffergebied ten behoeve van de watervoorziening voor Leidsche Rijn en als mitigatiegebied voor de grote modderkruiper.

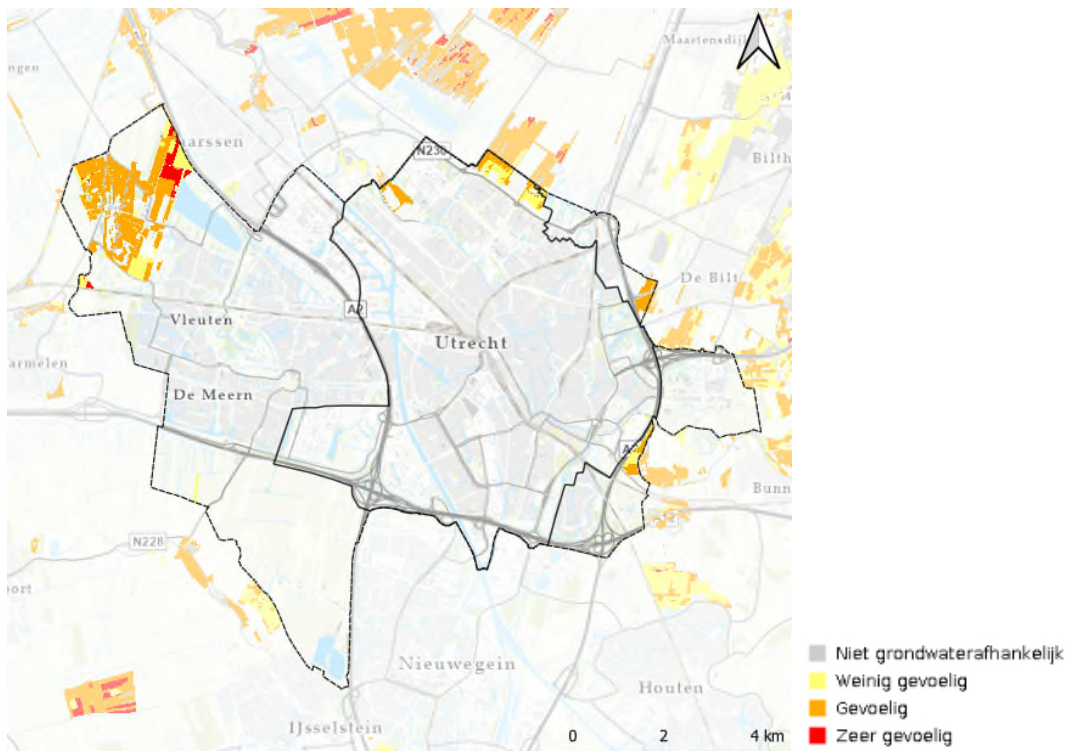
Op de soortendiversiteit van Rode-lijstsoorten kaart in Figuur 5.45 staat de geschatte soortendiversiteit van de Rode-lijstsoorten in de gemeente Utrecht. Op de rode lijst staan soorten die zijn verdwenen of dreigen te verdwijnen uit Nederland. Rode-lijstsoorten komen voornamelijk voor in gebieden met een hoge biodiversiteit. In de gemeente Utrecht zijn er veel Rode-lijstsoorten te vinden aan de oostzijde en in het noordwesten van de gemeente. In het oosten zijn dit ca. 1.673 waarnemingen van bedreigde soorten op de Rode Lijst [26]. In en nabij deze gebieden bevinden zich ook delen van het NNN.

De lichtgele en licht groene delen in het midden en zuiden van de gemeente duiden op de aanwezigheid van relatief weinig Rode-lijstsoorten (ca 353 beschermde soorten). De hoge mate van verstedelijking en landbouw in deze gebieden biedt een minder geschikt habitat voor veel Rode-lijstsoorten.



Figuur 5.45 Soortendiversiteit van rode-lijstsoorten in Nederland. (Nationale Databank Flora en Fauna, 2017)

Grondwaterafhankelijke droogtegevoelige natuur bevindt zich met name in het noordwesten van de gemeente. Figuur 5.46 geeft het risico op droogtestress in de gemeente weer. Ook in het Natura 2000-gebied Oostelijke Vechtplassen, ten noorden van de gemeente, is veel droogtegevoelige natuur aanwezig. De biodiversiteit in droogtegevoelige natuur kan verslechteren bij een verlaging van de grondwaterstand en een lagere bodemvochtigheid.



Figuur 5.46 Droogtegevoelige grondwaterafhankelijke Natuur (Bron: KWR & FWE, 2021)

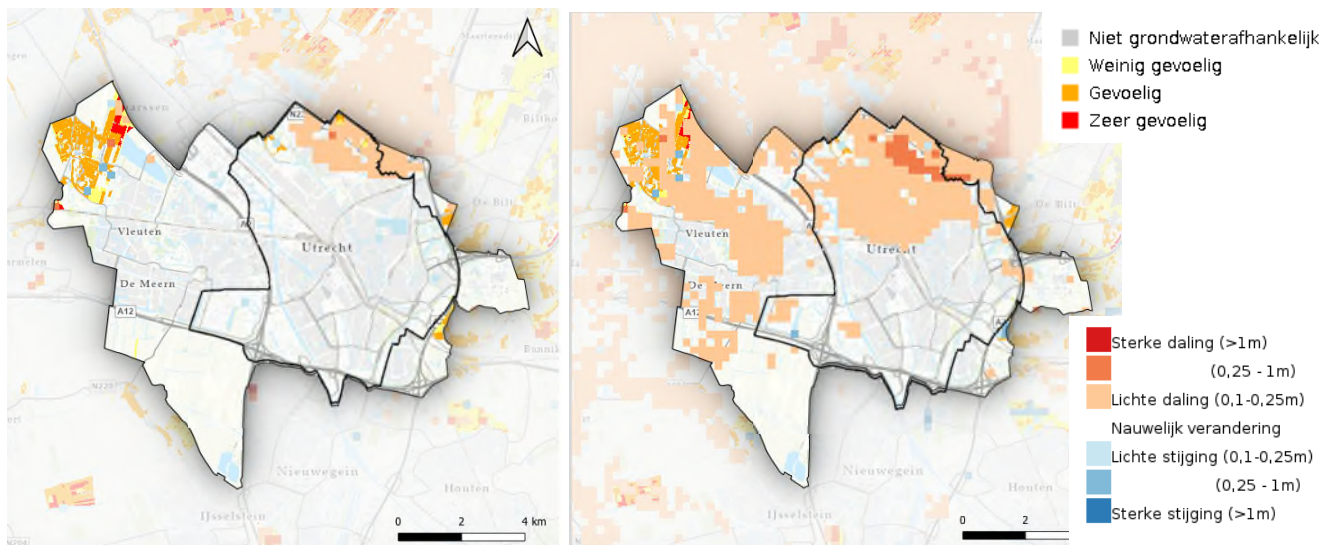
Autonome ontwikkelingen

De gemeente voorziet momenteel in een aantal projecten voor grootschalige natuurontwikkeling van nieuwe natuur. Dit betreft plannen nabij Ockhuizen, waar het een natuurgebied ter grootte van ca. 30 ha aanlegt. Dit is een gebied bestaand uit bos en moerasbos, en deels open natuur. Verwacht wordt dat dit beschermde soorten ten goede komt. De plannen nabij Ockhuizen geldt als de ontwikkelingen van nieuwe NNN.

Nabij de ecologische zone van de Haarrijnse Plas zijn nieuwbouwplannen gepland. Deze en overige stedenbouwkundige ontwikkelingen (zie paragraaf 3.1) bieden zowel kansen als risico's voor natuurontwikkeling. De realisatie van de woningbouwopgave kan mogelijk leiden tot meer verharding. Echter, vanuit het groenstructuurplan wordt ingezet op meer groen in het stedelijk gebied.

Bij een verlaging van de grondwaterstand (bijvoorbeeld als gevolg van klimaatverandering of bemaling door aanleg van OBES) vermindert de bodemvochtigheid. Dit heeft een negatief effect op de biodiversiteit in een gebied. Figuur 5.47 geeft inzicht in de gemiddeld laagste grondwaterstand in combinatie met de droogtegevoelige natuur bij een hoog en laag scenario van klimaatverandering. Bij een laag scenario van klimaatverandering daalt de gemiddeld laagste grondwaterstand met name in het noordoosten van de gemeente. Bij een hoog scenario van klimaatverandering zal in het gehele noordelijke deel van de gemeente de grondwaterstand dalen. Het is de verwachting dat de biodiversiteit in de droogtegevoelige natuur zal afnemen als gevolg van de grondwaterstand daling. Ook overige natuur zal zich mogelijk aanpassen aan de lagere grondwaterstand met een verandering in de vegetatie als gevolg.

De drinkwaterwinning in de gemeente Utrecht kan in de toekomst toenemen. Hierdoor wordt er mogelijk meer grondwater onttrokken uit het 2^e watervoerende pakket. Dit heeft geen direct gevolg voor de droogtegevoelige natuur welke met name afhankelijk is van het ondiepe grondwater. Echter, de Oostelijke Vechtplassen, ten noorden van de gemeente Utrecht, zijn sterk afhankelijk van kwel uit de diepe ondergrond. In het verleden heeft het vergroten van de drinkwaterwinning geresulteerd in een afname van kwel in het gebied. Bij een verdere toename van de drinkwaterwinning uit het tweede watervoerende pakket bestaat het risico, dat dit negatieve effecten zal hebben op het Natura 2000-gebied de Oostelijke Vechtplassen.

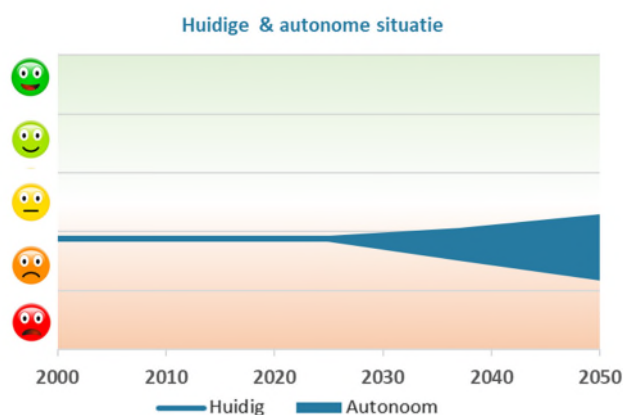


Figuur 5.47 Risico op droogtegevoelige natuur in combinatie met de gemiddeld laagste grondwaterstand bij een laag (links) en hoog (rechts) scenario van klimaatverandering).

Beoordeling

In en rondom de gemeente Utrecht zijn enkele NNN-gebieden en Natura 2000-gebieden aanwezig. Daarnaast is de mate van biodiversiteit in een groot deel van het gebied relatief laag. De staat van o.a. het Natura 2000-gebied de Oostelijke Vechtplassen is matig door de verminderde toevoer van kwelwater. Vanwege drukfactoren zoals stikstofdepositie, verzuring, vermisting en stedelijke ontwikkelingen wordt de huidige situatie van het aspect Natuur als matig beoordeeld.

De autonome ontwikkelingen in Utrecht geven een gemengd beeld. De realisatie van de NNN-gebieden binnen de gemeente Utrecht is op een aantal na grotendeels voltooid en er staan voor nu geen nieuwe grootschalige natuurontwikkelingsplannen op de planning. Echter, vanuit het groenstructuurplan, de visie Klimaatadaptatie en de RSU wordt ingezet op meer groen in het stedelijk gebied. Stedenbouwkundige ontwikkelingen bieden zowel kansen als risico's voor natuurontwikkeling. Tot slot vormt de mogelijke toename van drinkwaterwinning een risico voor de biodiversiteit in grondwaterafhankelijke natuurgebieden zoals de Oostelijke Vechtplassen. De autonome ontwikkelingen bieden zowel kansen als risico's voor de natuur in en rondom de gemeente Utrecht. Het is onzeker in welke mate de positieve ontwikkelingen de negatieve ontwikkelingen compenseren. Daarom is er een grote bandbreedte voor de autonome situatie aangehouden.



Figuur 5.48 Beoordeling huidige en autonome situatie natuur

Tabel 5.21 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De huidige situatie wordt als “matig” beoordeeld. Dit heeft met name te maken met het achteruitgaan van biodiversiteit door o.a. vermeting, verzuring, stikstofdepositie en verdroging.
Autonome ontwikkeling	- De gemeente zet door middel van verschillende initiatieven in op het ontwikkelen van natuur. Tegelijkertijd bestaan er nog steeds veel bedreigingen die de matige status van natuur kunnen verslechteren.
Bandbreedte	- De bandbreedte is breed: Het is onduidelijk in welke mate de positieve ontwikkelingen de negatieve ontwikkelingen compenseren.

5.5 Erfgoed

5.5.1 Beleidskader

Onder het thema erfgoed worden de aspecten archeologie, landschap, cultuurhistorie en aardkundige waarden beschreven. Deze onderdelen vormen de gelaagde en dynamische achtergrond waarin natuurlijke en menselijke invloeden samenkomen en die de geschiedenis van een gebied weerspiegelen.

Tabel 5.22 Beleidskader erfgoed

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Erfgoedwet (2016)	Bescherming van cultureel erfgoed in Nederland. Het Verdrag van Valletta is daarbij de basis voor de Nederlandse omgang met archeologie. Provincie Utrecht en de gemeente zijn verantwoordelijk voor beleid voor omgang met archeologie.
Erfgoed Deal	In de Erfgoed Deal maken verschillende partijen afspraken over het behoud en het gebruik van erfgoed bij de grote ruimtelijke opgaven van dit moment. Zoals bijvoorbeeld energietransitie en verduurzaming, klimaatadaptatie en stedelijke groei en krimp. Voor Utrecht geldt dit enkel om archeologie in Rijnenburg.
Omgevingswet erfgoed (2024)	Gebieden van cultuurhistorische waarden kunnen op grond van de Omgevingswet worden aangewezen als beschermd stadsgezicht. Beschermd stads- en dorpsgezichten zijn gebieden die van algemeen belang zijn vanwege hun schoonheid, hun onderlinge samenhang of hun wetenschappelijke of cultuurhistorische waarde. Ook geeft dit richting de gemeente ten behoeve van de bescherming en benutting van rijksmonumenten, gemeentelijke monumenten, cultuurlandschappen, de omgeving van monumenten, archeologische monumenten en werelderfgoed.
Provinciaal beleid	
Provinciale Omgevingsverordening	De Omgevingsverordening heeft betrekking op de bescherming van werelderfgoed en de provinciale Cultuurhistorische Hoofdstructuur. In de gemeente Utrecht vallen een aantal gebieden onder deze CHHS.
Gebiedsanalyse Kernkwaliteiten Hollandse Waterlinies	Het doel van de gebiedsanalyses is om meer inzicht te geven in hoe en waar de kernkwaliteiten zich manifesteren per gebied en hoe hiermee om te gaan bij ontwikkelingen. Ze zijn daarmee een hulpmiddel voor overheden en initiatiefnemers.
Cultuur- en erfgoedprogramma 2025-2028 (2024)	Het provinciale beleid in Utrecht richt zich op het leveren van een bijdrage van erfgoed aan een prettige, leefbare omgeving, waarin we ons erfgoed behouden, benutten en beleefbaar maken. Erfgoed speelt een belangrijke rol als een verbindende kracht tussen deze verschillende opgaven en als drager van de identiteit van een gebied. In dit programma ligt de focus dan ook op een omgevings- en mensgericht erfgoedbeleid. De provincie richt zich hierbij op: gebouwd erfgoed, archeologie, ruimtelijk erfgoed, streek- en kasteelmusea, erfgoedparticipatie en UNESCO Werelderfgoed.
Kwaliteitsgids Utrechtse landschappen	De gids beschrijft de huidige landschapskwaliteiten en ook hoe de provincie daar rekening mee houdt bij ruimtelijke ontwikkelingen en opgaven. Voor dit planMER zijn de Gebiedskaternen Eemland, Gelderse Vallei en Utrechtse Heuvelrug relevant.
Gemeentelijk beleid	
Erfgoednota ‘Utrechts erfgoed verbindt mensen en tijden’ (2021)	De geschiedenis van de stad Utrecht en de gebieden daarbuiten is belangrijk voor de ruimtelijke kwaliteit. Ze bepalen de identiteit van Utrecht. De gemeente zorgt dat de groei van de stad geen bedreiging is voor waardevol erfgoed. Niet alleen door het te bewaren, maar ook door het te gebruiken. Zo vormt het verleden van de gemeente een zichtbaar en waardevol fundament voor de zich steeds ontwikkelende stad.
Visie religieus erfgoed (2017)	Monumentale kerkgebouwen vertegenwoordigen een cultuurhistorische rijkdom en zijn soms zelfs symbool voor een stad, dorp of wijk. De gebouwen hebben primair een religieuze betekenis, naast een algemene maatschappelijke en culturele betekenis. De gemeente Utrecht wil de monumentaal beschermde kerken behouden, ook als deze niet meer als kerk gebruikt worden.
Verordening Erfgoed	De Verordening Erfgoed regelt de aanwijzing en bescherming van gemeentelijke monumenten.
Welstandsnota	Het beleid wordt gebruikt om bouwplannen te beoordelen op uiterlijk, zichtbare kwaliteit en plaatsing in de omgeving. Dit wordt gedaan bij omgevingsvergunningen en is gebaseerd op bestaande stedenbouwkundige structuur en architectuur in verschillende buurten en wijken.
Omgevingsplan gemeente Utrecht	In het Omgevingsplan van de gemeente Utrecht staan de beleidsregels met betrekking tot archeologie vermeld. Hierbij gaat het in op de bescherming van de archeologische waarden (artikel 7.3 t/m 7.9). Ook worden o.a. de beschermde stads- en dorpsgezichten beschreven.

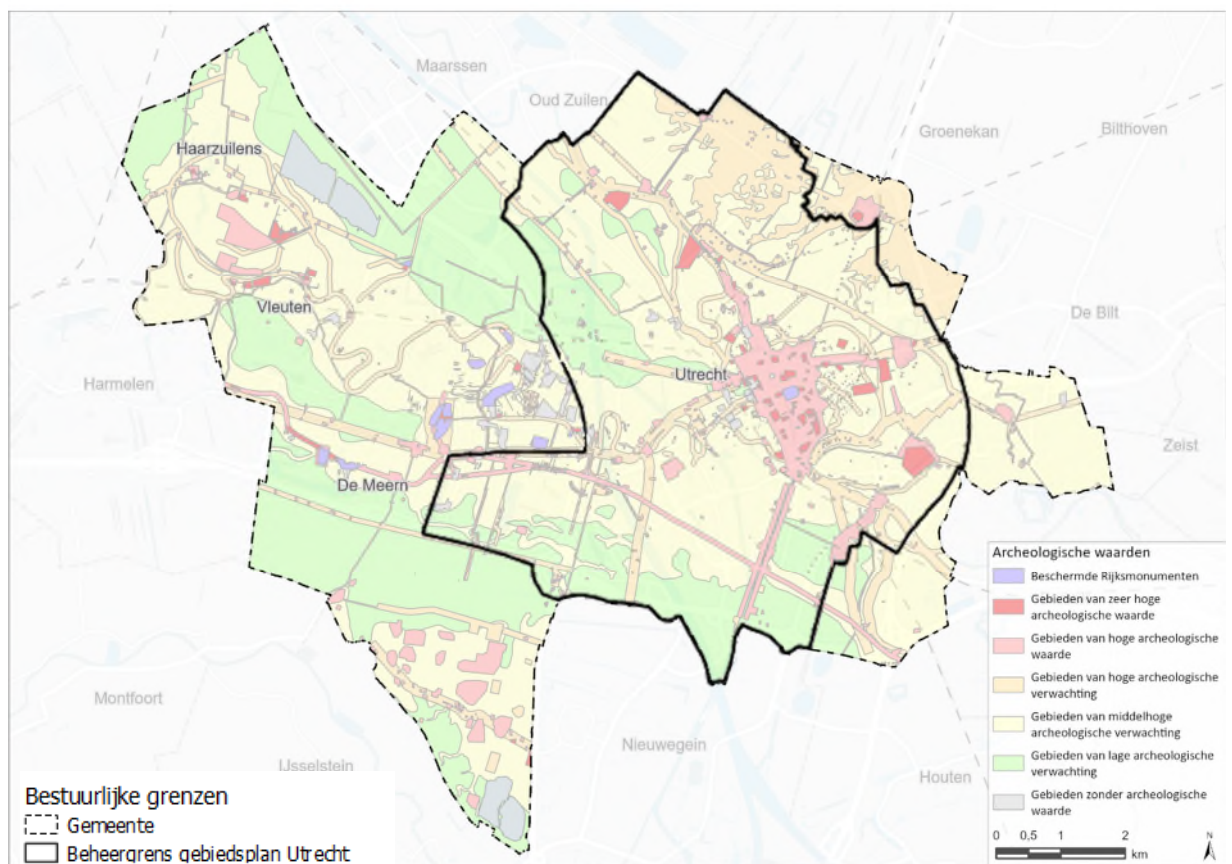
5.5.2 Archeologie

Wat verstaan we onder deze indicator?

Archeologie betreft alle aspecten van samenlevingen uit het verleden die via de materiële resten die de mens in het verleden heeft achtergelaten - veelal in en op de bodem - nu aanwezig zijn. Deze indicator geeft een beeld van de mate waarin archeologische waarden in het gebied mogelijk kunnen worden aangetast door het GGB.

Huidige situatie

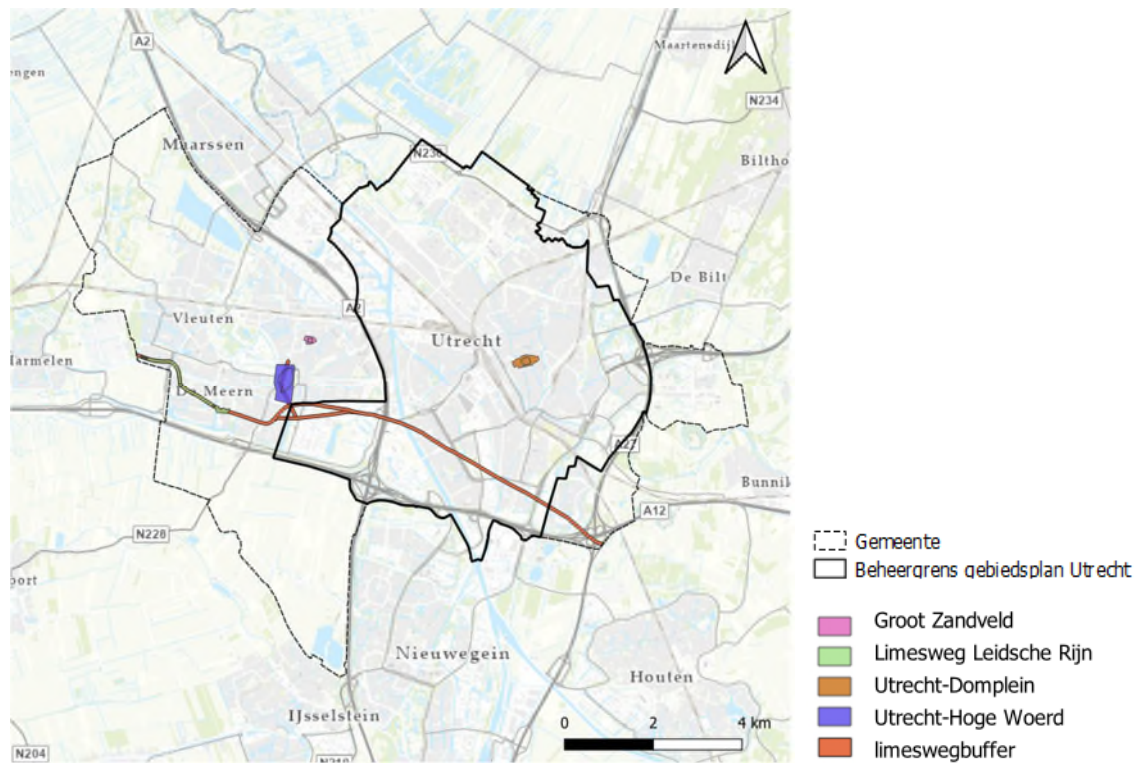
Utrecht is een stad met een rijke geschiedenis. Dit wordt gereflecteerd in de archeologische waardenkaart die gebieden met archeologische verwachtingen in kaart brengt (zie onderstaand figuur). Het gros van Utrecht heeft minimaal middelhoge archeologische verwachtingen. Uniek aan de situatie op gebied van archeologie in Utrecht is dat ook in de lagen waarin de mens reeds gegraven heeft - nog steeds archeologische vondsten worden gedaan. Er bestaan 12 beschermde archeologische rijksmonumenten in de gemeente.



Figuur 5.49: Archeologische waardenkaart gemeente Utrecht (Gemeente Utrecht, 2021).

Romeinse Limes

Utrecht is ontstaan op de grens van het Romeinse Rijk, deze grens is bekend onder de naam 'Limes'. Deze grens loopt door Nederland en twee aangrenzende Duitse deelstaten. Sinds 2021 is de Limes Unesco-werelderfgoed. Langs het stuk grens in Utrecht zijn vier archeologische vindplaatsen, gevonden langs de Limes in onderstaand figuur. Langs de Limes waren meer dan 400 jaar lang Romeinse soldaten aanwezig in Nederland. De Limes heeft veel archeologische artefacten achtergelaten in de Utrechtse bodem, in Figuur 5.50 is dit zichtbaar door de aanwijzing als gebied van hoge archeologische waarde. Delen van de Limes restanten zijn momenteel zichtbaar in ondergronds bezoekerscentrum DOMunder in het centrum van Utrecht. Andere delen van de Limes zijn op verschillende plekken bovengronds zichtbaar.



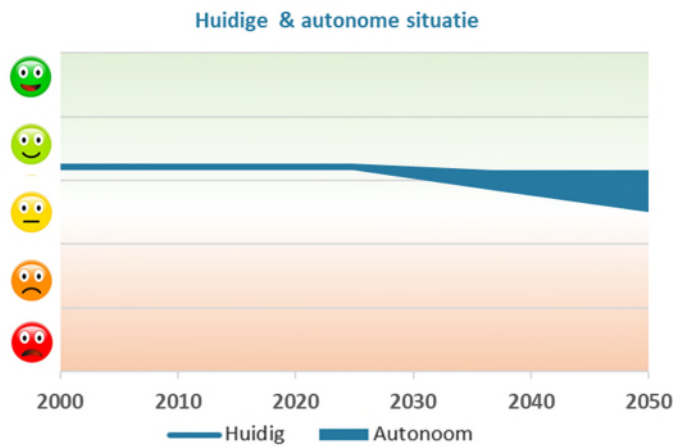
Figuur 5.50: De Romeinse limes in Utrecht (Bron: gemeente Utrecht).

Autonome ontwikkelingen

De uitgangspunten uit het Verdrag van Malta, onderdeel van de Erfgoedwet, zijn de basis van de Utrechtse omgang met archeologie. Het belangrijkste uitgangspunt daarbij is de bescherming van het archeologisch erfgoed door behoud 'in situ' (in de bodem, zoals het in het verleden is achtergelaten). Dit behoud van archeologische waarden staat onder druk, door woningbouwplannen en toenemende druk op de ondergrond vanwege klimaatverandering en de energietransitie waardoor fluctuaties van het grondwater kunnen ontstaan. Dit kan leiden tot een verschuiving naar behoud van restanten door ze elders op te slaan (opgraven uit de bodem, 'behoud ex-situ').

Beoordeling

De landelijke wetgeving en het gemeentelijk beleid zorgen ervoor dat archeologische waarden niet zonder meer mogen worden aangetast, waardoor goed rekening wordt gehouden met het bodemarchief bij grondroerende werkzaamheden en inrichtingsplannen. De gemeente Utrecht streeft ernaar om archeologische waarden te beschermen, maar ook beleefbaar te maken passend bij een grote gemeente zoals Utrecht, wat positief is voor de waardering van archeologische vondsten. Naar de toekomst toe blijft de wetgeving en het beleid met betrekking tot de bescherming van archeologische (verwachtings)waarden ongewijzigd.



Figuur 5.51 Beoordeling archeologie

Tabel 5.23 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De huidige situatie wordt als "redelijk positief" beoordeeld. Dit heeft te maken met het feit dat archeologische waarden verstoord zijn maar tegelijkertijd behouden en beleefbaar gemaakt worden.
Autonome ontwikkeling	- De gemeente zet het huidige beleid om archeologische waarden te behouden en beschermen door. Dit betekent dat het mogelijk is dat de situatie enigszins kan verslechteren, maar grotendeels gelijk blijft.
Bandbreedte	- De bandbreedte is smal vanwege het behouden van het huidige beleid.

5.5.3 Landschap en cultuurhistorie

Wat verstaan we onder deze indicator?

De indicator brengt de effecten in beeld van elementen in de leefomgeving met cultuurhistorische waarden, zoals monumentale gebouwen, tuinen en parken of beschermde stadsgezichten en effecten op typische Utrechtse landschappen.

Huidige situatie

Landschap

De provincie Utrecht heeft in 2021 de Omgevingsvisie en Omgevingsverordening vastgesteld. Vandaar uit is de Kwaliteitsgids Utrechtse Landschappen ontwikkeld. Daarin zijn de kwaliteiten van de Utrechtse landschappen beschreven met daarbij maatregelen op welke manier deze kwaliteit behouden en versterkt kan worden. Deze Utrechtse landschappen zijn:

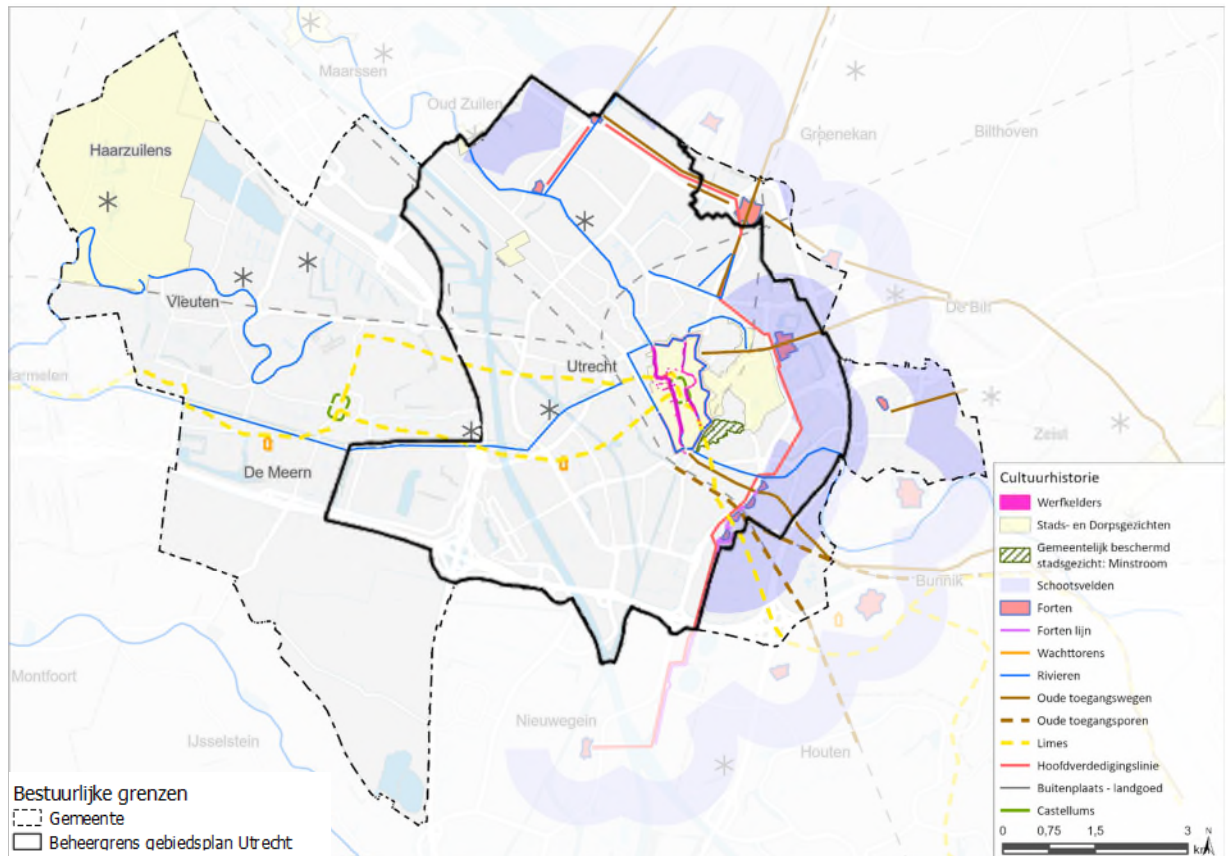
- Eemland – een weids en open weidegebied met duidelijk herkenbare randen;
- Gelderse Vallei – een voornamelijk agrarisch landschap met grote afwisseling van bebouwing, bosjes, lanen en agrarische percelen met houtwallen en -singels. Het gebied wordt doorsneden door een groot aantal beken en gegraven waterlopen. De open ruimten verschillen van maat en schaal;
- Groene Hart – het Utrechtse deel van het Groene Hart heeft een zeer divers landschap met tegenstellingen;
- Rivierengebied – een landschap met een langgerekte opbouw;
- Utrechtse Heuvelrug – er komt veel bos voor op de Utrechtse Heuvelrug, dat wordt afgewisseld met heide, vennen en stuifzand. Open plekken zijn onderdeel van het bos en de wegen doorsnijden het bos.

De landschappen Eemland, Gelderse Vallei en Utrechtse Heuvelrug hebben een onderlinge relatie met de gemeente Utrecht door de grondwaterstroming (zie paragraaf 3.4.4).

Cultuurhistorie

Utrecht stad kent een lange en rijke geschiedenis, waar veel overblijfselen van te vinden zijn. Gebouwen zoals de Domkerk of de oude vestigingsmuur zijn hier bekende Utrechtse voorbeelden van.

Utrecht heeft ongeveer 1.400 rijksmonumenten, 1.600 gemeentelijke monumenten. De meeste monumenten liggen in het centrum van de stad. Ook buiten het centrum zijn monumenten aanwezig, al dan niet in een lagere dichtheid. In de lijst met monumenten zitten ook de jonge monumenten (zogenaaide 'Post65'-monumenten). Al deze monumenten zijn beschermd door de wet.



Figuur 5.52 Cultuurhistorische waarden in de gemeente Utrecht

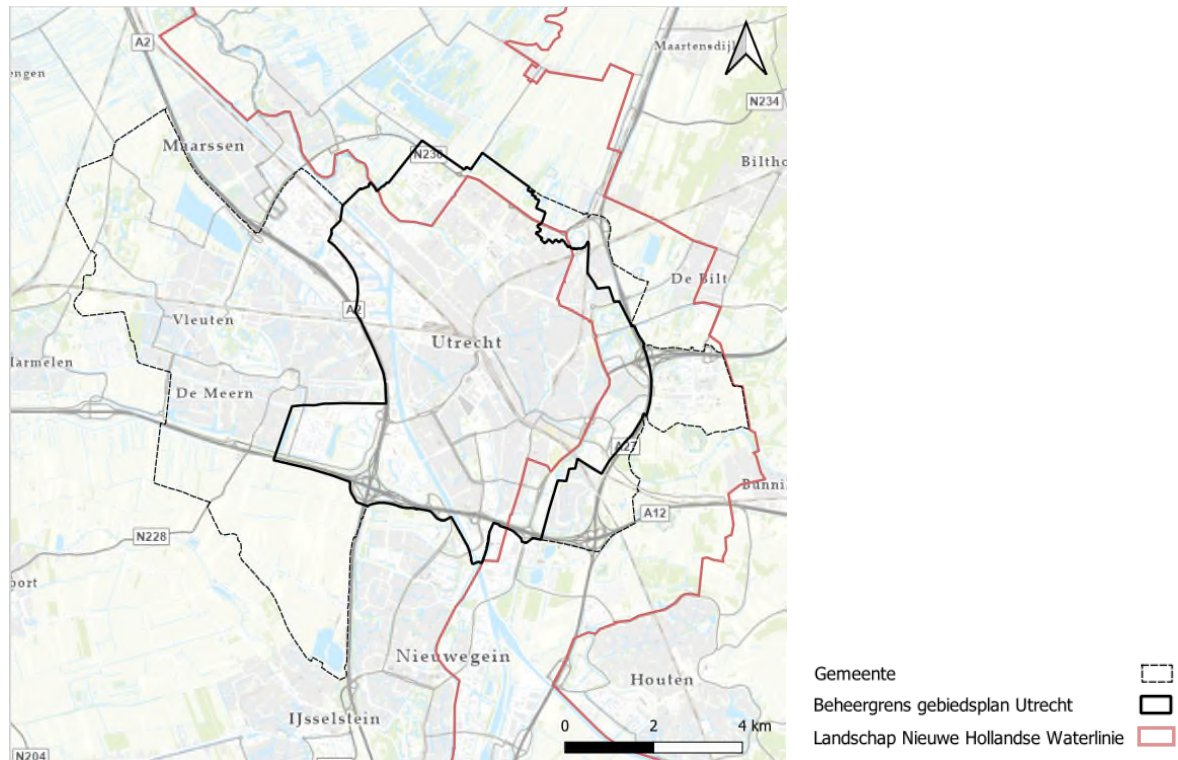
In gemeente Utrecht zijn er 6 gebieden aangewezen als beschermd stads- of dorpsgezicht. Dit zijn gezichten die zijn aangewezen door de Rijksoverheid en zijn beschermd onder de Erfgoedwet en de Omgevingswet. De locaties van deze gebieden zijn weergegeven op bovenstaande figuur. In Utrecht zijn dit:

- De binnenstad van Utrecht (ligging van o.a. de Domtoren en werfkelders)
- Blauwkapel (een gehucht was dat is opgenomen in een fort van de Nieuwe Hollandse Waterlinie)
- Oud-Zuilen (ligging grotendeels in de gemeente Maarssen)
- Haarzuilens (landgoed rondom het kasteel en park)
- Utrecht-Oost (de Maliebaan, het Wilhelminapark en omgeving, de buurt op en rond het Veeartsenijterrein inclusief de F.C. Dondersstraat)
- Elinkwijk en De Lessepsbuurt (twee aan elkaar grenzende tuindorpen uit de periode vanaf ongeveer 1915)

In Utrecht is er één gemeentelijk beschermd gezicht aangewezen: het Minstroomgebied. Dit is door de gemeente aangewezen als beschermd gezicht en is vastgelegd in gemeentelijk beleid.

Nieuwe Hollandse Waterlinie

De Nieuwe Hollandse Waterlinie en de Stelling van Amsterdam vormen samen een verdedigingslinie van meer dan 200 kilometer. In oorlogssituaties kon het water worden ingezet om het westen van Nederland, het economische hart, te beschermen tegen de vijand uit het oosten. De Hollandse Waterlinie is onderdeel van UNESCO Werelderfgoed. In de gemeente Utrecht loopt een deel van deze waterlinie. Kenmerkend zijn de verschillende forten die in de gemeente liggen, waarvan in totaal 8 forten in de gemeente Utrecht liggen.



Figuur 5.53 Nieuwe Hollandse Waterlinie (Bron: Provinciale Cultuurhistorische Atlas, provincie Utrecht)

Autonome ontwikkelingen

Landschap

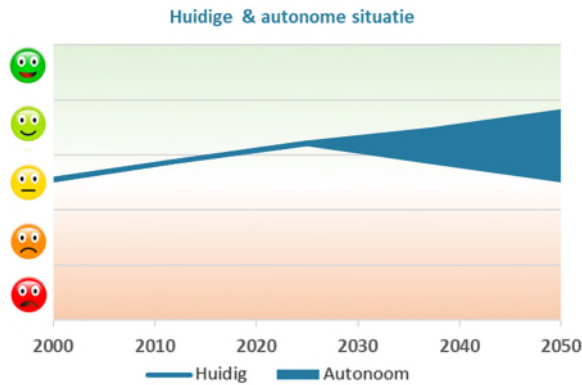
De provincie en gemeente Utrecht staan voor grote opgaven, waaronder de landbouwtransitie, verstedelijking, infrastructurele aanpassingen, energietransitie en klimaatadaptatie en meer specifieke gebiedsopgaven zoals bodemdaling. De Kwaliteitsgids Utrechtse landschappen is een belangrijke stap om te komen tot een beleid gericht op een goede balans tussen landbouw, natuur, waterbeheer, bodemdaling, recreatie, het opwekken van duurzame energie en alle andere belangen die spelen in het landelijk gebied. Hiermee kan de kwaliteit van het landschap behouden en mogelijk versterkt worden.

Cultuurhistorie

Wat betreft cultuurhistorie brengt de groeiende stedelijke activiteit het risico met zich mee dat cultuurhistorische waarden, zoals stad- en dorpsgezichten, zichtlijnen en elementen onder druk komen te staan. Het behoud van deze onderdelen in het cultuurhistorische landschap vereist aandacht en afwegingen in het ruimtelijke ordeningsbeleid van de stad. Ook andere typerende cultuurhistorische elementen zoals werfkelder staan onder druk. Dit neemt toe vanwege de toename in recreatie en toerisme. Tegelijkertijd zorgt een verdere verstedelijking, klimaatverandering en de energietransitie voor materiele risico's, door middel van impact op de ondergrondse infrastructuur door het werfkeldergebied. Tevens kan door bodemdaling het risico voor funderingen van gebouwde monumenten toenemen. Ook bestaat er een risico met betrekking tot verdroging van het openbaar groen in landgoederen en monumentale parken.

Beoordeling

Door een grotere druk op de ruimte kunnen cultuurhistorische en landschappelijke waarden onder druk komen te staan. De ruimtelijke ontwikkelingen kunnen enerzijds de positie van het erfgoed versterken en bijdragen aan de stedelijke identiteit, anderzijds kan het ook de cultuurhistorische waarden aantasten wanneer hier niet zorgvuldig mee wordt omgegaan.



Figuur 5.54 Beoordeling Landschap en cultuurhistorie

Tabel 5.24 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De huidige situatie wordt als “redelijk positief” beoordeeld. De gemeente Utrecht heeft vele cultuurhistorisch waardevolle elementen in bezit en zorgt ervoor dat deze beschermd en beleefd worden.
Autonome ontwikkeling	- Cultuurhistorische waarden kunnen onder druk komen te staan door maatschappelijke opgaven. Hierdoor is het mogelijk dat cultuurhistorie en landschappelijke kwaliteit versterkt worden, tegelijkertijd brengt dit bepaalde waarden ook in het geding.
Bandbreedte	- Vanwege de grote onzekerheid is de bandbreedte breed.

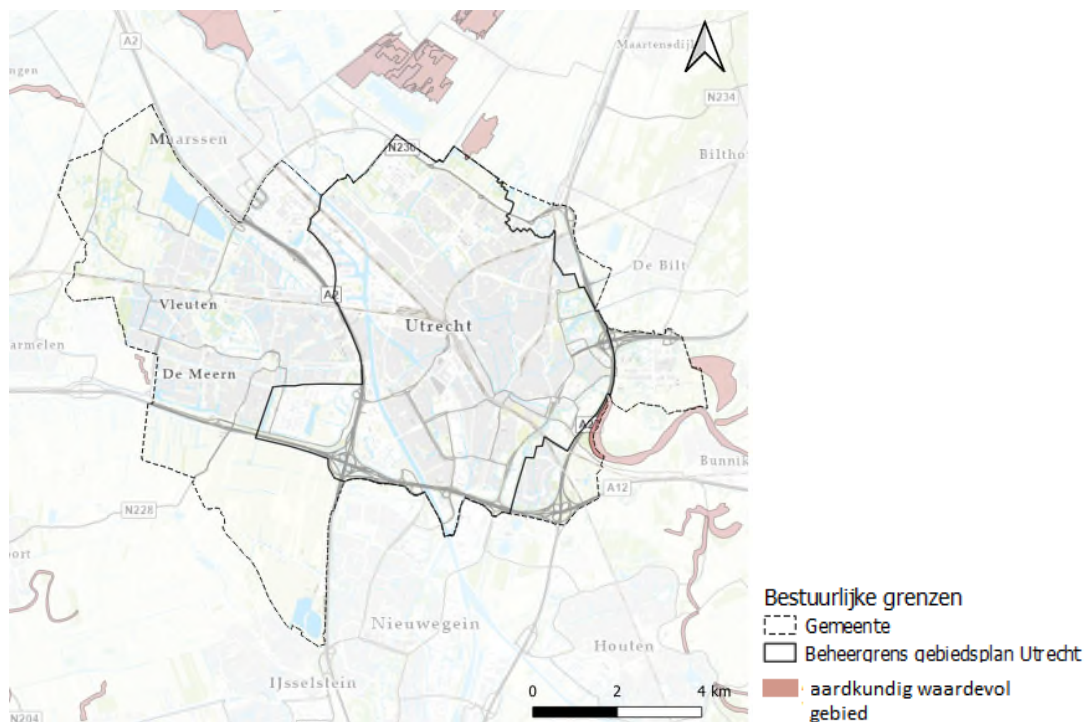
5.5.4 Aardkundige waarden

Wat verstaan we onder deze indicator?

Aardkundige waarden zijn de geografische structuren, de bodemopbouw en het reliëf van het maaiveld, die door de jaren heen zijn ontwikkeld. Daar waar deze sporen nog duidelijk zichtbaar zijn, wordt gesproken van aardkundige waarden. Aardkundige waarden vertellen een verhaal over het ontstaan van het landschap.

Huidige situatie

De bodem en het landschap van de provincie Utrecht zijn ontstaan in een periode van vele tienduizenden jaren. Landijs, wind, rivieren en de zee hebben hun sporen nagelaten. Er zijn een aantal aardkundige waarden in de provincie Utrecht benoemd tot aardkundig monument. Dit zijn aardkundige monumenten die beschermd worden vanwege hun unieke natuurlijke kenmerken en historische betekenis. Echter, in de gemeente Utrecht liggen geen aardkundige monumenten, enkel in het oosten van Utrecht een aardkundig waardevol gebied. Dit valt buiten het beheergebied van het huidige gebiedsplan.



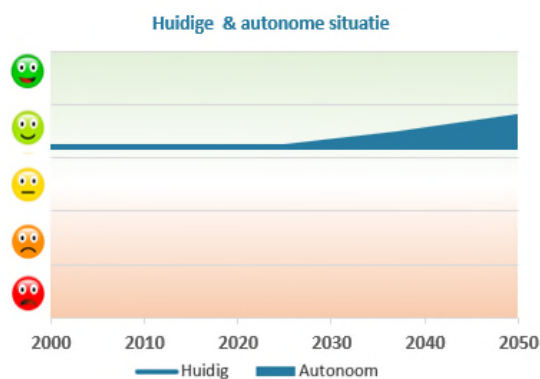
Figuur 5.55 Aardkundige waarden in en rondom de gemeente Utrecht

Autonome ontwikkelingen

Vanwege stedelijke ontwikkelingen kunnen aardkundige waarden verstoord worden. In de gemeente Utrecht is een beperkte hoeveelheid gebieden met aardkundige waarden aanwezig waardoor de autonome ontwikkeling gelijk is aan de huidige situatie. Daarnaast zal er door middel van het gebiedsplan geen verstoringen optreden van de aardkundige waarden in de gemeente.

Beoordeling

Op basis van bovenstaand wordt de volgende beoordeling gegeven.



Figuur 5.56 Trendgrafiek beoordeling aardkundige waarden

Tabel 5.25 Verklaring trendfiguur

Beoordeling huidige situatie	- De huidige situatie wordt als neutraal beoordeeld omdat er weinig tot geen aardkundige waarden in de gemeente aanwezig zijn.
Autonome ontwikkeling	- De autonome ontwikkeling blijft waarschijnlijk gelijk omdat niet verwacht wordt dat de aardkundige waarden zullen worden aangetast in relatie tot het gebiedsplan.
Bandbreedte	- Vanwege de beperkte aanwezigheid en kleine onzekerheid is de bandbreedte klein.

6. Effectbeschrijving en -beoordeling alternatieven

6.1 Essentie alternatieven

In onderstaande Tabel 6.1 is de essentie van de drie alternatieven samengevat ten behoeve van de leesbaarheid. Ze verschillen met name in de horizontale en verticale begrenzing van het beheergebied, het toestaan van warmtewinning (OBES) in 1^e en 2^e watervoerend pakket en de mate van bescherming van de drinkwaterwinningen in het plangebied. En daarmee in de mate waarin ze het grondwater benutten en beschermen.

Tabel 6.1: Essentie van de drie onderzochte alternatieven

Alternatief 1 <i>Actieve bescherming</i>	Alternatief 2 <i>Benutten en sturen</i>	Alternatief 3 <i>Maximaal benutten</i>
- Beschermen heeft prioriteit boven benutten - Huidige begrenzing beheergebied - Beschermingsregime met extra inzet beheersmaatregelen - Geen nieuwe OBES in 1^e en 2^e watervoerende pakket. De huidige OBES blijven actief. <i>Optioneel: toestaan plaatsing OBES 1e watervoerend pakket als beheersmaatregel</i>	- Balans benutten-beschermen - Huidige begrenzing beheergebied horizontaal (zonder bufferzone) - Geen nieuwe onttrekkingen voor proces- of consumptiewater - Beschermingsregime horizontaal: voorkomen verspreiding over horizontale gebiedsgrens - Beschermingsregime verticaal: toestaan OBES en onttrekkingen in 2^e watervoerend pakket	- Benutten heeft prioriteit boven beschermen - Horizontale grens beheergebied wordt vergroot tot de gemeentegrenzen. - Beschermingsregime horizontaal: geen actieve maatregelen voor beperken verspreiding (zo nodig end-of-pipe maatregelen nemen in drinkwaterwinning) - Beschermingsregime verticaal: toestaan OBES en onttrekkingen in 2^e watervoerend pakket

6.2 Beschouwing resultaten grondwatermodellering

Op basis van de resultaten van de grondwatermodellering zijn de volgende algemene conclusies te trekken voor de effectbeoordeling in paragraaf 6.3 t/m 6.7:

- In de referentiesituatie verspreiden de verontreinigingen zich zowel horizontaal als verticaal tot buiten de grenzen van het beheergebied, tenzij er ingrijpende beheersmaatregelen worden uitgevoerd om deze verspreiding te voorkomen. Uit de analyses van de technische werkgroep van het gebiedsplan komt naar voren dat er weinig mogelijkheden zijn om beheersmaatregelen uit te voeren. Het meest effectief zou het verwijderen van de verontreinigingsbron(nen) zijn maar deze zijn praktisch niet bereikbaar. Dan blijft over het onttrekken en zuiveren van het grondwater op de grens van het beheergebied maar deze maatregel is zeer kostbaar en daarmee waarschijnlijk onvoldoende kosteneffectief.
- Alternatief 1 biedt het inzicht dat er wel verspreiding plaatsvindt, maar minder dan in de referentiesituatie. Echter ook hier overschrijden de grondwaterverontreinigingen de grenzen van het huidige beheergebied.
- Voor alternatief 2 en 3 geldt dat de grondwaterverontreinigingen groter zullen zijn dan in de referentiesituatie, zowel horizontaal als verticaal, en ook hier worden de gebiedsgrenzen overschreden.
- In de periode tot 2100 bereiken noch in de referentiesituatie noch in de alternatieven de grondwaterverontreinigingen het daadwerkelijke wingebied van de drinkwaterwinningen of het oppervlaktewater. Daarnaast is een eventuele verontreiniging afgebroken voordat deze locaties bereikt zijn. De verspreiding neemt richting 2100 sterk af.

Op basis van de resultaten zijn de effecten beschreven en beoordeeld. Waar mogelijk zijn leemten in kennis geïdentificeerd, deze zijn opgenomen in Hoofdstuk 8.

6.3 Bovengrondse impact

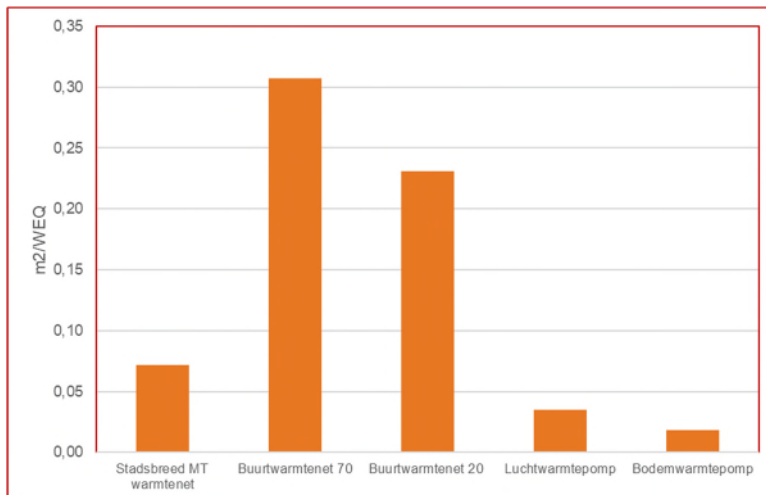
Tabel 6.2 Beoordelingskader bovengrondse impact

Thema	Indicator	Effectbepaling
Bovengrondse impact	Openbare ruimte en ruimtegebruik	Verandering in de kwaliteit van de openbare ruimte
	Woningbouwopgave	Verandering in areaal en kwaliteit van woningbouwlocaties
	Gezondheidseffecten	Verandering in omvang van het milieugezondheidsrisico (o.a. door luchtkwaliteit, omgevingsveiligheidsrisico's en geluidhinder)
	Veiligheidsrisico's	Verandering in de kans en het gevolg van milieurampen als gevolg van risico's van economische activiteiten

6.3.1 Openbare ruimte en ruimtegebruik

Er is geen directe relatie tussen de kaders in het gebiedsplan en het gebruik van de openbare ruimte. Wel bestaat er een indirecte relatie met het ruimtebeslag van energiesystemen waar het gebiedsplan al dan niet beperkingen aan oplegt. De alternatieven verschillen van de referentiesituatie in het aantal OBES dat kan worden geplaatst. In alternatief 1 kunnen geen extra OBES worden geplaatst en in de alternatieven 2 en 3 kunnen juist veel meer OBES worden geplaatst omdat daar ook rekening wordt gehouden met het aansluiten van de bestaande bouw op OBES. Daarnaast is het ook mogelijk om het 2^e watervoerende pakket te gebruiken waardoor de potentie van bodemenergie groter is. De impact van het gebruik van bodemenergie op de openbare ruimte is onderzocht in het kader van het planMER voor de beleidsnota Warmte.

Om een indicatie te geven van wat het effect is van het toestaan van meer OBES in de openbare ruimte, is gekeken naar de kaders die in de beleidsnota Warmte zijn gesteld. In de beleidsnota Warmte wordt uitgegaan van verschillende aardgasvrije opties, waarvan twee expliciet OBES gebruiken. Dit zijn Buurtwarmtenet 20 en Buurtwarmtenet 70. Dit zijn warmtenetten die gevoed worden door een lokale bron, zoals bijvoorbeeld een OBES. Het verschil tussen de twee is de temperatuur van het warme water (maximaal 70 graden of maximaal 30 graden). Onderstaande Figuur 6.1 laat zien wat het relatieve ruimtebeslag is deze warmtesystemen.



Figuur 6.1 Ruimtegebruik per alternatief in de buurt in m²/WEQ (Bron: planMER Beleidsnota Warmte Utrecht)

Hieruit kan worden afgeleid dat het ruimtebeslag in de openbare ruimte van systemen met OBES een factor 5 á 6 groter is dan dat van systemen zonder OBES. Dit betekent dat alternatief 1 (minder OBES) een positieve beoordeling (+) krijgt op het ruimtebeslag in de openbare ruimte. De alternatieven 2 en 3 krijgen juist een negatieve beoordeling (-) ten opzichte van de referentiesituatie omdat er meer druk ontstaat op het gebruik van de openbare ruimte.

6.3.2 Woningbouwopgave

De woningbouwopgave in de gemeente Utrecht is groot. Grofweg komen er in de periode tot 2040 ca. 60.000 nieuwe woningen bij¹⁷. Na 2040 komen er nog eens ca. 25.000 woningen bij in Rijnenburg. Deze paragraaf beschrijft in hoeverre de verschillende alternatieven de doelstelling van de nieuwbouwopgave in de gemeente in meer of mindere mate de invulling daarvan mogelijk maken.

De nieuwe woningen worden aardgasvrij opgeleverd. De gemeente zet hiervoor in de Beleidsnota Warmte in op een efficiënte vorm van collectieve warmtesystemen, met beoogd gebruik van bodemenergie. Daarbij geeft de gemeente de voorkeur aan het gebruik van OBES boven GBES, om een doelmatig gebruik van de ondergrond en een eerlijke verdeling van bodemenergie te faciliteren. OBES gebruiken de ondergrondse ruimte namelijk effectiever en presteren beter dan GBES. Op die manier kan het potentieel bodemenergie dat in de ondergrond aanwezig is, optimaal worden gebruikt.

Voor de hoogstedelijke nieuwbouw zijn warmtealternatieven zonder OBES weinig aantrekkelijk (vanwege financiële redenen en inpasbaarheid) en vaak ook minder duurzaam. Een stadsbreed centraal gevoed MT-warmtenet levert geen koude. Individuele of collectieve elektrische luchtwarmtepompen vragen veel meer elektriciteit en zorgen voor een hoge piekvraag. Dit is vanwege netcongestie niet beschikbaar. Soms zijn voor de nieuwbouw zelfs gasturbines nodig om deze van elektriciteit te voorzien. OBES vormen dan ook een cruciaal onderdeel van een gebalanceerde energiemix voor het aardgasvrij bouwen in hoogverdichte gebieden. Zonder OBES kan deze vorm van nieuwbouw stagneren.

In deze gebieden biedt het 1^e watervoerende pakket onvoldoende potentie om de gebouwen van warmte en koude te voorzien. Eén OBES-doublet in het 1^e watervoerende pakket kan ca. 230 nieuwbouwwoningen (WEQ) van warmte en koude voorzien en neemt ca. 4,5 ha aan ondergrondse ruimte in. Als de doubletten optimaal ruimtelijk geordend worden kunnen op die manier dus 51 woningen (WEQ) per hectare van energie worden voorzien. In de praktijk lukt het vrijwel nooit om in inbreidingsgebieden tot de ideale plaatsing te komen vanwege bovengrondse bebouwing en obstakels. Dat betekent dat er in werkelijkheid hooguit 30 á 40 woningen per hectare op OBES in het 1^e watervoerende pakket kunnen worden aangesloten. De woningdichtheid in hoogverdichte gebieden ligt tussen de 200 á 300 woningen per hectare met bijvoorbeeld het Beurskwartier in Utrecht als uitschieter met 345 woningen per hectare. Dit laat zien dat het 1^e watervoerende pakket te weinig potentie heeft om alle woningen van bodemenergie te voorzien. Daarvoor is ook de inzet van het 2^e watervoerende pakket nodig.

In alternatief 1 is er voor de nieuwbouw geen extra OBES mogelijk. Dit betekent dat de potentie voor de bodemenergie in het beheergebied niet volledig benut wordt. Dit kan de woningbouwopgave in met name de hoogverdichte gebieden negatief beïnvloeden, juist omdat deze met name in het centrum – dus binnen het beheergebied – gelegen zijn. Binnen deze gebieden moet dan naar andere energiebronnen gezocht worden. Dit alternatief wordt negatief (-) beoordeeld.

De alternatieven 2 en 3 geven juist meer ruimte voor het gebruik van OBES en staan ook OBES toe in het 2^e watervoerende pakket. Dit zorgt voor een verruimd gebruik van de potentie voor bodemenergie in het beheergebied. Hierdoor kan een grotere bijdrage worden geleverd aan de beoogde energievoorziening voor de woningbouwopgave, en daarmee voor de realisatie ervan.

In alternatief 2 worden in het gebied rond de Atoomweg beperkingen of extra eisen aan het gebruik van OBES opgelegd om de verspreiding van grondwaterverontreinigingen richting de drinkwaterwinning Leidsche Rijn te beheersen. Dit kan de potentie van OBES voor de nieuwbouw in dit gebied verkleinen maar dit betreft slechts een klein gebied op de schaal van de stad en hier is ook geen nieuwbouw gepland. Met een aangepast ontwerp kan hier toch OBES geplaatst worden. Alternatief 2 wordt met name vanuit zijn bijdrage aan de beoogde energievoorziening voor de woningbouw positief (+) beoordeeld.

De vergroting van het beheergebied in alternatief 3 speelt geen rol voor de nieuwbouw. In de referentiesituatie is het ook mogelijk om buiten het beheergebied OBES in het 2^e watervoerende pakket te plaatsen. Alternatief 3

¹⁷ Gemeente Utrecht, Meerjaren Perspectief Ruimte, 2025.

wordt met name vanuit zijn bijdrage aan de beoogde energievoorziening voor de woningbouw eveneens positief (+) beoordeeld.

6.3.3 Gezondheidseffecten

Grondwaterverontreinigingen kunnen door kwel in het oppervlaktewater terechtkomen. Gezondheidseffecten zouden kunnen ontstaan als mensen met dit verontreinigde water in contact komen, bijvoorbeeld bij het zwemmen. Op basis van de modelresultaten kan worden geconcludeerd dat de grondwaterverontreinigingen niet richting de kwelzone stromen en er tot 2050 geen verslechtering van de oppervlaktewaterkwaliteit verwacht wordt als gevolg van de aanwezige grondwaterverontreinigingen in het beheergebied. Daarnaast gaat het model uit van zaklagen waardoor de verdamping van cis-dichlooretheen (CIS) en vinylchloride (VC) niet te verwachten valt. Zo bestaat er ook geen kans op de eventuele uitdamping via grond- of oppervlaktewater en nabij drinkwatervoorzieningen. Hierdoor worden alle alternatieven neutraal (0) beoordeeld.

6.3.4 Veiligheidsrisico's

De maatregelen in de alternatieven hebben geen directe invloed op eventuele veiligheidsrisico's zoals overstromingsgevaar of risico's met betrekking tot omgevingsveiligheid. Hierdoor zijn alle alternatieven neutraal (0) beoordeeld.

6.3.5 Samenvatting beoordeling bovengrondse impact

Dit leidt tot de volgende beoordeling:

Tabel 6.3 Samenvatting beoordeling bovengrondse impact

Thema	Beoordelingsaspecten	Alternatief 1 – Actieve bescherming	Alternatief 2 – Benutten en sturen	Alternatief 3 – Maximale benutting
Bovengrondse impact	Openbare ruimte en ruimtegebruik	+	-	-
	Woningbouwopgave	-	+	+
	Gezondheidseffecten	0	0	0
	Veiligheidsrisico's	0	0	0

6.4 Klimaat, energie en circulariteit

Tabel 6.4 Beoordelingskader klimaat, energie en circulariteit

Thema	Indicator	Effectbepaling
Klimaat, energie en circulariteit	Emissie en vastleggen broeikasgassen	Verandering in de emissie en vastlegging van broeikasgassen
	Duurzame energieopwekking	Verandering in het aanbod van duurzame energie.
	Energienetwerk	Verandering in de mate waarin vraag en aanbod voor energie zijn verbonden door de aanwezigheid van energie infrastructuur
	Circulariteit	Verandering in perspectief op het sluiten van grondstofkringlopen

6.4.1 Emissie en vastleggen broeikasgassen

De emissie van CO₂ ontstaat met name vanuit verkeer en de bebouwde omgeving. De alternatieven voorzien geen directe maatregelen met betrekking tot verkeer en het verminderen van uitstoot, waardoor geen effecten bestaan op het verminderen van uitstoot door middel van verkeer.

De bebouwde omgeving speelt wel een rol in het verminderen van uitstoot. De verschillende alternatieven bieden in meer of mindere mate ruimte voor bodemenergie ten behoeve van de warmtevoorziening van de bestaande bouw. Het gebruik van bodemenergie levert een relatief grote bijdrage aan de vermindering van broeikasgassen

omdat het energetisch een efficiëntere techniek is dan bijvoorbeeld luchtwarmtepompen. Voor een gelijkwaardige warmtevraag ligt het elektriciteitsverbruik van een open bodemenergiesysteem circa 30–35% lager dan bij een energiesysteem met volledig elektrische luchtwarmtepompen¹⁸. Zolang de benodigde elektriciteit voor duurzame systemen nog uit fossiele bronnen komt, stoten systemen met bodemenergie dus minder broeikasgassen uit dan andere systemen.

In alternatief 1 wordt OBES wordt geen nieuwe OBES meer toegestaan ten opzichte van de referentie. Hierdoor kan de situatie verslechteren ten opzichte van de referentie en wordt daarmee negatief (-) beoordeeld.

De alternatieven 2 en 3 bieden meer potentie voor bodemenergie, zowel voor de nieuwbouw als de bestaande bouw. Hierdoor kan een positieve ontwikkeling ontstaan ten opzichte van het reduceren van emissies. Dit resulteert voor beide alternatieven in een positieve (+) beoordeling.

6.4.2 Duurzame energieopwekking

Bij de woningbouwopgave is beargumenteerd dat bodemenergie een cruciaal onderdeel is van een gebalanceerde energiemix om met name de bestaande bouw aardgasvrij te maken. Ook heeft het een positieve bijdrage in de emissiereductie van broeikasgassen.

Daar waar de referentiesituatie de mogelijkheid biedt om bodemenergie uit het 1^e watervoerende pakket te benutten, maakt alternatief 1 de benutting van meer bodemenergie binnen het beheergebied onmogelijk. Via alternatieve routes zullen de woningen en gebouwen uiteindelijk toch van duurzame energie moeten worden voorzien. Naar verwachting duurt dit langer waardoor de duurzame energiedoelen zoals vastgelegd in het Klimaatakkoord later worden gehaald en zijn de alternatieven minder duurzaam dan bodemenergie. Dit alternatief wordt daarom als negatief beoordeeld (-) ten opzichte van de referentie.

In de alternatieven 2 en 3 is meer duurzame energieopwekking mogelijk dan in de referentiesituatie omdat ook het 2^e watervoerende pakket kan worden ingezet. Ondanks dat dit mogelijk wordt gemaakt is de verwachting dat dit niet op grote schaal gaat gebeuren, enkel in de hoogverdichte gebieden. Hier kan ook de bestaande bouw van bodemenergie uit het 2^e watervoerende pakket profiteren. Dit vergroot de kans dat de doelen voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving worden behaald.

In alternatief 2 worden in enkele relatief kleine gebieden beperkingen of extra eisen aan het gebruik van OBES opgelegd. Het uiteindelijke effect hiervan op de opwek van bodemenergie zal naar verwachting beperkt zijn. De effecten van beide alternatieven zullen zorgen voor een positieve bijdrage aan de ontwikkeling van duurzame energie in de gemeente. Tegelijkertijd zal de energieopgave niet volledig afhankelijk zijn van het wel toepassen van bodemenergie in het 2^e watervoerend pakket. Beide alternatieven worden daarom als licht positief (0/+) beoordeeld ten opzichte van de referentie.

6.4.3 Energienetwerk

Alternatief 1 verkleint de potentie van bodemenergie ten opzichte van de referentie en vergroot de kans dat voor de warmte- en koudevoorziening van woningen en gebouwen alternatieven moeten worden ingezet die meer elektriciteit vragen. Dit heeft een negatief effect op het oplossen van netcongestie en daarmee op het elektriciteitsnetwerk. Dit alternatief wordt daarom als licht negatief (0/-) beoordeeld.

Bij de alternatieven 2 en 3 ontstaat juist meer ruimte voor bodemenergie en deze alternatieven kunnen een bijdrage leveren aan het niet verder laten oplopen van netcongestie en daarmee het energienetwerk verbeteren. De impact van alternatieven 2 en 3 op het energienetwerk zijn daarom licht positief (0/+) beoordeeld.

Het is onduidelijk of de alternatieven tot meer of minder warmte- of koudenetwerken zullen leiden. Dat hangt af van de alternatieven die in de plaats komen van bodemenergie en de mate waarin bodemenergienetwerken via netwerken met de afnemers worden verbonden. Daarom is dit niet meegenomen in de effectbeoordeling van deze indicator.

¹⁸ Gebaseerd op Nederlandse praktijkmetingen:

6.4.4 Circulariteit

De alternatieven dragen niet bij aan de circulariteitsdoelstellingen van de gemeente Utrecht. Tevens bestaat er geen verschil in benodigd materiaalgebruik per alternatief. Hierdoor bestaat geen onderscheid tussen de alternatieven en worden neutraal (0) beoordeeld.

6.4.5 Samenvatting beoordeling klimaat, energie en circulariteit

Tabel 6.5 Samenvatting beoordeling klimaat, energie en circulariteit

Thema	Beoordelingsaspecten	Alternatief 1 – Actieve bescherming	Alternatief 2 – Benutten en sturen	Alternatief 3 – Maximale benutting
Klimaat, energie en circulariteit	Emissie en vastleggen broeikasgassen	-	+	+
	Duurzame energieopwekking	-	0/+	0/+
	Ergienetwerk	0/-	0/+	0/+
	Circulariteit	0	0	0

6.5 Bodem en water

Tabel 6.6 Beoordelingskader bodem en water

Thema	Indicator	Effectbepaling
Bodem en water	Oppervlaktewaterkwantiteit	Verandering in kwantiteit en natuurlijke systeem van oppervlaktewater
	Oppervlaktewaterkwaliteit	Verandering in kwaliteit en natuurlijke systeem van oppervlaktewater
	Grondwaterkwantiteit	Verandering in de kwantiteit en natuurlijke systeem van het grondwater
	Grondwaterkwaliteit	Verandering in de kwaliteit en natuurlijke systeem van het grondwater
	Drinkwater	Verandering in volume en kwaliteit drinkwatervoorraad
	Bodemopbouw	Verandering bodemlagen (watervoerende en scheidende lagen)
	Biologische, fysische en chemische bodemkwaliteit	Verandering in de kwaliteit en het natuurlijke systeem van de bodem en ondergrond

6.5.1 Oppervlaktewaterkwantiteit

Het aanpassen van de beheergrenzen heeft geen invloed op de natuurlijke kwel en infiltratiesnelheden. De effecten van extra OBES hebben een lokaal effect op de grondwaterstand maar dragen niet in grote mate bij aan veranderingen in de hydrologie van het (grond)watersysteem c.q. het optreden van kwel. Er worden geen veranderingen van de oppervlaktewaterkwantiteit via kwel en infiltratie verwacht. De verschillende alternatieven hebben geen invloed op de oppervlaktewaterkwantiteit en zijn als neutraal (0) beoordeeld ten opzichte van de referentie.

6.5.2 Oppervlaktewaterkwaliteit

De oppervlaktewaterkwaliteit kan in beginsel verslechteren wanneer de in het grondwater aanwezige verontreiniging door kwel aan de oppervlakte komt. Binnen het beheergebied is vrijwel alleen sprake van kwel in het noordoosten van de gemeente. Buiten het beheergebied treedt kwel op de noordgrens van de gemeente ter hoogte van de Bethunepolder, en in de zuidwestelijke landbouwgronden. Op basis van de grondwatermodellering kan worden geconcludeerd dat de grondwaterverontreinigingen niet naar deze kwelzones stromen. Tot 2100 vindt geen verslechtering van de oppervlaktewaterkwaliteit plaats als gevolg van verspreiding van de aanwezige grondwaterverontreinigingen met VOCl in het beheergebied (Zie ook hoofdstuk 6.5.4) [3]. Uit de modellering blijkt ook dat door de grote verblijftijd de verontreiniging geheel zijn afgebroken voordat deze het oppervlaktewater bereiken. De plaatsing van meer OBES of de vergroting van het beheergebied heeft geen invloed op grondwaterstroming richting de kwelgebieden. Geen van de alternatieven heeft een effect op de oppervlaktewaterkwaliteit.

Tijdelijke grondwaterbemaling kan plaatsvinden ten behoeve van nieuwbouw of de aanleg van kabels en leidingen. In de alternatieven 2 en 3 neemt de kans op het oppompen van verontreinigd grondwater toe omdat de omvang van de grondwaterverontreinigingen groter wordt dan in de referentiesituatie. In alternatief 1 is deze kans juist kleiner. Echter, bemalingswater dat geloosd wordt op het oppervlaktewater moet voldoen aan lozingsnormen. Deze borgen een aanvaardbare oppervlaktewaterkwaliteit. Daarbij wordt opgemerkt dat VOCl met beluchting ook goed te verwijderen is en relatief eenvoudig aan de lozingsnormen kan worden voldaan. Daarmee worden er ook geen effecten op oppervlaktewaterkwaliteit als gevolg van tijdelijke bemaling verwacht. Alle alternatieven zijn daarom als neutraal (0) beoordeeld ten opzichte van de referentie.

6.5.3 Grondwaterkwantiteit

In de alternatieven 2 en 3 worden er meer OBES geplaatst in zowel het 1^e als 2^e watervoerende pakket dan in de referentie. De extra OBES in het 2^e watervoerende pakket hebben volgens het geohydrologisch model een hele beperkte invloed op de horizontale en verticale stromingspatronen in het grondwater. De extra OBES in het 1^e watervoerende pakket zorgen rond de infiltratie- en onttrekkingsputten voor een seizoensgebonden verlaging of verhoging van de grondwaterstand met als gevolg lokale verdroging of vernatting. Dit kan het effect van veranderende grondwaterstanden als gevolg van klimaatverandering versterken of juist compenseren. Onder de streep wordt het effect als neutraal (0) beoordeeld.

Hetzelfde geldt voor alternatief 1. In alternatief 1 worden er juist minder OBES geplaatst dan in de referentie. Het effect hiervan wordt ook als neutraal (0) beoordeeld.

De andere aantallen OBES hebben ook geen gevolgen voor de hoeveelheden grondwater in de (KRW-) grondwaterlichamen (geen extra kwel of infiltratie) en op de schaal van het totale beheergebied worden de grondwaterstromingspatronen ook niet aantoonbaar beïnvloed. Dit effect wordt daarom ook als neutraal (0) beoordeeld.

6.5.4 Grondwaterkwaliteit

Bij de effectbeoordeling van de grondwaterkwaliteit is de verandering van het volume verontreinigd grondwater ten opzichte van de referentiesituatie maatgevend. Daarnaast wordt beoordeeld in welke mate grondwaterverontreinigingen de horizontale en verticale grenzen van het beheergebied overschrijden.

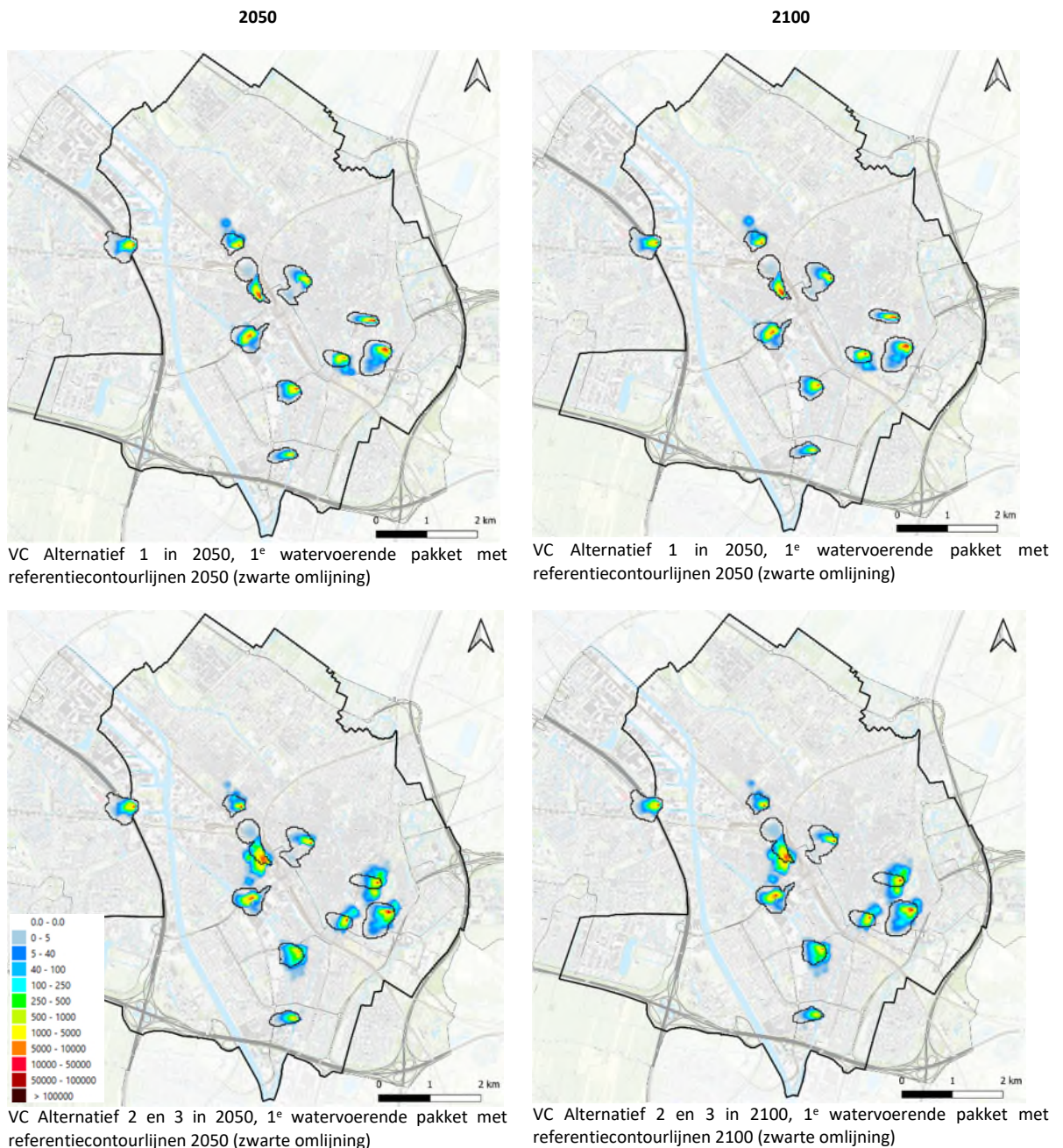
In alternatief 1 worden minder OBES geplaatst ten opzichte van de referentiesituatie 2024 (Zie Figuur 6.2- Figuur 6.5.). Het geohydrologisch model laat zien dat in alternatief 1 de horizontale verspreiding van CIS en VC in het 1^e en 2^e watervoerende pakket vertraagt ten opzichte van de referentiesituatie. Ook in dit alternatief vindt doorbraak van CIS en VC naar het 2^e watervoerende pakket plaats, maar in mindere mate dan in de referentiesituatie. Alternatief 1 resulteert daarmee in minder horizontale en verticale verspreiding van verontreinigingen ten opzichte van de referentiesituatie. De vergrijzing neemt in dit alternatief af ten opzichte van de referentiesituatie.

De gemeente voert in alternatief 1 ook extra inspanningen ter voorkoming van verspreiding buiten het beheergebied en wil verspreiding richting het 2^e watervoerende pakket voorkomen. Echter, ook in dit alternatief zal het verwijderen van de bronlocaties niet mogelijk zijn (net als in de referentie). Deze bronnen blijven dus ook in alternatief 1 verontreiniging naleveren aan het grondwater. De beheersmaatregelen in alternatief 1 zullen zich dus beperken tot het onderscheppen van verontreinigd grondwater door bijvoorbeeld grondwateronttrekking of het plaatsen van hydraulische barrières. Het is onwaarschijnlijk dat beheersmaatregelen de doorslag volledig kunnen voorkomen. De effecten van beheersmaatregelen wegen daarom beperkt mee in de effectbeoordeling. Omdat zowel de horizontale als verticale verspreiding in beperkte mate afneemt ten opzichte van de referentie, is alternatief 1 als licht positief (0/+) beoordeeld.

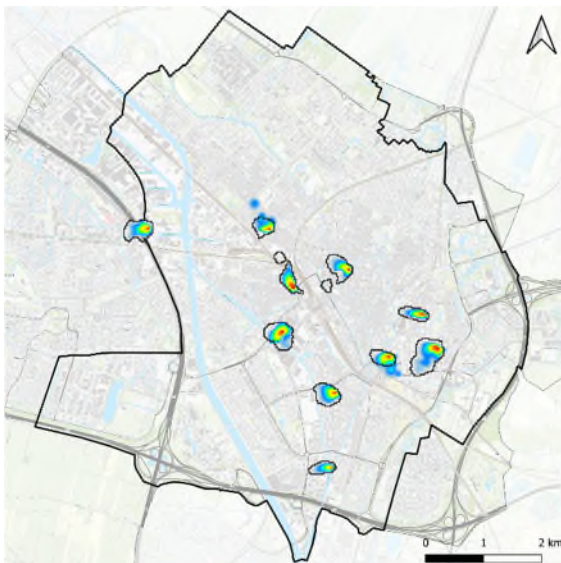
In zowel alternatief 2 als alternatief 3 neemt de mate van verspreiding van verontreinigingen in horizontale en verticale richting toe ten opzichte van de referentiesituatie (Zie Figuur 6.2- Figuur 6.5.). Uit de modellering is gebleken dat de precieze plaatsing van OBES-putten ten opzichte van een verontreiniging van invloed kan zijn op de verspreiding ervan. Dit effect kan zowel positief (beheersend) of negatief (extra verspreiding) zijn. Bij meer OBES is de kans dat deze effecten optreden groter. De grondwaterkwaliteit verslechtert als de OBES voor een

grotere verspreiding zorgen. In alternatief 2 zet de gemeente in op extra beheermaatregelen, zoals het strategisch plaatsen van OBES. De effectiviteit van deze maatregelen is niet gemodelleerd in het geohydrologisch model en blijft daardoor onzeker. Er wordt verwacht dat deze maatregelen, net als in alternatief 1, slechts een beperkt effect hebben. Daarom is alternatief 2 als licht negatief (0/-) beoordeeld. In alternatief 3 worden helemaal geen beheermaatregelen getroffen en is het effect op de grondwaterkwaliteit als negatief (-) beoordeeld.

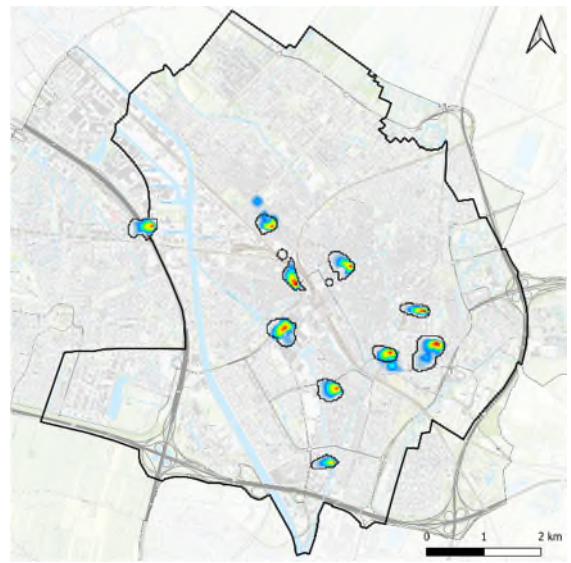
Het onderhouden van de OBES (periodiek spoelen) is niet in de effectbeoordeling betrokken omdat hiervoor schoon water wordt gebruikt en het volume daarvan slechts een fractie vormt van de totale hoeveelheden grondwater die in een OBES heen en weer gepompt worden.



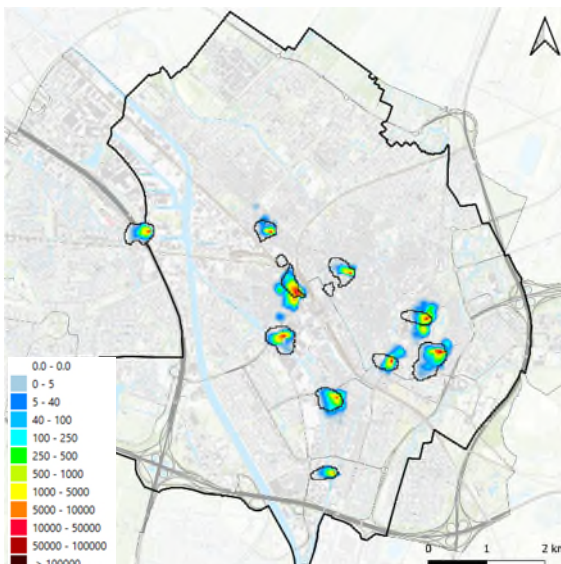
Figuur 6.2 Gemodelleerde verspreiding VC ($\mu\text{g/l}$) 1^e watervoerende pakket alternatief 1 (alleen operationele OBES, boven) met contouren van de referentie en in alternatief 2 en 3 (bij uitbreiding van bodemenergie, onder) met contouren van de referentie



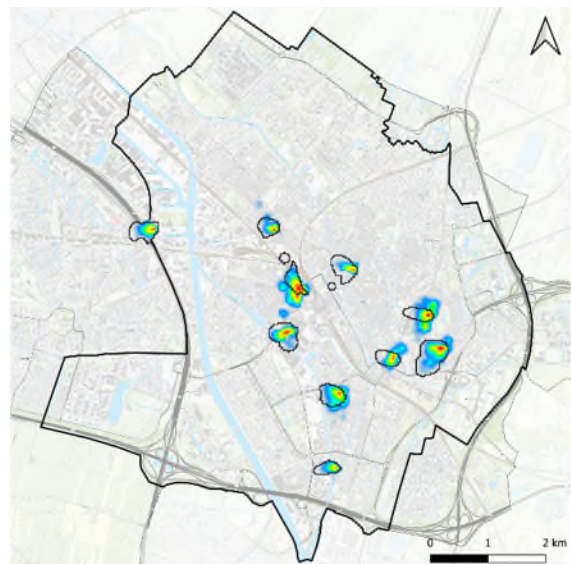
CIS Alternatief 1 in het 1^e watervoerende pakket in 2050 met referentiecontourlijnen 1^e watervoerende pakket 2050 (zwarte omlijning)



CIS Alternatief 1 in het 1^e watervoerende pakket in 2100 met referentiecontourlijnen 1^e watervoerende pakket 2100 (zwarte omlijning)

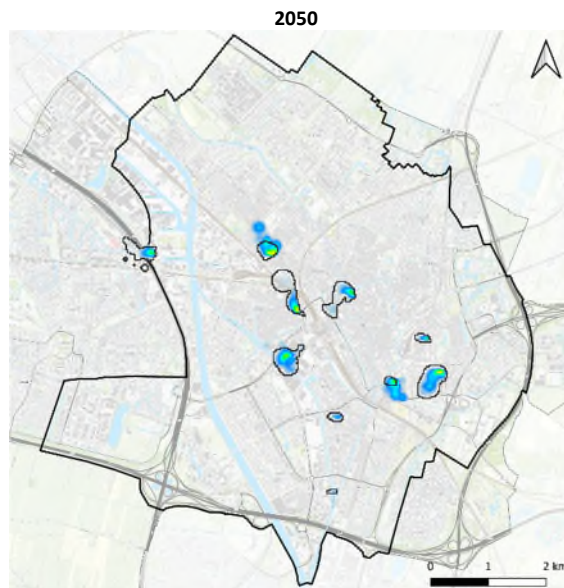


CIS Alternatief 2 en 3 in het 1^e watervoerende pakket in 2050 met referentiecontourlijnen 1^e watervoerende pakket 2050 (zwarte omlijning)

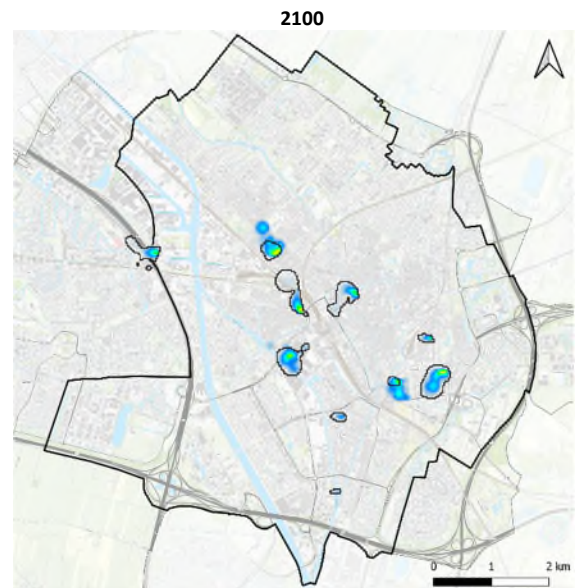


CIS Alternatief 2 en 3 in het 1^e watervoerende pakket in 2100 met referentiecontourlijnen 1^e watervoerende pakket 2100 (zwarte omlijning)

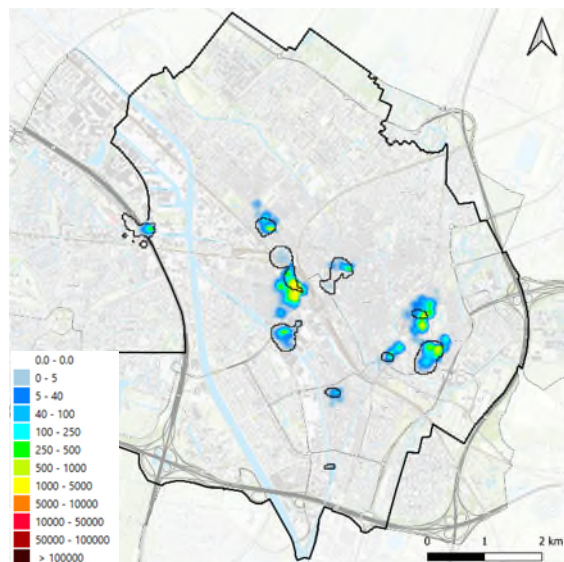
Figuur 6.3 Gemodelleerde verspreiding CIS (µg/l) in het 1^e watervoerende pakket in 2050 met referentiesituatie 2050 in als zwart contourlijn (linksboven), alternatief 2 en 3 (bij uitbreiding bodemenergie) 2050 (linksonder) en 2100 (rechtsonder)



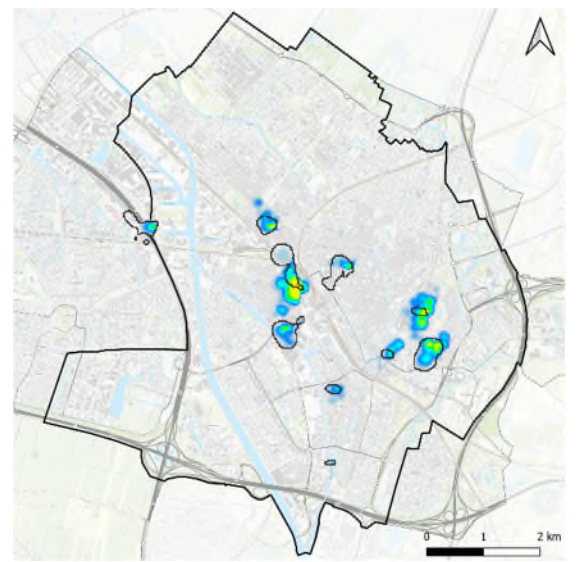
VC Alternatief 1 in het 2^e watervoerende pakket in 2050 met referentiecontourlijnen 2^e watervoerende pakket 2050



VC Alternatief 1 in het 2^e watervoerende pakket in 2100 met referentiecontourlijnen 2^e watervoerende pakket 2100

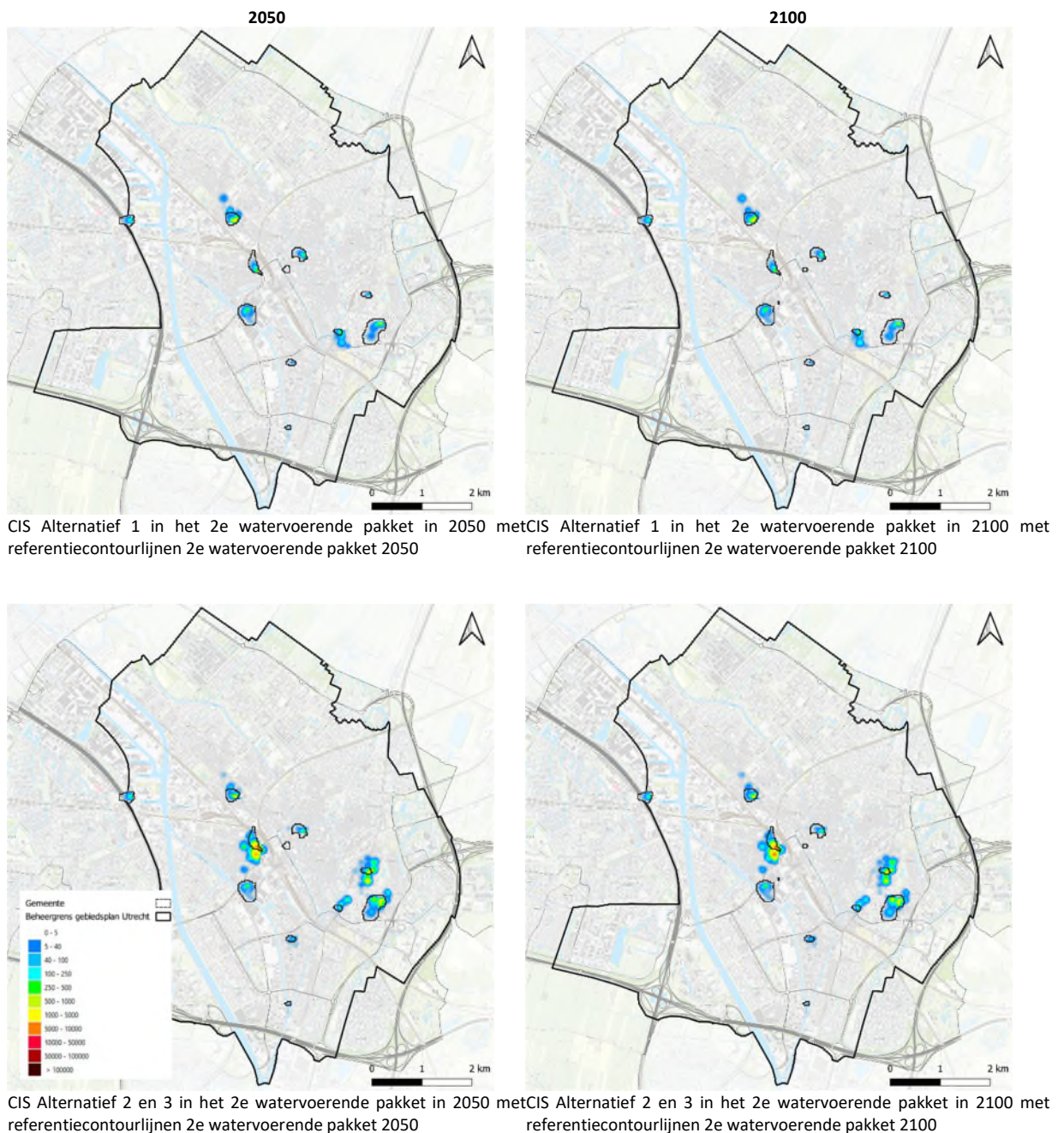


VC Alternatief 2 en 3 in het 2^e watervoerende pakket in 2050 met referentiecontourlijnen 2^e watervoerende pakket 2050



VC Alternatief 2 en 3 in het 2^e watervoerende pakket in 2100 met referentiecontourlijnen 2^e watervoerende pakket 2100

Figuur 6.4 Gemodelleerde verspreiding VC (µg/l) in het 2^e watervoerende pakket in 2050 (links) en 2100 (rechts) in alternatief 1 (alleen operationele OBES, midden) en in alternatief 2 en 3 (bij uitbreiding van bodemenergie, onder) met contouren van de referentiesituatie (zwarte contouren)



Figuur 6.5 Gemodelleerde verspreiding CIS ($\mu\text{g/l}$) in het 2e watervoerende pakket in 2050 (links) en 2100 (rechts) en in alternatief 2 en 3 (bij uitbreiding van bodemenergie, onder)

6.5.5 Drinkwater

In alternatief 1 worden geen extra OBES geplaatst, waardoor de verspreiding van verontreinigingen naar het tweede watervoerende pakket weliswaar afneemt maar nog steeds plaatsvindt. Dit alternatief gaat daarnaast uit van actieve grondwaterbescherming om doorbraak naar het tweede watervoerende pakket te voorkomen. De mogelijkheden om het grondwater in dit pakket te beschermen zijn beperkt. De verontreinigingen bevinden zich in de diepe ondergrond onder bestaande infrastructuur. Hierdoor is het bepalen en bereiken van de exacte vervuilsbron complex. Hetzelfde geldt voor het actief onttrekken en zuiveren van grondwater uit het tweede watervoerende pakket. Het is zeer onzeker of beheersmaatregelen de doorbraak van verontreinigingen naar het tweede watervoerende pakket volledig kunnen voorkomen. Alternatief 1 leidt niet tot een verbetering van het onttrokken ruwwater dat bestemd is voor de drinkwatervoorziening ten opzichte van de referentiesituatie. Daarom is alternatief 1 als neutraal beoordeeld (0).

In alternatief 2 en 3 is de doorslag van de grondwaterverontreinigingen van de Reactorweg/Atoomweg (de meest kritische locaties) naar het 2^e watervoerende pakket iets groter dan in de referentiesituatie. In alternatief 2 neemt de gemeente risicogestuurd beheersmaatregelen om verdere verspreiding van verontreinigingen te voorkomen. De meest realistische beheersmaatregel is het oppompen en zuiveren van het grondwater. Daarbij wordt aangetekend dat de beschermingsmogelijkheden, gezien de ligging van de verontreinigingen en de toets op kosteneffectiviteit, waarschijnlijk beperkt zijn. In beide alternatieven bereiken de grondwaterpluimen de drinkwaterwinning Leidsche Rijn niet, omdat de verontreiniging vóór die tijd zal zijn afgebroken. De alternatieven 2 en 3 leiden niet tot een verslechtering van het onttrokken ruwwater dat bestemd is voor de drinkwatervoorziening ten opzichte van de referentiesituatie. Daarom zijn de alternatieven 2 en 3 als neutraal beoordeeld (0).

6.5.6 Bodemopbouw

Geen van de alternatieven heeft een direct effect op de bodemopbouw en waarschijnlijk alleen lokaal effect op de stromingspatronen van het grondwater (Zie 6.5.3 Grondwaterkwantiteit). Ook hebben de alternatieven geen invloed op zetting of verdichting van de ondergrond. Alternatieven 2 en 3 maken een toename van ingrepen in de ondergrond mogelijk, doordat zij de plaatsing van OBES toestaan. In alternatief 1 wordt de mogelijke plaatsing van OBES juist beperkt ten opzichte van de referentiesituatie. De effecten van deze plaatsingen en de doorboring van watervoerende pakketten zijn meegenomen onder het thema grondwaterkwaliteit. Om effecten niet tweemaal mee te nemen, zijn de mogelijke effecten op bodemopbouw en grondwaterstroming hier als neutraal (0) beoordeeld.

6.5.7 Biologische, fysische en chemische bodemkwaliteit

Mogelijke effecten op de fysische chemische en biologisch bodemkwaliteit ontstaan met name als het grondwater in de bovenste meters méér verontreinigd raakt. De maatregelen in de alternatieven hebben met name effect op de grondwaterkwaliteit. Daar waar het grondwater aan de oppervlakte komt (kwelgebieden) hebben deze verontreinigingen een mogelijk negatief effect op het bodemleven in de bovenste laag van de (water)bodem. Uit het geohydrologisch model blijkt dat bij voortzetting van huidig beleid er geen verontreinigingen aanwezig zijn in de kwelgebieden. De verontreinigingen binnen het beheergebied verplaatsen zich zeer langzaam richting de kwelgebieden in het noordoosten van de gemeenten en de Bethunepolder en vormen daar in ieder geval tot 2100 geen risico voor de bodemkwaliteit (Zie ook hoofdstuk 5.3.3).

Als gevolg van het GGB worden de bovenste meters van de bodem en het grondwater naar verwachting niet verontreinigd. Het geohydrologisch model biedt geen specifiek inzicht in de verspreiding van verontreinigingen binnen het freatische grondwater en biedt daarmee geen definitief uitsluitsel wat betreft de mogelijke verontreinigingen in de bovenste meters van de bodem.

Waar in de bovengrond de biologische bodemkwaliteit met name door regenwormen, nematoden, andere bodemdiertjes en schimmels wordt bepaald, spelen in de ondergrond met name bacteriën een rol. Deze zijn ook van belang voor de natuurlijke afbraak van de grondwaterverontreinigingen met VOCl. In de ondergrond kan vergrijzing van het grondwater de biologische bodemkwaliteit beïnvloeden. Dit kan positief zijn voor de gebieden waar nu nog hoge concentraties in het grondwater zitten en waar verspreiding en vermenging met schoner grondwater voor lagere concentraties zorgt. Maar het effect kan ook negatief zijn voor de gebieden waar het grondwater nu nog schoon is.

Alternatief 1 leidt tot vertraagde vergrijzing van het grondwater ten opzichte van de referentie, enerzijds omdat er geen extra OBES geplaatst kunnen worden en anderzijds omdat er eerder wordt ingegrepen om verdere verspreiding van grondwaterverontreiniging tegen te gaan. Gezien de ligging van de grondwaterverontreiniging is de haalbaarheid en effectiviteit van beschermingsmaatregelen mogelijk beperkt. Hierdoor wordt dit alternatief neutraal (0) beoordeeld.

De alternatieven 2 en 3 leiden juist tot een snellere vergrijzing van het grondwater en de verontreinigingen kunnen zich ook over een groter beheergebied verspreiden. Hierdoor neemt de verontreiniging toe maar is er door de lagere concentraties ook een grotere kans voor biologische afbraakprocessen in de bodem. Het is niet duidelijk of de effecten op de bodemkwaliteit in de diepe ondergrond hierdoor in grotere mate positief of negatief wordt beïnvloed. Beide alternatieven zijn daarom als neutraal (0) beoordeeld.

6.5.8 Samenvatting beoordeling bodem en water

Tabel 6.7 Samenvatting beoordeling klimaat, energie en circulariteit

Thema	Beoordelingsaspecten	Alternatief 1 – Actieve bescherming	Alternatief 2 – Benutten en sturen	Alternatief 3 – Maximale benutting
Bodem en water	Oppervlaktewaterkwantiteit	0	0	0
	Oppervlaktewaterkwaliteit	0	0	0
	Grondwater kwantiteit	0	0	0
	Grondwaterkwaliteit	0/+	0/-	-
	Drinkwater	0	0	0
	Bodemopbouw	0	0	0
	Biologische, fysische en chemische bodemkwaliteit	0	0	0

6.6 Ecologie

Tabel 6.8 Beoordelingskader ecologie

Thema	Indicator	Effectbepaling
Ecologie	Natuur	Juiste milieucondities ten behoeve van het duurzaam instandhouden van soorten en habitats

6.6.1 Natuur

Meer OBES en een groter beheergebied kunnen leiden tot respectievelijk meer fluctuaties in de grondwaterstanden en vergrijzing van de grondwaterkwaliteit in zones die nu nog schoon zijn. Deze effecten treden echter in géén van de alternatieven op in de omliggende Natura 2000-gebieden of NNN-gebieden. Uit het geohydrologisch model blijkt dat geen verontreiniging zich verspreiden richting de natuurgebieden ten noorden van de gemeente Utrecht.

Wel kunnen wijzigingen in grondwaterstanden en/of grondwaterkwaliteit effect hebben op de stadsnatuur en groene gebieden in de gemeente. OBES kunnen tot lokale verdroging en vernatting leiden door het onttrekken van grondwater uit de ene put en infiltratie in de andere. Met name verdroging kan leiden tot aantasting van (monumentaal) stadsgroen en groene structuren in de stad. Bij grootschalige toepassing van OBES kunnen de cumulatieve effecten, hoewel per systeem klein, leiden tot merkbare veranderingen in de grondwaterstanden. In welke mate dit effect optreedt, is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem en de typen natuur. Rondom de OBES in de Uithof zijn grondwaterstands dalingen van 20 centimeter waargenomen.¹⁹

In alternatief 1 is de potentie van bodemenergie lager ten opzichte van de referentiesituatie. Hierdoor bestaat de kans dat effecten met betrekking tot natuurwaarden in het stedelijk gebied positiever kunnen uitvallen omdat de grondwaterfluctuaties en bijbehorende verdroging beperkt zullen zijn. Alternatief 1 wordt dan ook licht positief (0/+) beoordeeld ten opzichte van de referentie.

In de alternatieven 2 en 3 wordt ook het 2^e watervoerende pakket voor OBES opgesteld en voor het winnen van dezelfde hoeveelheid bodemenergie hoeven dan minder OBES in het 1^e watervoerende pakket te worden geplaatst dan de referentiesituatie. OBES in het 2^e watervoerende pakket hebben door de scheidende laag geen invloed op de grondwaterstanden in het freatisch vlak. Dit betekent dus dat de alternatieven 2 en 3 minder risico op verdroging en vernatting geven dan de referentie. De effecten voor alternatief 2 en 3 zijn nagenoeg gelijk, en worden licht positief (0/+) beoordeeld.

¹⁹ Effecten van WKO op de grondwaterkwantiteit, Deltares, 2010, 0907-0022.pdf

6.6.2 Samenvatting beoordeling ecologie

Thema	Beoordelingsaspecten	Alternatief 1 – Actieve bescherming	Alternatief 2 – Benutten en sturen	Alternatief 3 – Maximale benutting
Ecologie	Natuur	0/+	0/+	0/+

6.7 Erfgoed

Tabel 6.9 Beoordelingskader erfgoed

Thema	Indicator	Effectbepaling
Erfgoed	Archeologie	Verandering in behoud en ontwikkeling van archeologie, gebouwd erfgoed (monumenten/stads- en dorpsgezichten), cultuurlandschap en werelderfgoed
	Landschap en cultuurhistorie	Verandering in areaal en kwaliteit van waardevolle landschappen
	Aardkundige waarden	Verandering in de mate van duurzaam beheer van aardkundige waarden (incl. behoud bodemvruchtbaarheid)

6.7.1 Archeologie

Verstoring van archeologische relictten kan op drie manieren plaatsvinden. Het gebiedsplan geeft in een aantal alternatieven meer ruimte voor het benutten van bodemenergie. Dit kan leiden tot meer boringen. Door deze boringen is er een risico dat het archeologische bodemarchief wordt aangetast of vernietigd. Maatgevend voor dit risico zijn de hoeveelheid boringen die moeten worden geplaatst en de locatie waar de boringen plaatsvinden. Wanneer de locatie van een boring in een gebied met lage archeologische verwachtingen valt, is de kans kleiner dat het archeologische bodemarchief wordt aangetast.

Naast verstoring van de grond door de boring, wordt tijdens een boring vaak ook zuurstof geïntroduceerd in bodemlagen met een relatief laag zuurstofgehalte. Gemiddeld ligt het zuurstofgehalte tussen 12-20%²⁰ in een gezonde bodem. Dit neemt geleidelijk af in diepere lagen. Wanneer er meer zuurstof aan de bodem wordt toegevoegd kan dit leiden tot oxidatie in de bodem en aantasting van organische materialen met archeologische waarde. Daarnaast ontstaan er grondwaterfluctuaties tijdens de gebruiksfase van een OBES doordat water lokaal wordt opgepompt. De meeste voorwerpen die vóór de twintigste eeuw zijn geproduceerd bestaan uit organische materialen²¹, door oxidatie kan er dus potentieel archeologische informatie verloren gaan.

Alternatief 1 scoort licht positief (0/+) omdat er minder OBES worden geplaatst dan in de referentiesituatie. Door méér ruimte te bieden aan bodemenergie in de alternatieven 2 en 3 is het risico op verstoring en daarmee de kans op vernietiging van archeologische waarden hier iets hoger. Hierdoor worden deze alternatieven licht negatief (0/-) beoordeeld.

6.7.2 Landschap en cultuurhistorie

Potentiële effecten op landschap en cultuurhistorie ontstaan met name bovengronds. De maatregelen in de verschillende alternatieven spelen ondergronds, en leiden niet tot bovengrondse veranderingen. Hierdoor worden geen effecten verwacht op landschap en cultuurhistorie ten opzichte van de referentiesituatie. De alternatieven zijn neutraal (0) beoordeeld.

²⁰ <https://nutrinorm.nl/bodem/aandachtspunten-op-zand-klei-en-veenbodems/bodemstructuur/>

²¹ <https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bodemverstoring/bodemverstoringen-herkennen-en-opsporen>

6.7.3 Aardkundige waarden

Op dit moment zijn er weinig aardkundige waarden in de gemeente Utrecht aanwezig. Aardkundige waarden kunnen aangetast worden door een toename in verstoring door vergraving en door verdroging, doordat veen oxideert en daarmee de bodem inklinkt. Hierdoor verdwijnen aardkundige structuren in de ondergrond en in het landschap. Door het toestaan van meer OBES binnen het beheergebied kan lokaal verdroging optreden. Omdat er ter plaatse van de beperkte aanwezigheid van aardkundige waarden geen ruimtelijke ontwikkelingen worden verwacht worden alle alternatieven neutraal (0) beoordeeld.

6.7.4 Samenvatting beoordeling erfgoed

Tabel 6.10 Samenvatting beoordeling erfgoed

Thema	Beoordelingsaspecten	Alternatief 1 – Actieve bescherming	Alternatief 2 – Benutten en sturen	Alternatief 3 – Maximale benutting
Erfgoed	Archeologie	0/+	0/-	0/-
	Landschap en cultuurhistorie	0	0	0
	Aardkundige waarden	0	0	0

6.8 Overzicht effectbeoordelingen

In Tabel 6.11 zijn de effect beoordelingen uit dit hoofdstuk samengevat

Tabel 6.11 Samenvatting effectbeoordelingen

Thema	Beoordelingsaspecten	Alternatief 1 – Actieve bescherming	Alternatief 2 – Benutten en sturen	Alternatief 3 – Maximale benutting
Bovengrondse impact	Openbare ruimte en ruimtegebruik	+	-	-
	Woningbouwopgave	-	+	+
	Gezondheidseffecten	0	0	0
	Veiligheidsrisico's	0	0	0
Klimaat, energie en circulariteit	Emissie en vastleggen broeikas-gassen	-	+	+
	Duurzame energieopwekking	-	0/+	0/+
	Ergienetwerk	0/-	0/+	0/+
	Circulariteit	0	0	0
Bodem en water	Oppervlaktewaterkwantiteit	0	0	0
	Oppervlaktewaterkwaliteit	0	0	0
	Grondwaterkwantiteit	0	0	0
	Grondwaterkwaliteit	0/+	0/-	-
	Drinkwater	0	0	0
	Bodemopbouw	0	0	0
	Biologische, fysische en chemische bodemkwaliteit	0	0	0
Ecologie	Natuur	0/+	0/+	0/+
Erfgoed	Archeologie	0/+	0/-	0/-
	Landschap en cultuurhistorie	0	0	0
	Aardkundige waarden	0	0	0

7. Integrale beoordeling

7.1 Significante effecten

In dit MER zijn drie alternatieven onderzocht voor de invulling van het gebiedsplan en de effecten ervan vergeleken met de referentiesituatie. In Tabel 7.1 is de essentie van de drie alternatieven samengevat. Ze verschillen met name in de horizontale en verticale begrenzing van het beheergebied, het wel of niet toestaan van energiewinning (OBES) in 1^e en 2^e watervoerend pakket en de mate van bescherming van de drinkwaterwinningen in het plangebied, en daarmee in de mate waarin ze het grondwater benutten en beschermen.

Tabel 7.1 Essentie van de drie onderzochte alternatieven

Alternatief 1 <i>Actieve bescherming</i>	Alternatief 2 <i>Benutten en sturen</i>	Alternatief 3 <i>Maximaal benutten</i>
- Beschermen heeft prioriteit boven benutten - Huidige begrenzing beheergebied - Beschermingsregime met extra inzet beheersmaatregelen - Geen nieuwe OBES in 1^e en 2^e watervoerende pakket. De huidige OBES blijven actief. <i>Optioneel: toestaan plaatsing OBES 1e watervoerend pakket als beheersmaatregel</i>	- Balans benutten-beschermen - Huidige begrenzing beheergebied horizontaal (zonder bufferzone) - Geen nieuwe onttrekkingen voor proces- of consumptiewater - Beschermingsregime horizontaal: voorkomen verspreiding over horizontale gebiedsgrens - Beschermingsregime verticaal: toestaan OBES en onttrekkingen in 2^e watervoerend pakket	- Benutten heeft prioriteit boven beschermen - Horizontale grens beheergebied wordt vergroot tot de gemeentegrenzen. - Beschermingsregime horizontaal: geen actieve maatregelen voor beperken verspreiding (zo nodig end-of-pipe maatregelen nemen in drinkwaterwinning) - Beschermingsregime verticaal: toestaan OBES en onttrekkingen in 2^e watervoerend pakket

Op basis van de effectenbeoordeling zijn de significante effecten (positief of negatief) ten opzichte van de referentiesituatie op een rij gezet, zie Tabel 7.2.

Wat zijn significante effecten?

Significante effecten zijn de effecten die in de beoordeling (zeer) positief (+ of ++) of (zeer) negatief (- of --) zijn beoordeeld. Voor de keuzes van het voorkeursalternatief zijn met name deze relevant. De indicatoren met licht positieve of licht negatieve effecten zijn weliswaar minder van relevant maar kunnen soms toch van invloed zijn voor de keuzes in het voorkeursalternatief.

Tabel 7.2: Overzicht van significante effecten per alternatief

Indicator	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Onderbouwing
Openbaar ruimtegebruik	+	-	-	Alternatief 1 beperkt het bovengronds ruimtegebruik van duurzame energiesystemen. De alternatieven 2 en 3 vragen juist om meer ruimte bovengronds.
Woningbouwopgave	-	+	+	De alternatieven 2 en 3 maken duurzame energievoorziening nieuwe woningbouw goed mogelijk. Alternatief 1 beperkt deze.
Emissie en vastleggen broeikasgassen	-	+	+	Bodemenergie is energetisch efficiënt en zorgt voor een relatief lage uitstoot van broeikasgassen. Alternatief 1 beperkt het gebruik van bodemenergie terwijl de alternatieven 2 en 3 die juist beter mogelijk maken.
Duurzame energieopwekking	-	Geen significant effect	Geen significant effect	Alternatief 1 beperkt de mogelijkheden om duurzaam bodemenergie te gebruiken.
Grondwaterkwaliteit	Geen significant effect	Geen significant effect	-	Alternatief 3 vergroot het volume verontreinigd grondwater in grotere mate dan de andere alternatieven en de referentie.

Dit levert het volgende beeld:

- Voor de meeste indicatoren geldt dat de alternatieven hierop een beperkt effect hebben. Ze zijn hooguit licht positief of licht negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie beoordeeld. Deze effecten wordt als niet significant beschouwd.
- In de huidige situatie is er al grondwaterverontreiniging met VOCI in het 2^e watervoerende pakket aangetroffen. Op basis van 'worst-case-aannames' in het grondwatermodel is ingeschat dat deze verspreiding zich in zowel de referentiesituatie als in alle alternatieven (in wisselende mate) mogelijk buiten de grenzen van het huidige beheergebied zullen verplaatsen, zowel horizontaal (bij de Atoomweg) als verticaal (naar het 2^e watervoerende pakket).
- De vraag is of er beheersmaatregelen zijn waarmee deze verspreiding op kosteneffectieve wijze kan worden gestopt en de verontreinigingen binnen de beheergrens kunnen worden gehouden. Daarbij is het relevant dat deze conclusies gebaseerd zijn op de resultaten van de modellering waarbij worst-case-aannames zijn gedaan over de mate van verspreiding.
- In géén van de alternatieven verslechtert de kwaliteit van het grondwater in de drinkwaterwinningen in en om Utrecht. Ook de kwaliteit van het oppervlaktewater verslechtert niet. Dit op grond van de resultaten van het GHM.
- Alternatief 1 kent significant negatieve effecten op de woningbouwopgave, de emissie van broeikasgassen en de opwekking van duurzame energie. Omdat er in dit alternatief geen extra OBES geplaatst mogen worden, ook niet voor de nieuwbouw, wordt de woningbouwopgave in de hoogstedelijke gebieden sterk bemoeilijkt. De alternatieven met minder ruimte voor OBES zorgen ook voor meer uitstoot van broeikasgassen, zolang nog gebruik wordt gemaakt van alternatieve energie vanuit fossiel opgewekte elektriciteit. Alternatief 1 heeft wél een significant positief effect op het ruimtegebruik in het openbaar gebied. Dit hangt samen met de relatief grote bovengrondse ruimtevraag van de installatieonderdelen van OBES in vergelijking met andere warmtetechnieken.
- De alternatieven 2 en 3 hebben juist significant positieve effecten op de woningbouwopgave en de emissie van broeikasgassen omdat in deze alternatieven het potentieel van OBES volledig kan worden benut, zowel in het 1^e als het 2^e watervoerende pakket. Dit zorgt wel voor een significant negatief effect op het ruimtebeslag in het openbaar gebied. Alternatief 3 leidt daarnaast tot een significant negatief effect op de toename van het volume verontreinigd grondwater en daarmee op de grondwaterkwaliteit.
- Er zijn geen verwachte significante effecten op Natura 2000-gebieden. Een zogenaamde Passende beoordeling in het kader van de Omgevingswet is dan ook niet nodig.

Op basis van de effectbeoordeling ligt de belangrijkste keuze bij (a) het wél of níet uitbreiden van de horizontale gebiedsbegrenzing, en (b) het wél of niet toestaan van OBES tot in het 2^e watervoerend pakket. Daarbij wordt het volgende opgemerkt:

- Ook al lijkt het benutten van het 2^e watervoerend pakket weinig negatieve effecten te hebben, is het toestaan van OBES in het 2^e watervoerend pakket een onomkeerbaar besluit: de mogelijke toename van verontreiniging van het grondwater in het 2^e watervoerend pakket – hoe klein mogelijk ook – is moeilijk terug te draaien.
- Indien tegen de verwachting in toch nog verontreinigingen de drinkwaterwinningen bereiken, zijn deze effecten te mitigeren door interceptiemaatregelen of zuivering van deze verontreinigingen bij of in de bron.
- Als het gebruik van bodemenergie wordt beperkt, moeten andere energiebronnen (duurzaam of niet-duurzaam) worden ingezet. Deze alternatieve energiebronnen hebben hun eigen milieueffecten in de leefomgeving.

7.2 People, planet, prosperity

De effecten kunnen in hun samenhang gezien worden vanuit de perspectieven people, planet en prosperity. Bij iedere perspectief ligt de focus op een ander deel van het totale doelbereik.

- *People* gaat over de impact op mensen. Hierin nemen we de thema's 'erfgoed' en 'klimaat, energie en circulariteit' mee. In dit planMER zijn de versterkte mogelijkheden om OBES in een aantal alternatieven te gebruiken de oorzaak voor een positieve beoordeling inzake de bijdrage aan CO₂-reductie en dus klimaat. De positieve beoordeling zien we met name terug in de mogelijkheden tot gebruik van bodemenergie in de alternatieven 2 en 3.
- *Planet* gaat over de impact op onze planetaire grenzen. De thema's 'water en bodem' en 'ecologie' vallen hieronder. In dit planMER is een mogelijke doorgaande verspreiding van grondwaterverontreiniging in het 2^e watervoerend pakket in alternatief 3 de oorzaak van een *negatieve* beoordeling op Planet. Deze is bovendien moeilijk omkeerbaar voor langere termijn.
- *Prosperity* gaat over het vervullen van de maatschappelijke behoefte. Dit betreft de indicatoren onder het thema 'Bovengrondse impact'. Hier leveren de mogelijkheden in de alternatieven om OBES te gebruiken en daarmee de woningbouw beter te realiseren, een *positief* effect, met name in de alternatieven 2 en 3.

7.3 Toetsing aan doelbereik

Voor het huidige gebiedsplan zijn de volgende doelstellingen geformuleerd:

- Het beheersen van grondwaterverontreiniging op gebiedsniveau
- Het voorkomen van verspreiding buiten het beheergebied
- Het beschermen van kwetsbare functies zoals drink- en oppervlaktewater
- Het verbeteren van de grondwaterkwaliteit in de tijd
- Het mogelijk maken van duurzaam en efficiënt ondergrondgebruik

Voor het nieuwe gebiedsplan zijn de doelstellingen nog in ontwikkeling.

Op basis van de effectbeoordeling kunnen we stellen dat:

- Alternatief 1 het beste bijdraagt aan het voorkomen van verspreiding van verontreinigd grondwater maar het duurzaam gebruik van de ondergrond, en daarmee de stedelijke ontwikkeling belemmert.
- De alternatieven 2 en 3 het beste bijdragen aan het bevorderen van gebruik van de ondergrond voor bodemenergie en de stedelijke ontwikkeling het beste ondersteunt, maar wel tot een grotere verspreiding van grondwater leiden.
- In alle alternatieven de drinkwaterwinningen en het oppervlaktewater niet door de grondwaterverontreinigingen verslechteren.

8. Conclusies en reflectie

Op basis van voorgaande effectbeschrijving- en beoordeling van de drie alternatieven is een aantal conclusies te trekken.

8.1 Conclusies

1. Het geactualiseerde GGB vraagt om een nieuwe balans tussen het beheersen van de grondwaterverontreinigingen en het benutten van de potenties van bodemenergie in het gebied. De meest essentiële afweging draait om het risico op (beperkte, maar wel lastig omkeerbare) verontreinigingen in het 2^e watervoerende pakket vs. het toestaan van bodemenergiewinning in dit 2^e watervoerende pakket. Dit zijn de meest significante potentiële effecten van de actualisatie van het GGB.
2. Zowel in de referentiesituatie als de alternatieven overschrijden de grondwaterverontreinigingen de horizontale en verticale gebiedsgrenzen. In alternatief 1 is de verspreiding het kleinst en in de alternatieven 2 en 3 het grootst. De uiteindelijke verspreiding stagneert richting 2100.
3. Zowel de in de referentiesituatie als in de alternatieven vormt de verspreiding van verontreinigd grondwater géén bedreiging voor de oppervlaktewaterkwaliteit in de periode tot 2100. De verontreinigingen verspreiden zich niet zodanig dat het via kwel in het oppervlaktewater komt. Bovendien zal volgens de modellering de verontreiniging volledig zijn afgebroken voordat het oppervlaktewater is bereikt.
4. In de periode tot 2100 (en ook daarna) bereiken de verontreinigingen in géén van de alternatieven de drinkwaterwinningen. De afstand tussen de verontreinigingen en de meest kritische drinkwaterwinning Leidsche Rijn bedraagt minimaal 1 kilometer en de verontreinigingen zijn volledig afgebroken voordat de drinkwaterwinning is bereikt.
5. De nieuwbouwopgave in het hoogstedelijke gebied wordt bemoeilijkt zonder inzet van het 2^e watervoerend pakket. Dit heeft te maken met de onmisbare rol van bodemenergie in het energiesysteem voor het leveren van warmte en koude en het gebrek aan realistische duurzame alternatieven.

8.2 Reflectie

In het onderzoek is een aantal keuzes en aannames gedaan, die de effectbeoordeling mede bepalen:

- **Klimaatverandering is niet meegenomen in de huidige modellering en effectbeoordeling voor bodem en water**
Toenemende droogte kan leiden tot lagere grondwaterstanden en veranderende stromingspatronen in de watervoerende pakketten. Veranderde hydrologische condities beïnvloeden mogelijk kwel en infiltratie, wat kan resulteren in een andere verspreiding van stoffen. Door middel van de monitoring kan dit proces worden gevolgd. Vooralsnog wordt niet verwacht dat klimaatverandering invloed heeft op de effectbeoordeling.
- **De huidige grondwatermodellering gaat uit van een aantal worst case aannames**
Er ontbreken goede monitoringsdata om de verspreiding van de verontreinigingen accurater te voorspellen. Mogelijk zijn de daadwerkelijke effecten kleiner dan voorspeld of ontwikkelen ze zich over langere tijd. In dat geval zou de effectbeoordeling voor met name de indicator grondwaterkwaliteit positiever uitvallen. Met de toekomstige monitoringsdata kan getoetst worden of de gekozen aannames moeten worden bijgesteld.
- **Toename van infiltratie (als gevolg van gemeentelijk afkoppelbeleid) is niet meegenomen in de modellering**
De toename van infiltratie kan de grondwaterstand en de verspreiding van verontreinigingen beïnvloeden maar in welke mate is onbekend. Door middel van de monitoring kan dit proces worden gevolgd. Vooralsnog wordt niet verwacht dat de toename van infiltratie invloed heeft op de effectbeoordeling.

Daarnaast zijn er ontwikkelingen die op termijn van invloed kunnen zijn op de verspreiding van verontreinigingen en daarmee op het GGB:

- **Toenemende drinkwateronttrekkingen door bevolkingsgroei**

Verwacht wordt dat door bevolkingsgroei er meer grondwater voor drinkwater zal worden gewonnen, ook in de bestaande winningen. In het grondwatermodel zijn enkele scenario's doorgerekend waarin alle drinkwaterwinningen met 30% zijn vergroot. Daaruit blijkt dat ook in dat geval de grondwaterverontreinigingen in de periode tot 2100 de winning niet bereiken.

- **De feitelijke groei van OBES is onzeker**

In de grondwatermodellering zijn aannames gedaan over het aantal open bodemenergiesystemen dat in de verschillende alternatieven geïmplementeerd gaat worden. De aannames gaan uit van een relatief grote benutting van de potentie van bodemenergie, binnen de mogelijkheden van het alternatief. Dit zal dus eerder een overschatting dan een onderschatting van het werkelijke aantal toekomstige OBES zijn. Dit betekent ook dat de effecten inzake met name de grondwaterkwaliteit (alternatieven 2 en 3) positiever kunnen uitvallen dan nu verwacht.

8.3 Leemten in kennis

De volgende leemten in kennis zijn geïdentificeerd:

- **De werkelijke omvang van de grondwaterverontreinigingen is onbekend**

Met de monitoringsdata van de afgelopen jaren kan niet overal een goed beeld van de huidige omvang van de grondwaterverontreinigingen worden gevormd. Onder meer is onbekend in welke mate zaklagen in de ondergrond aanwezig zijn. Om deze leemte in kennis te ondervangen is een grondwatermodel opgesteld waarin conservatieve (worst case) aannames zijn gedaan over de aanwezigheid van zaklagen, afbraakconstanten en de afdichtende functie van de scheidende laag tussen de watervoerende pakketten. Met de toekomstige monitoringsinspanning zullen nieuwe data worden verkregen waarmee het grondwatermodel kan worden verfijnd en een beter beeld van de feitelijke omvang en verspreiding van de grondwaterverontreinigingen kan worden verkregen.

- **Veilig en verantwoord OBES in het 2^e watervoerende pakket plaatsen en benutten**

Het huidige kader met vergunningverlening en kwaliteitsborging borgt in principe een veilige plaatsing van OBES door middel van eisen voor het doorboren van scheidende lagen en het voorkomen van kortsluiting tussen watervoerende pakketten. Ondanks dat het risico op verontreiniging van het 2^e watervoerende pakket klein is, blijft er echter altijd een zeker risico en de vraag is hoe dit risico verder verkleind kan worden. De gemeente Utrecht voert momenteel een praktijkonderzoek uit om te bepalen met welke maatregelen (naast die al wettelijk verplicht zijn) nog veiliger en verantwoord bodemenergie (OBES) in het 2^e watervoerende pakket kan worden benut. De resultaten van het praktijkonderzoek worden in de loop van 2026 verwacht en kunnen mogelijk nog worden meegenomen bij de opzet van het voorkeursalternatief.

De beschikbare informatie en kennis zijn voldoende voor een goed onderbouwde effectbeoordeling in voorliggend planMER en de leemten in kennis doen daar geen afbreuk aan.

8.4 Monitoring

Na de besluitvorming draagt de gemeente Utrecht zorg voor de monitoring van het gebiedsplan. Hiertoe zal in het gebiedsplan een gedetailleerde monitoringsstrategie worden opgenomen. Vanuit dit planMER wordt aanbevolen om hierbij in ieder geval rekening te houden met:

- De aan- of afwezigheid van zaklagen;
- De effecten van het doorboren van de scheidende laag tussen het 1^e en 2^e watervoerende pakket;
- De effecten van meer of minder OBES;
- Het effect van een eventuele toename van het debiet in de drinkwaterwinning.

9. Bibliografie

- [1] Bioclear earth, „Evaluatie Biowasmachine-principe Utrecht fase 1,” Bioclear earth, 2022.
- [2] Bioclear earth, „Rapportage resultaten flux- en biopotentieelmetingen biowasmachine te Utrecht,” Bioclear earth, 2018.
- [3] Sweco, „Een nieuw GHM voor Utrecht,” Sweco, 2025.
- [4] Gemeente Utrecht, „Meerjarenperspectief,” Gemeente Utrecht, 2025.
- [5] Gemeente Utrecht, „Visie Water en Riolerings Utrecht,” Gemeente Utrecht, Utrecht, 2022.
- [6] Nationaal Water Model, „Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand; Gemiddeld Laagste Grondwaterstand,” Klimaat-effectatlas, 2016.
- [7] Informatiehuis Water, „Kaderrichtlijn water - KRW factsheets,” www.wkp.rws.nl, 2025.
- [8] Gemeente Utrecht, „Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer en visie op duurzaam gebruik van de ondergrond,” Gemeente Utrecht, Utrecht, 2015.
- [9] Provincie Utrecht, „Notitie handelingsperspectief Kaderrichtlijn Water,” Provincie Utrecht, Utrecht, 2024.
- [10] Gemeente utrecht, „Utrecht monitor; Bevolkingsprognose,” Gemeente utrecht, Utrecht, 2025.
- [11] Werkgroep Grondwater Rijn-West, „Grondwater Rijn-West Ambtelijk technisch achtergronddocument,” 2021.
- [12] Stowa, „Vergrijzing van grondwater,” Stowa, 2022.
- [13] Provincie Utrecht, „Leidraad afkoppelen en infiltreren afstromend hemelwater,” Provincie Utrecht, Utrecht, 2024.
- [14] Antea Group, „Saneringsplan, Reactorweg 11-15 en Atoomweg 12 te Utrecht,” Antea Group, 2021.
- [15] Royal HaskoningDHV, Witteveen+Bos, „Gebiedsdossier waterwinning de Meern,” Provincie Utrecht, Utrecht, -.
- [16] Provincie Utrecht, „Gebiedsdossier Waterwinning Bethunepolder,” Provincie Utrecht, Utrecht.
- [17] Royal Haskoning DHV, Witteveen+Bos, „Gebiedsdossier waterwinning Groenekan,” Provincie Utrecht, Utrecht, -.
- [18] Vitens, regio Utrecht en Provincie Utrecht, „Regionaal Actieplan beschikbaarheid drinkwaterbronnen,” 2025.
- [19] Royal HaskoningDHV, Witteveen+Bos, „Gebiedsdossier Leidsche Rijn,” Provincie Utrecht, Utrecht, -.
- [20] Kennisnetwerk OBN, „Bodem Organische stof,” www.natuurkennis.nl, -.
- [21] L. Mathu, G. Korthals, K. v. Bochove en P. Boone, „Breng de boden in het stedelijk gebied tot leven!,” *Bodem*, nr. 5, 2022.
- [22] G. Bakema, J. Bloem, M. Heinen, M. Knotters en N. van Rooijen, „Wordt de grond ons te warm,” 2023.
- [23] G. Bakema, M. Heinen, M. Knotters en N. v. Rooijen, „De opwarming van de bodem en de gevolgen voor de natuur,” Wageningen university & research, Wageningen, 2023.
- [24] RIVM, „Stedelijk hitte-eiland effect (UHI),” atlasleefomgeving, 2020.
- [25] Provincie Noord-Holland, „Natura 2000 beheerplan Oostelijke Vechtplassen Planperiode 2022-2028,” Provincie Noord-Holland, 2021.
- [26] Nationale Databank Flora en Fauna, „flora/faunaverkenner,” 2025. [Online].
- [27] Klimaat-effectatlas, „Waterdiepte bij kortdurende hevige neerslag,” www.klimaat-effectatlas.nl, 2025.
- [28] Arcadis, „Saneringsplan ondergrond Utrecht gefaseerde gebiedsgerichte aanpak,” Arcadis, 2009.
- [29] DHV, „Graadt van Roggenweg te Utrecht, Nader bodemonderzoek en grondwater modellering VOCl-verontreiniging in het grondwater,” DHV, 2008.

Bijlage 1 Omgang advies Commissie mer

Bijlage 1 Omgang advies Commissie mer

De Commissie mer heeft de volgende punten genoemd als essentiële informatie voor het planMER:

- *Een evaluatie van het huidige gebiedsplan en beschrijven concrete doelen:*
Het huidige gebiedsplan en de concrete doelen zijn beschreven in hoofdstuk 3. Daar is ook de evaluatie van het huidige gebiedsplan beschreven.
- *Een duidelijke beschrijving van de alternatieven en inzicht in onderlinge verschillen:*
De alternatieven zijn uitgebreid beschreven in paragraaf 4.4.
- *Een referentiesituatie met als referentiejaar 2043. Beschrijf de huidige situatie in het planMER. Beschrijf ook de autonome ontwikkeling.*
De referentiesituatie is uitvoerig onderzocht en beschreven in hoofdstuk 5. Daarbij is het referentiejaar 2050 aangenomen in verband met de geactualiseerde grondwatermodellering.
- *De milieugevolgen en het doelbereik. Vergelijk de milieugevolgen van de alternatieven (waaronder het voorkeursalternatief) met de referentiesituatie. Laat zien of de doelen worden gehaald. Beschrijf maatregelen waarmee milieugevolgen kunnen worden gereduceerd.*
De milieugevolgen en de beoordeling van het doelbereik zijn opgenomen in dit planMER. De milieugevolgen zijn beschreven in hoofdstuk 6. De beoordeling van het doelbereik zoals opgenomen in het gebiedsplan is uiteengezet in hoofdstuk 7.
- *Een navolgbare onderbouwing van het voorkeursalternatief. Geef daarbij duidelijk aan welke keuzes zijn gemaakt en welke rol het milieubelang daarbij heeft gespeeld.*
In dit planMER wordt nog geen voorkeursalternatief beoordeeld. Het planMER is opgesteld om de milieueffecten van de alternatieven in beeld te brengen. Het planMER fungeert daarmee als een besluitvormingsinstrument. De totstandkoming van de actualisatie van het gebiedsplan vraagt om een uitgebreid proces. Daardoor kan het voorkeursalternatief pas worden bepaald wanneer de milieueffecten uit het planMER zijn afgewogen tegen andere relevante aspecten, zoals technische haalbaarheid, juridische haalbaarheid, kosten en bestuurlijke of maatschappelijke overwegingen. Deze integrale afweging ligt bij het bevoegd gezag en vindt plaats ná publicatie van het planMER. Door in dit stadium nog geen keuze te maken, blijft het onderzoeksproces transparant, volledig en vrij van bestuurlijke sturing, waardoor het bevoegd gezag een goed onderbouwde keuze kan maken op basis van alle beschikbare informatie. Conclusies op basis van het voorliggende planMER en integrale afweging voor verdere besluitvorming wordt in hoofdstuk 8 uiteengezet.
- *De onderwerpen die zullen worden gemonitord en maatregelen die achter de hand worden gehouden. Beschrijf ook de wijze van de monitoring en wie daarvoor verantwoordelijk is:*
De onderwerpen die gemonitord moeten worden na besluitvorming zijn beschreven in hoofdstuk 8.
- *Neem de leemten in milieu-informatie op:*
De milieuaspecten waar onvoldoende informatie over bestaat door gebrek aan gegevens zijn opgenomen in hoofdstuk 8.

Daarnaast zijn nog de volgende adviezen per thema gegeven.

Tabel 1 Omgang advies Commissie mer per thema

Thema	Advies Cie mer	Omgang advies
Bodem en ondergrond	Geef in het planMER een duidelijke afbakening van de verontreinigingen waarop het nieuwe gebiedsplan van toepassing is.	Zie paragraaf 4.1.
	Beschrijf in het planMER de effecten van de alternatieven op de verspreiding van andere verontreinigingen, dus ook van nieuwe verontreinigingen (van na 1987). Het gaat dan met name om verspreiding naar het tweede watervoerend pakket. Geef een inschatting van de risico's.	De scope van het planMER richt zich op de historische verontreinigingen. Aanbevelingen voor nader onderzoek wordt gedaan in hoofdstuk 8.
Water	Breng in het planMER ook de effecten op het grondwaterbeschermingsgebied Bethunepolder in beeld.	Zie paragraaf 6.5.5.
	Breng voor alternatief 3 de effecten van de maatregelen in beeld - zoals extra zuiveringsstappen - die nodig zijn om het water geschikt te maken als drinkwater.	Zie paragraaf 6.5.5.
	Breng in het planMER de effecten van de alternatieven op de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit in beeld, toets aan de randvoorwaarden van de KRW en beschrijf mogelijke mitigerende maatregelen.	Zie hoofdstuk 6.5.
	Over de huidige verspreiding van VOCl's en de totale vracht aan verontreinigingen bestaat onzekerheid. Uit bodemonderzoek is gebleken dat onder het Jaarbeursterrein in 2007 al VOCl in het tweede watervoerende pakket is aangetroffen. De oorzaak is onbekend en het is niet duidelijk of dit ook op andere plaatsen het geval is. Daarnaast is de werking van de biowasmachine, waarmee in het stadscentrum wordt geprobeerd om de verspreiding van VOCl's te beheersen, niet of onvoldoende aangetoond. Betrek deze onderwerpen in de evaluatie van het huidige gebiedsplan (zie paragraaf 2.1 van dit advies).	Zie hoofdstuk 3.
	MTO en HTO systemen slaan een overschot aan warmte in de zomer op in de ondergrond om deze in de winter te gebruiken voor de warmtevraag. De temperatuur voor MTO ligt tussen de 25 en 45 graden en voor HTO tussen de 45 en 90 graden. Verspreiding van verontreinigingen kunnen op een andere manier beïnvloeden dan de tot dusver toegepaste warmte-koude (WKO) opslagsystemen. Indien het al dan niet toestaan van MTO-en HTO-systemen onderdeel vormt van het besluit, moet het planMER de effecten hiervan op het gedrag van de verontreinigingen in beeld brengen.	MTO en HTO systemen zijn geen onderdeel van het besluit en ook niet van dit planMER.
	Licht in het planMER daarom toe wat de precieze invloed is van infiltratie van hemelwater voor de beheersing van verontreinigingen en de prestatie van bodemenergiesystemen.	Zie paragraaf 6.5.1.
Natuur	Onderzoek of de alternatieven gevolgen hebben voor deze gebieden ten opzichte van de referentiesituatie. Gedacht kan worden aan stikstofdepositie vanwege bijvoorbeeld saneringswerkzaamheden en/of verspreiding van stoffen via grond- en oppervlaktewater.	Er wordt geen sanering voorzien in het besluit en vorm dan ook geen onderdeel in het planMER. Wel wordt onderzocht of verspreiding van de verontreinigingen effect hebben op omliggend beschermd gebied. Zie paragraaf 6.6.
Klimaat	Beschrijf ook de klimaateffecten van de alternatieven die geen gebruik mogelijk maken van het tweede watervoerende pakket – bijvoorbeeld voor een aantal voorbeeldgebieden – die idealiter gebruik zouden maken van bodemenergiesystemen. Beschrijf of en welke alternatieve systemen kunnen worden toegepast in plaats van ondergrondse thermische opslagsystemen binnen en buiten het beheersgebied.	Er wordt een kwalitatieve beschouwing gegeven van de effecten op duurzame energie opwekking en vastleggen van emissies en broeikasgassen door de alternatieven. Zie hoofdstuk 6.4.
Cultureel erfgoed	Beschrijf de gevolgen van de alternatieven op archeologie en gebouwd erfgoed ten opzichte van de referentiesituatie en houd daarbij rekening met effecten die van invloed zijn op de conditie van archeologische resten. Te denken valt aan een veranderende of sterk wisselende grondwaterstand, verontreiniging, hogere temperaturen en zuurstofgehalte, naast de effecten van de aanleg van bodemenergiesystemen. Besteed daarbij in het bijzonder aandacht aan de Werelderfgoederen Romeinse Limes, Hollandse Waterlinies en het Rietveld Schröderhuis, en de beschermde archeologische en gebouwde Rijksmonumenten.	Zie hoofdstuk 6.7.

Bijlage 2 Beantwoording zienswijzen NRD

Bijlage 2 Beantwoording zienswijzen NRD

Zienswijze 1 – Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Het waterschap benoemt drie hoofdpunten in de zienswijze. Hieronder worden de punten beknopt omschreven waarna wordt aangegeven op welke wijze met de zienswijze is omgegaan.

1. **Hoofdboodschap 1: Geen afwenteling van een verontreiniging in het grondwater naar het oppervlaktewater buiten het Europese en nationale recht en beleidsmatige kaders.**

Het onderzoeken van dit alternatief wordt uitgevoerd om de hoeken van het speelveld te onderzoeken. Dit alternatief wordt onderzocht om het onderzoek compleet te maken en om transparant te kunnen aantonen op welke wijze de verontreinigingen zich bewegen en of dat gevolgen heeft voor zowel het grondwater als het oppervlaktewater. De bandbreedte van de alternatieven leidt tot een volledig beeld van de milieugevolgen en zullen in die zin bijdragen aan een gemotiveerd besluit. Het aanpassen van regelgeving past inderdaad niet in een realistisch alternatief. In het MER is dit anders omschreven. Daarnaast zijn de KRW-wateren zoals opgenomen in het Bodem en Waterprogramma van de Provincie Utrecht opgenomen in het MER.

2. **Hoofdboodschap 2: Hoe toetsen?**

De kaders en vigerende wetgeving die HDSR noemt zijn meegenomen in het MER. Dit betreffen de Europese Kaderrichtlijn water, Het Waterbeheerprogramma 2022 – 2027 van HDSR, de Waterschapsverordening, de Omgevingswet, het Bodem- en Waterprogramma van de Provincie Utrecht en het Besluit activiteiten leefomgeving, het Omgevingsbesluit en het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) (zie hiervoor paragraaf 3.2 en 5.3.1). Overige Europese richtlijnen zijn niet opgenomen in het toetsingskader omdat de uitgangspunten geborgd zijn in nationale en regionale wet- en regelgeving zoals voorgaand aan genoemd. Bij de toetsing van het grondwatermodel is inzicht gegeven in de type verontreinigingen, om welke concentraties het gaat en op welke wijze deze zich verplaatsen.

3. **Hoofdboodschap 3: Overige opmerkingen**

De zienswijze van HDSR benoemt verschillende overige opmerkingen met suggesties voor aanpassing dan wel aanvulling dienen. De opmerking waar in het MER geen vervolg aan is gegeven is hieronder toegelicht. Overige opmerkingen zijn wel verwerkt of aangepast.

Een belangrijke onderzoeksvraag is wat de juridische consequenties zijn van het lozen van verontreinigd grondwater op oppervlaktewater:

De onderzoeksvraag met betrekking tot de juridische haalbaarheid is in een parallel spoor onderzocht. De conclusies uit dit onderzoek worden meegenomen in het besluit rondom de keuze van het voorkeursalternatief, oftewel het geactualiseerde gebiedsplan.

Zienswijze 2 – Provincie Utrecht

1. *Indiener geeft aan dat op enkele plekken in de NRD teksten onjuist of onduidelijk geformuleerd zijn.*
Deze opmerkingen zijn verwerkt en meegenomen in voorliggend MER.

Zienswijze 3 – Vitens

Vitens vraagt aandacht voor verschillende onderdelen met betrekking tot drinkwater in de zienswijze. Hieronder worden de punten beknopt omschreven waarna wordt aangegeven op welke wijze met de zienswijze is omgegaan.

1. *De vraag naar drinkwater stijgt door een toename in bevolkingsgroei.*
In het grondwatermodel zijn enkele scenario's doorerekend waarin de drinkwaterwinning Leidsche Rijn met 30% wordt vergroot. Daaruit blijkt dat ook in dat geval de grondwaterverontreinigingen in de periode tot 2100 de winning niet bereiken.
2. *Vitens verzoekt om bij 'grondwaterkwaliteit' niet alleen naar verspreiding van historische verontreinigingen te kijken maar ook naar zeer zorgwekkende stoffen en stoffen als PFAS.*
Het gebiedsplan gaat over historische verontreinigingen, dus de verspreiding van ZZS en PFAS en het beheersen hiervan horen er historisch gezien niet bij en zijn in dit MER (en het geactualiseerde gebiedsplan) niet meegenomen.
3. *In de varianten wordt verzocht om duidelijk onderscheid te maken tussen de knoppen waaraan gedraaid wordt.*
De alternatieven zijn opgesteld aan de hand van twee uitersten: Het beschermen of benutten van de bodem en de mate van sturing van de gemeente. Elk van de alternatieven heeft een combinatie van de uiterste van de hoeken van het speelveld.
4. *Vitens benadrukt het belang om de bestaande drinkwaterwinningen te beschermen.*
Grondwaterbeschermingszones worden niet ter discussie gesteld. Potentieel effect op of in grondwaterbeschermingszones worden wel in beeld gebracht om de effecten van de verschillende beleidskeuzes voldoende in beeld te brengen.
5. *Accepteren van verontreiniging in de drinkwaterwinning is onacceptabel.*
Voor het in beeld brengen van de effecten heeft dit geen invloed. Wel kan dit standpunt met de resultaten van het MER verder onderbouwd worden dat verontreinigingen in drinkwaterwinningen zeer onwenselijk is.
6. *Vitens verzoekt om beleid niet in de referentiesituatie mee te nemen, maar alleen de huidige feitelijke situatie op te nemen als referentie.*
Dit past niet bij de methodiek van MER en zorgt ervoor dat de alternatieven (met hun tijdshorizon) niet goed vergeleken kunnen worden met de referentie. In het MER zal ook gekeken worden naar het vastgestelde beleid en op welke wijze dat wel of niet helpt bij het bereiken van de gestelde doelen en ambities.
7. *Ook wordt verzocht om bij de 'end of pipe'-oplossing te onderzoeken wat de effecten zijn voor de luchtkwaliteit.*
De grondwatermodellering onderzoekt in hoeverre de verontreinigingen aan het oppervlak komen.

Zienswijze 4 – Gemeente Stichtse Vecht

De gemeente Stichtse Vecht benoemt vier hoofdpunten in de zienswijze. Hieronder worden de punten beknopt omschreven waarna wordt aangegeven op welke wijze met de zienswijze is omgegaan.

1. *De NRD geeft niet duidelijk aan welke milieuthema's effecten buiten het plangebied van de gemeente Utrecht kunnen ondervinden.*
Effecten die buiten de gemeentegrenzen vallen worden ook opgenomen in het MER. De focus ligt daarbij op water, bodem en ondergrond. Maar ook bijvoorbeeld effecten op omliggende beschermde natuurgebieden zijn meegenomen.

2. *De drinkwaterwinning Groenekan in de gemeente De Bilt wordt in de NRD genoemd als een kwetsbaar object. Wij verzoeken om nadere uitwerking en bescherming van deze drinkwaterwinning, om te voorkomen dat dit druk oplevert voor omliggende gemeenten om nieuwe winlocaties te realiseren.*
Dit is opgenomen in de MER.

3. *Het is van essentieel belang dat de mogelijke verspreiding van verontreinigd grondwater vanuit de gemeente Utrecht naar bufferzones van omliggende gemeenten adequaat wordt onderzocht en beschreven.*
Effecten naar omliggende gemeenten is met de grondwatermodellering in beeld gebracht.

4. *De gemeente verzoekt om een verkenning van mogelijkheden en nadere afspraken met waterketenpartners over de verdeling van taken en rollen in het grondwaterbeheer.*
Er loopt een juridische verkenning over de verantwoordelijkheden en beleidsruimte van gemeente

Utrecht, provincie Utrecht, waterschap HDSR en Vitens omtrent het Gebiedsgericht grondwaterbeheer in relatie tot de Omgevingswet en KRW. Resultaten hiervan zijn ten tijde van het opstellen van dit MER gedeeld.

Bijlage 3 Uitgangspuntennotitie plaatsing OBES

Notitie uitleg bodemenergiesystemen verwerken in het geohydrologisch model

Werkdocument, versie 4.0, maart 2026

Auteurs: Lidewij Schutte, Karin Sant (namens stuurgroep actualisatie GGB)

1. Inleiding

Aanleiding en doel

Voor het actualiseren van het gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer verkennen we de gevolgen van verschillende alternatieven/scenario's voor toekomstig beleid. Deze variëren van extra bescherming van het grondwater tot meer ruimte voor bodemenergie (OBES) via het openstellen van het 2^e watervoerende pakket (wvp) voor OBES. Antea group is penvoerder van de milieueffectrapportage, waarin de effecten van het merendeel van de alternatieven beoordeeld worden.

Een belangrijke afweging voor de keuze van het toekomstige beleid is de mate van verspreiding van historische verontreiniging (VOCl) en de effecten op de kwaliteit van grondwater in algemene zin (1^e en 2^e wvp), nabij de drinkwaterwinning en op de oppervlaktewaterkwaliteit. De verwachte effecten bepalen we, daar waar mogelijk, via modellering in een geohydrologisch model. Dit model (Azure + nadere invulling) is gemaakt door Sweco.

Om een enigszins realistische voorspelling te kunnen doen van de toekomstige verspreiding van verontreinigingen binnen de verschillende alternatieven laten we het aantal OBES in de gemeente toenemen. Om dit te kunnen modelleren, moeten we uitgangspunten vaststellen over locaties, aantallen en ontwerpspecificaties van de OBES. Een overkoepelende vraag die hiermee samenhangt, is hoe we de verschillende effecten van OBES op de verspreiding van grondwater (stroombanen) gaan bepalen. We hebben de invloed van verschillende ontwerpkeuzes bepaald in een simpel model (gevoeligheidsanalyses).

In deze notitie leggen we de te hanteren uitgangspunten en openstaande vragen op het gebied van open bodemenergiesystemen uit. Voor de onzekerheden zoeken we manieren om deze te verkleinen, bijv. via het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse.

Inhoud notitie

- Beknopt overzicht verschillende modelsituaties OBES irt alternatieven/scenario's
- Waar en hoeveel OBES nemen we mee
- Impact ontwerpkeuzes OBES op model
- Bronplaatsing en doorgegeven modelparameters

2. Modelsituaties OBES

- Uitgangspunt: de modelsituatie voor OBES verschilt voor alternatieven 1 en 2/3 (invulling conform tabel 1).

Dat betekent dat we voor een aantal modelsituaties de uitgangspunten voor de locaties, aantallen en ontwerpspecificaties moeten bepalen. In tabel 1 staat een overzicht van de modelsituaties met bijbehorende alternatieven. De alternatieven zijn optelsommen van een aantal modelsituaties.

Alternatief 2 en 3 worden gelijk gesteld wat betreft OBES. Het verschil tussen alternatief 2 en 3 is dat in alternatief 2 wel beheersmaatregelen worden getroffen om de verontreiniging(en) eventueel te beheersen en in alternatief 3 niet.

Tabel 1 Modelsituatie OBES i.r.t. alternatieven PlanMER

Modelsituatie OBES (gemeente Utrecht)	Referentie-situatie (0)	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Bestaande systemen	x	x	x	x
Autonome ontwikkelingen: OBES toegepast bij nieuwbouw op basis van Meerjaren Perspectief Ruimte, alle systemen in 1e wvp	x			
OBES toepassen bij bestaande bouw en nieuwbouw (op basis van Meerjaren Perspectief Ruimte). Systemen in wvp 1 én in wvp 2.			x	x

Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

In alle gevallen geldt dat we de situatie willen modelleren zoals die nu is plus 'autonome ontwikkelingen' (deze term is afkomstig van de werkwijze van milieueffectrapportages). Daaronder vallen zeker de ontwikkelingen waarover al een besluit is genomen door het College of de Gemeenteraad, of een vergunning voor is afgegeven.

Daarbij kunnen ook ontwikkelingen horen die enigszins zeker zijn en die we belangrijk vinden om mee te nemen vanwege de verwachte impact. Daar bovenop komen ontwikkelingen die vager zijn, maar in het kader van een realistische modellering wel goed zijn om mee te nemen. Daar zit een grijs gebied. We moeten daarom bepalen welke ontwikkelingen enigszins zeker zijn (autonoom), en waar we op basis van data en meer aannames een voorspelling kunnen doen (voorspelde ontwikkelingen OBES).

- Uitgangspunt bestaande systemen: de huidige OBES-systemen zetten we zo waarheidsgetrouw mogelijk in het geohydrologisch model.
- Uitgangspunt toekomstige systemen: bij plannen waarvoor geen specificaties voor OBES bestaan, maar wel plannen over een aantal geplande panden per buurt (MPR), gaan we uit van een standaardontwerp van de OBES en een standaard aantal panden per OBES-systeem. Zie hoofdstuk 4 voor de specificaties van het 'standaardontwerp'.
- Uitgangspunt: bij ontwikkelingen van OBES bij bestaande bouw en nieuwbouw komen er ook OBES'sen in het 2^e wvp met de volgende verhouding: 70% van de energievraag wordt geleverd uit wvp1 en 30% uit wvp2.
- Uitgangspunt: er wordt een extra scenario gemodelleerd waarbij de verhouding 30% uit wvp1 en 70% uit wvp2 is.

Onzekerheden

Om te kunnen modelleren, moet er wel een mate van zekerheid zijn van de plannen. Er moeten uitgangspunten zijn met de hoeveelheid panden die gepland zijn in een buurt. Als er onvoldoende

informatie beschikbaar is, dan kunnen de uitgangspunten van het bodemenergiesysteem niet ingeschat worden en dus ook niet gemodelleerd worden.

Voor de nieuwbouwlocaties zijn de locaties en aantallen gericht in te schatten dan voor de bestaande bouw. Er zijn wel plannen om delen van de stad aan te sluiten op warmtenetten (Beleidsnota Warmte), maar de voeding van de warmtenetten is nog niet bekend. Daarom ligt de focus voor de referentiesituatie vooralsnog op de OBES irt nieuwbouw. Voor het de alternatieven waarbij OBES maximaal benut gaat worden, gaan we wel de bestaande bouw meenemen.

- Uitgangspunt: wel nieuwbouw en geen bestaande bouw voor referentiesituatie.

3. Toekomstige OBES in model

Nieuwbouw met OBES

Verwachte locaties en aantallen woningen

Binnen Utrecht werken we met het Meerjaren Perspectief Ruimte (MPR). Hierin is de plancapaciteit van de gemeente opgenomen tot 2040. In het MPR zitten ongeveer 65.000 woningen. Voor de toekomstige OBES in het model gebruiken we deze getallen voor de verwachte nieuwbouw. Team Energie heeft een verdeling van het aantal woningen uit de MPR per buurt gebruikt voor de Beleidsnota Warmte. Hierbij is ook een keuze gemaakt tussen de harde en de zachte plannen. Deze verdeling is overgenomen in het kader van consistentie. Met de verdeling per buurt bepalen we het aantal benodigde OBES'sen per buurt. Er is geen kleiner schaalniveau gebruikt voor de ruimtelijke verdeling van OBES'sen.

In het MPR is geen utiliteit opgenomen. Er is gekeken of er op een andere manier structurele informatie geleverd kon worden over de nieuwbouwplannen op het gebied van utiliteit. Er bleek geen standaard hoeveelheid utiliteit te zijn per aantal woningen en de hoeveelheid utiliteit wordt pas later in het proces bij gebiedsontwikkelingen ingeschat. Daarom is utiliteit niet meegenomen in de energievraag van de nieuwbouw, die het aantal OBES bepaald in een buurt.

Rijnenburg

Rijnenburg is een grote ontwikkeling waar een groot aantal nieuwbouwwoningen wordt verwacht. Echter, de plannen voor deze ontwikkeling zijn nog in de schetsfase (circa 40% onzekerheid in hoeveelheid woningen). Voor de modellering zijn we uitgegaan van 25.000 nieuwbouwwoningen. Hiermee volgen we de Nota Warmte. De verdeling van deze woningen over het gebied is momenteel in de schetsfase. Met de ruimtelijke verdeling is daarom geen rekening gehouden.

Vanwege de schaal van de ontwikkeling is het wenselijk om deze wel mee te nemen in de modellering van grondwaterverontreinigingen. De consequentie is dat als deze OBES'sen effect hebben op de verspreiding van grondwaterverontreiniging, dan zijn die resultaten zeer onzeker. Het heeft dan de voorkeur om alsnog te proberen om de ruimtelijke verdeling uit de huidige schetsen aan te houden en de modellering nogmaals uit te voeren.

Groot Merwede – Nieuwegein

We hebben informatie ontvangen van de gemeente Nieuwegein over hun plannen in Groot Merwede. Hun inschatting is dat er 5.000-10.000 panden worden gebouwd. Vooralsnog nemen we deze ontwikkeling niet mee in de referentiesituatie of in de alternatieven. We gaan wel Groot-Merwede modelleren als een extra aanvullend scenario, vanwege de relatieve nabijheid bij een grote grondwaterverontreiniging. In dit extra scenario worden de bronnen in wvp1 geplaatst.

Bestaande bouw

In de Beleidsnota Warmte is een inschatting gemaakt van de warmtevraag per buurt en in welk deel van die warmtevraag nog niet duurzaam wordt voorzien. Om de hoeken van het speelveld op te zoeken, is als uitgangspunt genomen dat in alle gevallen in duurzame warmte zal worden voorzien door OBES. Er is geen rekening gehouden met een mogelijke energiemix. Hiermee creëren we een zeer extreem gebruik van OBES. De Nota Warmte stelt wel een energiemix voor, maar deze is onzeker. Voor de modellering gaan we uit van het meest extreme scenario, omdat deze keuze aansluit bij onze alternatieven 2 en 3 die uitgaan van maximaal benutten.

In de hoeveelheid panden bestaande bouw is ook rekening gehouden met een opt-out van 30%. Dit betekent dat er rekening wordt gehouden met de optie dat 30% van de panden niet op duurzame energie overstappen. Daarnaast is in de warmtevraag van bestaande bouw wel utiliteit meegenomen.

4. Impact ontwerpkeuzes OBES op model

Er zijn verschillende manieren om de invloed van de plaatsingen en ontwerpkeuzes van OBES op de verspreiding van een grondwaterverontreiniging (horizontaal in 1^e wvp en verticaal naar 2^e wvp) te bepalen, zoals kwalitatieve redenering, ervaringen uit andere modelstudies of testen via een gevoeligheidsanalyse in een versimpeld model. De uitkomsten van het bepalen van invloed dienen twee doelen:

- onderbouwing van bepaalde beleidskeuzes
- bepalen tot op welk detailniveau en met welk ontwerp het zinvol is om de OBES in het geohydrologische model van Utrecht te plaatsen.

Hieronder bespreken we een aantal orderings- en ontwerpprincipes voor OBES. Hierbij gaan we, voor zover mogelijk, in op de invloed van de ontwerpkeuze op de verspreiding van verontreiniging. Ook geven we aan welke ontwerpkeuze onderbouwd is door een gevoeligheidsanalyse.

Ontwerpkeuzes

- Afstand tussen bronnen
 - o In de regel worden de bronnen op zo'n afstand van elkaar gezet dat zij niet met elkaar interfereren en een warme en koude bel kunnen vormen.
 - o Er is gekozen voor 150 m tussen bronnen in wvp1 op basis van model gevoeligheidsanalyse Sweco (Zie bijlage XX)
 - o Er is gekozen voor 250 m tussen bronnen in wvp2 op basis van model gevoeligheidsanalyse Sweco (Zie bijlage XX)
- Afstand tussen doubletten
 - o De regel is dat een nieuw doublet bestaande doubletten niet negatief mag beïnvloeden. We hebben geen opeenvolging van systemen, dus hier kan geen rekening mee worden gehouden.
 - o We houden daarom dezelfde afstanden aan tussen de doubletten als tussen de bronnen. Met die afstand is er geen interferentie tussen bronnen en dus ook niet tussen doubletten.
- Soort patroon bij grootschalige ontwikkelingen
 - o In Utrecht wordt vaak voor dambordpatroon gekozen als er een mogelijkheid is dat er te weinig capaciteit is. Het dambordpatroon wordt dan voorgeschreven in een bodemenergieplan. Een dambordpatroon geeft minder stijghoogteverandering in

vergelijking met een strokenpatroon. Daarom houden we een dambordpatroon aan bij het intekenen van de bronnen.

- o Er is geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor deze keuze.
- Ondergronds ontwerp in wvp1: debiet, filterlengte, diepte, bedrijfsuren
 - o Vast debiet voor wvp1 van 65 m³/uur, 218.400 m³/jaar. Filterdiepte is 20-50 m-mv met 30 meter filter. We gaan uit van 3360 vollasturen in 140 dagen vollast.
 - o De verwachting is dat deze ontwerpuitgangspunten in grote mate realistische inschattingen zijn. Er is weinig ruimte in wvp1 en het merendeel van de vergunde systemen in wvp1 hebben een ontwerp wat vergelijkbaar is met deze uitgangspunten. Een individueel systeem kan af en toe kleiner ontworpen worden, maar dit zal eerder uitzondering dan regel zijn. Daarom zijn deze uitgangspunten geschikt om te gebruiken als standaard voor het model.
 - o Er is geen rekening gehouden met verspreiding van verontreiniging bij het vaststellen van deze ontwerpuitgangspunten. Er is gekeken naar een realistische inschatting die zoveel mogelijk optimaal gebruik maakt van de ondergrond.
- Ondergronds ontwerp in wvp2: debiet, filterlengte, diepte, bedrijfsuren
 - o Vast debiet voor wvp2 van 200 m³/uur, 672.000 m³/jaar. Filterdiepte is 80-130 m-mv met 50 m filter. We gaan uit van 3360 vollasturen in 140 dagen vollast. Dit is gebaseerd op vijf systemen binnen de gemeente die reeds aangelegd zijn in wvp2.
 - o In wvp2 is er meer kans op afwijking van bovenstaande ontwerpnormen dan in wvp1, omdat er meer ruimte is in wvp2. Er is een kans dat er in de beleidsontwikkeling een verplichting komt tot optimale benutting van wvp2, als dit pakket gebruikt gaat worden voor bodemenergie. Hiermee kunnen onnodige boringen voorkomen worden. Daarnaast is er door de kosten van het boren naar wvp2 minder kans dat er significant afgeweken wordt van de voorgestelde standaard, richting het verkleinen van de bron. Daarom zijn deze uitgangspunten geschikt om te gebruiken als standaard voor het model.
 - o Er is geen rekening gehouden met verspreiding van verontreiniging bij het vaststellen van deze ontwerpuitgangspunten. Er is gekeken naar een realistische inschatting die zoveel mogelijk optimaal gebruik maakt van de ondergrond.
- Individueel systeem of collectief systeem
 - o Deze keuze heeft, naar verwachting, weinig invloed op het ondergronds ontwerp. In de realiteit misschien wel, maar naar verwachting is de impact minimaal. De voorspelling gaat uit van een aantal panden met een bepaalde warmte- en koudevraag waarin door bodemenergie wordt voorzien. Of dat met 1 of 3 doubletten gebeurd verandert niks aan de totale verplaatste hoeveelheid water en dus niks aan de resultaten van het model. Er zou zelfs beweerd kunnen worden dat de ingeschatte bodemenergiesystemen een betere weergave zijn van de werkelijkheid dan de eventuele vergunde individuele systemen. Individuele systemen worden namelijk altijd groter vergund dan nodig is en geeft dus geen realistische weergave.
 - o De keuze voor een collectief systeem kan wel effect hebben op het ruimtelijk ontwerp. De bronnen kunnen dichter op elkaar worden gezet, omdat de ontwerper kiest voor meer of minder effecten van de bronnen op elkaar binnen het systeem. Wij kunnen niet voorzien welke bronnen onderdeel worden van een dergelijk collectief systeem. Hier houden wij dus geen rekening mee.
 - o Een collectief systeem kan wel zorgen voor versnelde verspreiding van verontreiniging als de ringleiding is gevuld met grondwater. Daarbij kan verontreiniging in de meest oostelijke bron onttrokken worden en in de meest westelijke bron geïnfiltreerd worden. Hiermee wordt een verontreiniging aanzienlijk versneld. Er zouden regels kunnen komen in toekomstig beleid om het grondwater van doubletten in een collectief systeem te moeten scheiden.
 - o In het model worden alle nieuwe systemen als individuele systemen gemodelleerd.

- o Het bestaande bodemenergiesysteem voor de Merwedekanaalzone is in het model gezet als een collectief systeem waarbij de ringleiding is gevuld met grondwater. Hiermee kunnen de hierboven beschreven verwachte effecten worden bevestigd of ontkracht.
- Type systeem
 - o In Utrecht zijn er enkele monobronsystemen. Een dergelijk gering aantal heeft naar verwachting geen doorslaggevende impact op de modelresultaten. Een monobronsysteem maakt niet optimaal gebruik van de ondergrondse ruimte en heeft daarom niet de voorkeur. Recirculatiesystemen worden alleen gebruikt in regio's waar de grondwaterstroming hoog is. Recirculatiesystemen verwachten we daarom niet in Utrecht, vanwege de normale grondwaterstroomsnelheid. We modelleren dus alle verwachte systemen als doublet opslagsystemen.
 - o Recirculatiesystemen kunnen wel mogelijk ingezet worden als beheersmaatregel voor verontreinigingen. Dit zal dan op zeer kleine schaal gebeuren.
- Hoeveelheid panden per OBES
 - o Wvp1: 130 panden voor bestaande bouw en 230 panden voor nieuwbouw
 - o Wvp2: 351 panden voor bestaande bouw en 621 panden voor nieuwbouw
 - o Er is een factor van 2,7 gebruikt voor de hoeveelheid panden van wvp1 tot wvp2. Een doublet in wvp2 heeft naar verwachting 2,7 keer zoveel capaciteit.
 - o Nieuwbouw woningen zijn beter geïsoleerd en hebben een lagere energievraag. Daarom is er onderscheid gemaakt tussen bestaande bouw en nieuwbouw.
 - o De verwachting is dat deze keuze geen invloed heeft op verspreiding van verontreiniging.
- Als het 2^e wvp opengesteld wordt voor OBES (alternatief 2 en 3), hoe wordt dan de verdeling tussen wvp1 en wvp2 voor gebruik voor OBES?
 - o Er is geen goede onderbouwing voor een verdeling tussen wvp1 en wvp2. Als OBES in het 2^e wvp worden toegestaan, dan verwachten we dat er bij ontwikkelingen naar de business case wordt gekeken. We verwachten dat de business case in een redelijk aantal gevallen voor OBES aantrekkelijker is in wvp2, ook al zou er aan de energievraag kunnen worden voldaan met wvp1. In hoeveel procent van de gevallen, kunnen we niet inschatten. Dit hangt onder andere af van het formaat van de ontwikkelingen, hoeveel ruimte er is voor de bronnen, of er wordt aangesloten op een warmtenet en eventuele extra eisen voor boren naar wvp2. We hebben daarom arbitrair gekozen voor een verdeling voor het voldoen aan de energievraag van 70% in wvp1 en 30% in wvp2.
 - o Deze keuze kan wel invloed hebben op de verspreiding van verontreiniging. Hoe meer systemen, hoe groter de invloed kan zijn op verontreiniging. In het bovenstaande scenario is de hoeveelheid systemen in wvp1 nog zeer groot en de hoeveelheid systemen in wvp2 redelijk klein.
 - o Zoals aangegeven zal er een extra scenario, los van de alternatieven voor de planMER, worden gemodelleerd waarbij de percentages worden verwisseld. Hiermee kunnen we de verschillende opties vergelijken in hoeverre deze keuze invloed heeft op de verspreiding van verontreiniging. Daarnaast is dit ook een extremer scenario in het kader van mogelijke verspreiding van verontreiniging in wvp2.
- Startdatum
 - o Als startdatum voor alle toegevoegde OBES-systemen gebruiken we 1-1-2028. Dit is de uiterlijke ingangsdatum van het nieuwe programma voor grondwaterbeheer.
 - o Dit is een te vroege datum voor het overgrote deel van de toe te voegen systemen. Echter, het is moeilijk in te schatten welke ontwikkelingen wanneer plaatsvinden en welk deel van de MPR dat betreft.
 - o We kiezen voor een worst case benadering door zoveel systemen te vroeg 'aan te zetten', omdat deze dan langer een mogelijk effect hebben op verontreinigingen.

Gedachtegang

Deze notitie wordt opgesteld om het geohydrologisch model te voeden met informatie over open bodemenergiesystemen. Het uitgangspunt is dat een open bodemenergiesysteem grondwater verpompt en dus invloed heeft op nabijgelegen grondwaterverontreinigingen. Echter, een open bodemenergiesysteem wordt bij voorkeur ontworpen met een balans in de gevraagde warmte en koude. Hieruit volgt een balans of bijna balans in de verpompte hoeveelheden water van de ene bron naar de andere bron en vice versa. **Een mogelijke conclusie zou dan kunnen zijn dat bij een waterbalans een verontreiniging evenveel aangetrokken als afgestoten wordt en dat er dus netto geen verplaatsing plaatsvindt.** De enige manier van verplaatsing is dan het verplaatsen van de verontreiniging van de onttrekkingsbron naar de infiltratiebron en de grondwaterstroming.

5. Data voor modellers

Bronplaatsing

Voor de bronplaatsing is rekening gehouden met de boringsvrije zones rondom drinkwaterwinningen Leidsche Rijn en de Meern.

Om OBES'sen met een bronafstand van 150 meter te modelleren, is er een kaart gemaakt met het maximum aantal bronnen in de gemeente Utrecht met een bronafstand van 150 meter. Hiervoor is gebruik gemaakt van een hexagon benadering, waarbij het midden van een hexagon een bron is. Daarna zijn er per buurt bronnen weggehaald, totdat het benodigde aantal bronnen per buurt overbleef. Het weghalen van bronnen is zo evenredig mogelijk gedaan over de buurt. De automatische nummering van de bronnen (twee bronnen per systeem) gaat over de hele gemeente. Hierdoor kwam het voor dat er een even aantal bronnen binnen een buurt lag, maar dat de nummering 2 bronnen koppelt aan een bron buiten de buurt. In dit geval zijn de bronnen zo genummerd dat de systemen binnen één buurt liggen. Bij een oneven aantal bronnen in een buurt, is er sowieso één bron verwijderd.

In enkele buurten waren er meer bronnen nodig om aan de energievraag te voldoen. Daar was geen plek voor in deze benadering. In Alternatief 3 (Tabel 1) is er voor die gevallen nog een extra mogelijkheid in wvp2.

Voor alternatief 3 is er een berekening gemaakt hoeveel doubletten geplaatst moeten worden in wvp2. Deze doubletten zijn handmatig geplaatst in de betreffende buurten, rekening houdend met de bronafstand van 250 meter.

Voor het extra scenario, waarbij de energievraagverdeling 30% in wvp1 en 70% in wvp2 is, is er voor wvp2 ook een hexagon benadering gebruikt.

Modelparameters

Hieronder in tabel 2 staan de modelparameters die zijn doorgegeven aan Sweco.

Tabel 2 Opgegeven modelparameters aan Sweco

Opgegeven parameters aan Sweco	
X	x-coördinaat bron

Y	y-coördinaat bron
Naam	Naam van het systeem. Wij houden een nummering aan.
Type 1	Warme of koude bron ('W' of 'K')
Aantal putten	Aantal bronnen per systeem (2)
Bovenkant filter (NAP)	20 m voor wvp1 80 m voor wvp2
Onderkant filter (NAP)	50 voor wvp1 130 voor wvp2
Vergund debiet (m3/jaar)	218.400 m3 voor wvp1 672.000 m3 voor wvp2
Startdatum	1-1-2028
Einddatum (indien van toepassing)	n.v.t.
Type 2	Type systeem, 'Doublet'

Bijlage 4 Uitgangspunten grondwatermodellering

Bijlage 4 Uitgangspunten grondwatermodellering

In het kader van de Actualisatie van het Gebiedsgericht Grondwaterbeheer gemeente Utrecht is door Sweco een geohydrologisch model (GHM) gebouwd [3]. Het doel van dit GHM is om inzicht te verkrijgen in de verspreiding van grondwaterverontreinigingen (VOCI). De volledige modelbeschrijving van het GHM staat in het document Achtergrondrapport Grondwatermodellering, als onderdeel van deze bijlage.

Indeling in deelgebieden

Het GHM is een uitsnede van het bestaande Azure 2.0 geohydrologisch model dat grosso modo het gebied van Midden-Nederland beslaat. Het GHM is opgebouwd uit drie deelmodellen waarin verschillende groottes voor de gridcellen gehanteerd wordt (gridcel = kleinste rekenvak binnen het model waarin de eigenschappen van de ondergrond worden opgeslagen en berekend). De drie modellen betreffen:

1. Een regiomodel (gridcellen 400 x 400 m);
2. Een detailmodel (25 x 25 m en 100 x 100 m)
3. Deelmodellen (25 x 25 m). Voor de waterkwaliteitsmodellen zijn er drie deelmodellen opgesteld: Centrum-Noord, West en Zuid waarvan uiteindelijk de figuren zijn gemaakt. De berekeningen voor deze deelmodellen worden zowel stationair als tijdsafhankelijk uitgevoerd. Hierbij wordt een ruimtelijke resolutie van 25 bij 25 meter gehanteerd. Voor de randvoorwaarden van de deelmodellen worden variabele stijghoogten toegepast, die afkomstig zijn uit het detailmodel van de waterkwantiteitsberekeningen.

Het onderverdelen van het model maakt het mogelijk om een regionaal model te krijgen zonder afbreuk aan te doen aan detailniveau in interessante deelgebieden (gebieden met bedreigde objecten, WKO-systemen, VOCI hotspots etc.).

Voor een goed werkend GHM is in het kader van de waterkwantiteit ook het oppervlaktewater meegenomen omdat het grondwater door middel van kwel en infiltratie ook beïnvloed kan worden. Hier vallen ook infiltratiekratten en wadi's onder; alleen zijn deze objecten door beperkte data niet volledig meegenomen. Ondergrondse objecten zoals, kelders, riolering en damwanden kunnen werken als blokkades van grondwaterstromen en zijn daarom ook opgenomen in het model.

Modellering open bodemenergiesystemen

Een belangrijk aspect in GHM is de opname van de OBES om hun effect op de grondwaterverontreinigingen accuraat te kunnen modelleren. De volledige beschrijving van de uitgangspunten rondom de OBES-modellering staan in de memo Uitgangspunten OBES (Zie bijlage 3). De verwerking van de OBES in het GHM heeft effect op de gemodelleerde resultaten. Om de huidige situatie waarheidsgetrouw te kunnen modelleren wordt uitgegaan van de bestaande OBES. Om de toekomstige toename/afname van OBES te kunnen inschatten wordt er uitgegaan het Meerjaren Perspectief Ruimte. Aan de hand van de alternatieven komen er meer of minder OBES bij.

Concreet houdt dit in dat voor de referentiesituatie het aantal OBES in de toekomst zal toenemen op basis van de autonome ontwikkelingen: nieuwe OBES door nieuwbouw en alle OBES in het 1^e watervoerend pakket. In alternatief 1 komen er geen nieuwe OBES bij en worden in de modelscenario's alleen de bestaande huidige OBES gemodelleerd in het 1^e watervoerend pakket. In de alternatieven 2 en 3 wordt er uitgegaan van een toename van OBES in het 1^e en 2^e watervoerend pakket, voor zowel de nieuwbouw als de bestaande bouw.

Alle OBES zijn gemodelleerd als dubletten aangezien een dublet het meest efficiënte systeem is kijkend naar doelmatig gebruik van de ondergrond.

Zaklagen en afbraakconstante

De verontreinigingen, voornamelijk PER of TRI zijn in het verleden vaak als puur product in de bodem terechtgekomen. Omdat PER/TRI zwaarder is dan water wordt ervan uitgegaan dat het puur product (PER/TRI) naar de afsluitende kleilaag zakt en daar een zaklaag vormt van puur product. Voor de analyse van mogelijke zaklagen zijn locaties geïdentificeerd waar PER en TRI in concentraties boven 5% of 10% van hun oplosbaarheid voorkomen. In het GHM zijn vijf van deze mogelijke locaties geïdentificeerd. Voor deze locaties wordt in het GHM aangenomen dat er een zaklaag zit maar dit is niet met onderzoek aangetoond. Dit is een worst case aanname omdat in de praktijk lang niet altijd een zaklaag aanwezig is bij dit soort hoge concentraties.

In de ondergrond vindt biologische afbraak plaats waarbij het oorspronkelijke pure product wordt omgezet in afbraakproducten zoals cis-dichlooretheen (CIS) en vinylchloride (VC). De snelheid van deze afbraak, uitgedrukt in een afbraakconstante is een belangrijke parameter binnen het GHM. De afbraakconstante bepaalt in belangrijke mate de omvang van de verspreidingspluimen en de resulterende concentraties van de verontreinigingen in de ondergrond. De afbraakconstante is afgeleid uit metingen rondom bestaande verontreinigingen. Voor de modellering is uitgegaan van een conservatieve benadering, waarbij een relatief lage afbraakconstante is toegepast. Ook dit is een worst case benadering in het model.

Validatie en kalibratie

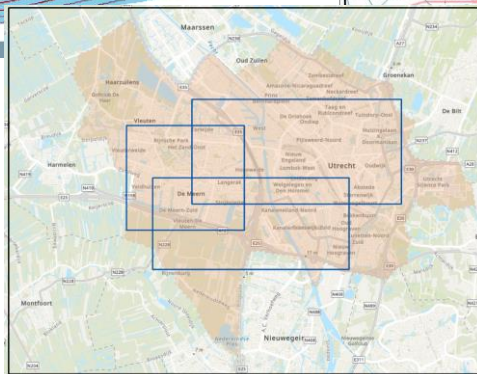
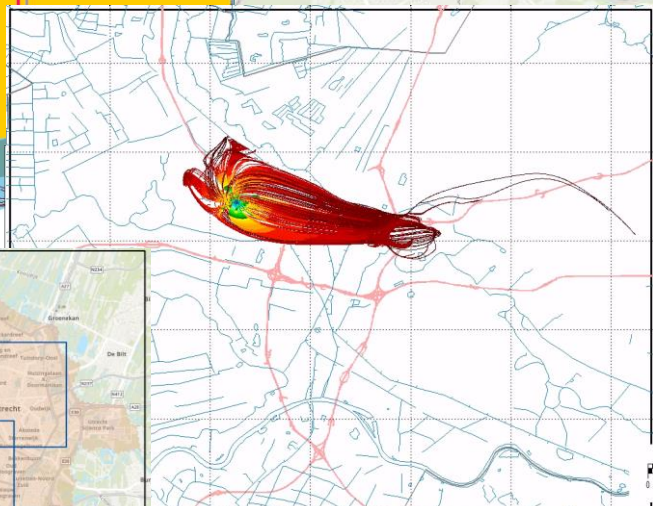
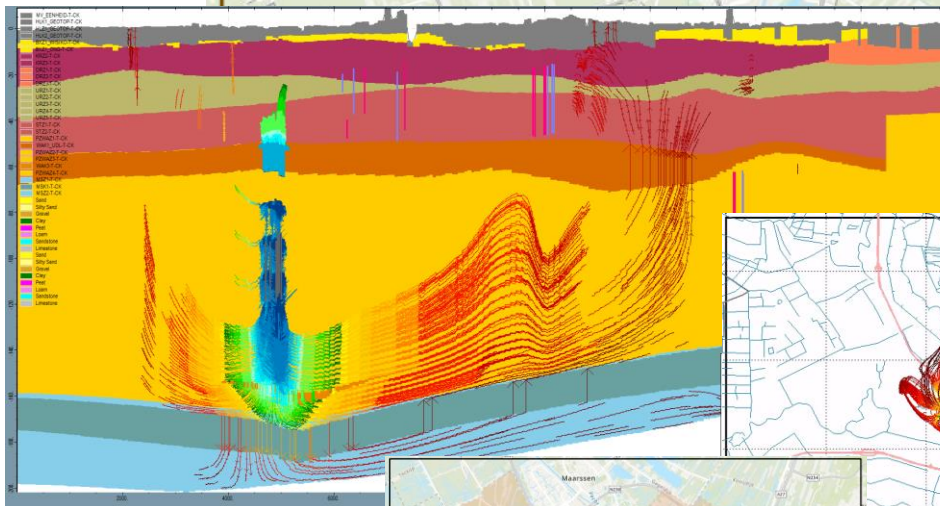
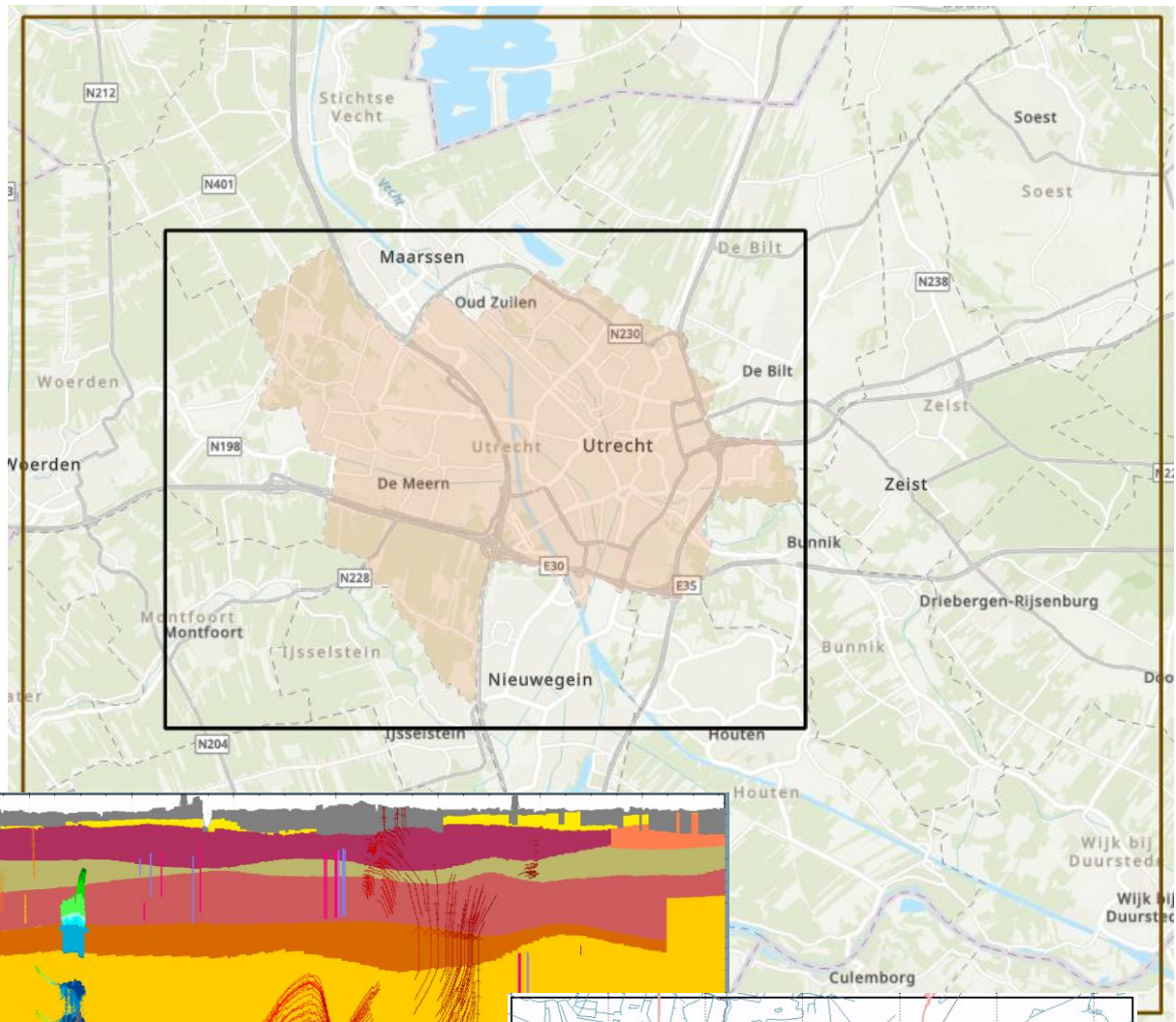
Het GHM is gevalideerd via twee sporen: waterkwantiteit en waterkwaliteit. Om de waterkwantiteit te valideren zijn met het GHM de stijghoogtes berekend van het grondwater en dit vergeleken met de echte stijghoogtes van het grondwater in Utrecht. Hieruit concludeert de technische werkgroep van de gemeente dat het GHM voor de waterkwantiteit in voldoende mate overeenkomt met de werkelijkheid. Voor de toets van de waterkwaliteit zijn de berekende modelresultaten voor CIS en VC vergeleken met gemeten CIS en VC-concentraties uit de grondwatermonitoring. Hieruit kwam voort dat de modelresultaten goed overeenkwamen met de werkelijkheid.

Presentatie op kaart

Het geohydrologisch model (GHM) visualiseert de gemodelleerde VOCI-pluimen door middel van kaartbeelden en dwarsdoorsneden. Voor de horizontale weergaven (bovenaanzichten) wordt de geohydrologische laag met de meeste verspreiding weergegeven. Dit betekent concreet dat per watervoerend pakket de geohydrologische laag met de grootste pluim wordt afgebeeld. De modellering gaat bij het maken van de kaartbeelden uit van de jaartallen 2024, 2050 en 2100.

Achtergrondrapport

Geohydrologisch Model Utrecht



Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging	Herzien	Vrijgegeven door
Werkdoc	November 2024	Eerste opzet -> uitgangspuntennotitie		
Werkdoc	Januari 2025	Aanvullingen op basis van eerste modellering -> uitgangspuntennotitie	LM/SH	WN
Werkdoc	Februari 2025	Planning toegevoegd		WN
Werkdoc	september 2025	Omzetten naar eindrapport – uitgangspuntennotitie	LM/SH	WN
C1	Januari 2026	Conceptversie eindrapport	LM/SH	WN
D1	April 2026	Definitief rapport	LM/SH	WN

Sweco Nederland B.V.	Handelsregister 30129769
Onderwerp	GHM Gemeente Utrecht
Projectnummer	51017819
Klant	Gemeente Utrecht
Auteur	Loys Vermeijden
Gecontroleerd door	Stijn Hekhuis
Vrijgegeven door	Wilmer Noome
Datum	07-04-2026
Versie	D1
Documentreferentie	NL26-648800269-GHM

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1	Doel document	6
1.2	Leeswijzer	6
2	Samenvatting uitgangspunten	8
DEEL1: Waterkwantiteit		11
3	Modelopzet	12
3.1	Regiomodel	12
3.2	iMOD-versie	13
4	Modelverbeteringen	14
4.1	Detailleren ondergrondmodel	15
4.1.1	Toevoegen User Defined Layers	15
4.1.2	Opsplitsen modellagen ten behoeven van waterkwaliteitsmodellering en stroombanen	17
4.1.3	Verlagen doorlatendheid Peize Waalre zanden	17
4.1.4	Resultaat lagenmodel	18
4.2	Bodemenergiesystemen	20
4.3	Detailleren oppervlaktewatersysteem	24
4.4	Infiltratiecapaciteit stedelijk gebied	24
4.5	Openstaande ondergrondse assets	24
5	Validatie en kalibratieset	26
5.1	Kalibratieset	26
5.2	Validatieset	28
6	Modelprestatie en optimalisatie	30
6.1	Modelprestatie initieel	30
6.1.1	Modelprestatie BASIS1	30
6.1.2	Modelaanpassingen naar aanleiding van validatie BASIS1 model	32
6.1.3	Modelprestatie BASIS2	33
6.1.4	Modelaanpassing naar aanleiding van validatie BASIS2 model	36
6.1.5	Modelprestatie BASIS3 model	37
6.2	Modelprestatie GHM (BASIS4)	41
6.3	Aanbevelingen modelverbeteringen	43
6.3.1	Geulsystemen Waalreklei 1	43
6.3.2	HR seismiek Lage Weide	43
6.3.3	Verticale en horizontale anisotropie	44

DEEL2: Waterkwaliteit	45
7 Modelopzet	46
7.1 Detailmodel	46
7.2 Deelmodellen	47
7.2.1 Deelmodellen waterkwaliteit	47
7.2.2 Deelmodellen andere toepassingen GHM.....	48
7.3 iMOD-WQ versie	48
8 Postprocessing Waterkwantiteit voor waterkwaliteit	49
8.1 Optimalisatie lagenmodel	49
8.2 Omzetten resultaten quasi 3D naar volledig 3D	50
9 Grondwaterkwaliteit parameters	51
9.1 Analyse historische gegevens	51
9.2 Afbraakconstanten	52
9.3 Uitgangspunten stoftransportmodellering	53
9.4 Analyse zaklagen en startconcentraties	54
10 Modelprestatie en kalibratie	56
10.1 Validatie waterkwaliteit	56
DEEL3: Modelresultaten	59
Stroombanen	59
Referenties	62
Bijlage 1 Ontvangen data	63
Bijlage 2 Analyse doorlatendheid Peize Waalre zanden	66
Bijlage 3 Onderbouwing afbraakconstante	75
Bijlage 4 Analyse zaklagen	76
Bijlage 5 beschrijving data 3D-ondergrondmodel	77
Bijlage 6 Openstaande ondergrondse assets	80
Bijlage 7 Modelprestatie waterkwantiteit	85
BASIS1 model stationair	85
BASIS2 model stationair	89
Modeleffect BASIS2 stationair	92

1 Inleiding

De gemeente Utrecht werkt aan een actualisatie van het gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer. In het kader van deze actualisatie is inzicht in de huidige en toekomstige verspreiding van historische VOCL verontreinigingen nodig. Om de verspreiding van de verontreinigingen in beeld te brengen is een geohydrologisch model (GHM) opgesteld. Dit model bestaat uit een waterkwantiteit onderdeel (iMOD) en een waterkwaliteit onderdeel (iMOD-WQ).

Om tot dit grondwatermodel te komen wordt als basis het AZURE2.0.0 model gebruikt. Het AZURE model is een regionaal model en beslaat de provincie Utrecht, Flevoland, het IJsselmeergebied en de Veluwe. Om een grondwatermodel te ontwikkelen dat geschikt is voor de actualisatie van het gebiedsplan, moeten een aantal stappen worden genomen.

1.1 Doel document

Dit document is het achtergrondrapport bij het grondwater- en waterkwaliteitmodel. In dit rapport worden de gemaakte keuzes, uitgangspunten, modelaanpassingen en validatie van de modellen beschreven.

Bij het opstellen van dit rapport wordt uitgegaan van een basisniveau van de lezer. We gaan ervan uit dat de lezer de hydrologische en modelmatige termen kent.

1.2 Leeswijzer

Het rapport is opgedeeld in drie delen: waterkwantiteit, waterkwaliteit en Modelresultaten:

- Hoofdstuk 2 geeft een samenvatting van de belangrijkste uitgangspunten in de modellering.

Deel 1 – waterkwantiteit

- Hoofdstuk 3 beschrijft de modelopzet van het waterkwantiteitsonderdeel;
- In hoofdstuk 4 zijn de modelverbeteringen aan het kwantiteitsonderdeel beschrijven;
- In hoofdstuk 5 is de validatie en kalibratieset opgenomen;
- Hoofdstuk 6 geeft een beschrijving van de Modelprestatie en modeloptimalisatie.

Deel 2 – waterkwaliteit

- Hoofdstuk 7 beschrijft de modelopzet van het waterkwaliteitsonderdeel;
- In hoofdstuk 8 is beschreven hoe de waterkwantiteitsresultaten zijn bewerkt zodat deze gebruikt kunnen worden als modelinvoer voor het kwantiteitsmodel;

- In hoofdstuk 9 zijn de modelparameters voor het kwaliteitsmodel beschreven;
- Hoofdstuk 10 geeft de modelprestatie en kalibratie van het kwaliteitsmodel weer.

Deel 3 – Modelresultaten

- Deel 3 bevat de stroombaanberekeningen vanaf de drinkwaterwinning terug in de tijd.

2 Samenvatting uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste uitgangspunten voor de grondwatermodellering opgenomen. In de volgende hoofdstukken worden deze verder onderbouwd en toegelicht.

Wat	Toelichting	Waarde
Gridgrootte	Gridafmeting bij meest gedetailleerde model.	25x25
	Afmetingen minst gedetailleerde model	100 x 100
Aantal modellagen	Het aantal bodemlagen waaruit het model is opgebouwd	Aan te passen per studie. Voor GGB 27 lagen
Minimale laagdikte	Minimale laagdikte modellagen	0,01 m
Maximale laagdikte	Maximale laagdikte modellagen	5 m ondiep, 10 m diep
Doorlatendheden antropogene ophooglaag		
Zand		Kh=10 m/dag
Klei		Kv=0,05 m/d
Aanpassingen geohydrologisch model		
Antropogene ophooglaag	Type ophooglaag (zand of klei)	Aangepast op buurtniveau
Doorlatendheid Peize/Waalreklei (PZWAZ2)	correctie van de REGIS-gegevens, zie 4.1.3.	Verlaagd met een factor 0,9
Doorlatendheid Peize/Waalreklei (PZWAZ3)	correctie van de REGIS-gegevens, zie 4.1.3	Verlaagd met een factor 0,8

Geulsysteem Waalreklei	Aanpassen bodemopbouw om geulsysteem beter mee te nemen.	Niet meegenomen, onvoldoende inzicht
HR seismiek Lage Weide	Inzichten van de HR seismiek Lage Weide.	Niet meegenomen
Anisotropie	Meenemen van Anisotropie in het grondwatermodel.	(nog) niet meegenomen
Oppervlaktewatersysteem	Aanpassingen in het oppervlaktewatersysteem. Zie 4.3	Overgenomen uit AZURE model, basisdata verbeterd voor ontbrekende delen van de Vecht en Merwedekanaal
Ondergrondse assets		
Barrières	Damwanden, kelders, etc.	Kelders zijn opgenomen in workflow, niet gebruikt in kwaliteitsberekening. Damwanden zijn niet opgenomen in workflow, niet gebruikt in kwaliteitsberekening
Riolering	Meenemen van effect van riolering op de grondwaterstand.	Niet meegenomen. Onvoldoende inzicht
Bodemenergiesystemen	Verwerking van de bodemenergiesystemen. Zie 4.2	Toegevoegd, met handmatige aanpassingen
drainage	Zie 4.5	Grofschalig meegenomen, heeft verfijning nodig
Grondwateraanvulling door wadi's en infiltratiekratten	Zie 4.5	Niet meegenomen
Infiltratiecapaciteit stedelijk gebied	Parametrisatie MetaSWAP (stedelijk gebied). Zie 4.4	Meegenomen
Grondwaterkwaliteit	Zie 9	Log Koc, Retardatiefactor
PER	Zie 9.2	2,2 3.45
TRI		1,8 1,98
CIS		1,6 1,62
VC		0,39 1,04
Startconcentraties	Zie 9.4	Gebaseerd op laatst waargenomen waarden in het monitoringsnetwerk voor 2014

DNAPL/zaklagen	Zie 9.4	Benaderd met 5% oplosbaarheidswaarde PER en TRI
----------------	---------	---

DEEL 1: Waterkwantiteit

3 Modelopzet

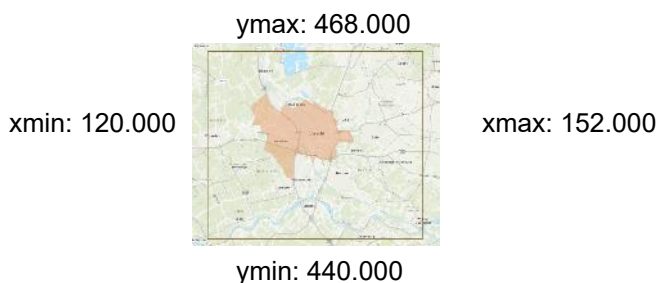
De basis voor het GHM is het gekalibreerde AZURE-model¹ (versie 2.0.0). Het AZURE-model is een regionaal grondwatermodel en beslaat grofweg het gebied van de provincie Utrecht, Flevoland en het westelijk gedeelte van Gelderland.

Het kwantiteitmodel is opgesteld met als doel de verspreiding van VOCL verontreinigingen in het kader van de actualisatie van het gebiedsgericht grondwaterbeheer te berekenen. Het kwantiteitsmodel kan door de gemeente worden ingezet voor andere vraagstukken, echter dient de geschiktheid van het model voor het betreffende vraagstuk vooraf beoordeeld te worden.

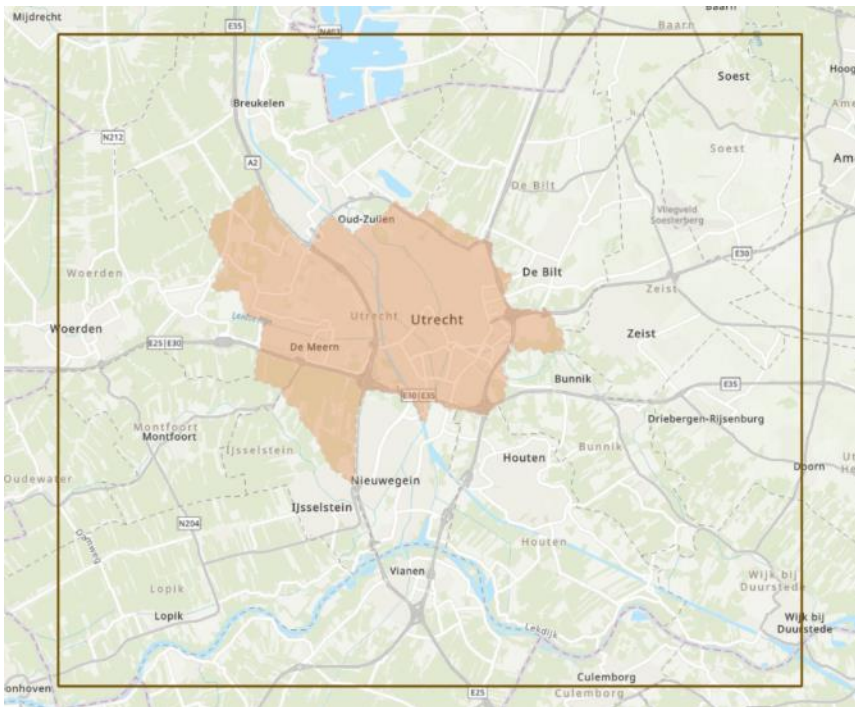
3.1 Regiomodel

Van het AZURE-model wordt een uitsnede gemaakt, het regiomodel. De basisdata van AZURE wordt afgeleid op 25x25m gridgrootte. Bij het bepalen van de grootte van het regiomodel, het vaststellen van het modellextent, is gekeken naar eventuele randeffecten. Er is gecontroleerd dat eventuele fouten op de modelrand geen effect hebben op de grondwaterstanden in het interessegebied. Het ophogen van de stijghoogten aan de modelranden leidt niet tot effecten binnen de gemeentegrens. Aan de zuidkant is de modelrand zo gekozen dat de Lek binnen het regiomodel valt. Aan de oostkant is de rand zo gekozen dat deze samenvalt met de waterscheiding bij Maarn (zie Figuur 3-1).

Het modellextent voor het regiomodel is (in RD):



¹ Royal HaskoningDHV en Sweco, 2024. Opzet en kalibratie AZURE 2.0. referentie: BJ1238-101-100-RHD-XX-XX-RP-X-0002. 18 november 2024.
<https://grondwatermodelamigo.stackstorage.com/s/VWu1zUQXeldB3Je4/nl/files/3194525>



Figuur 3-1 Modelextent regiomodel.

Binnen dit regiomodel wordt aanvullende informatie toegevoegd, zodat de resultaten van het model te gebruiken zijn voor het waterkwaliteit model. Ook wordt het model op deze schaal gevalideerd en waar nodig gekalibreerd. Het regiomodel wordt stationair doorgerekend op 25x25m en tijdsafhankelijk op 100x100m.

3.2 iMOD-versie

Het waterkwantiteitsmodel kan zowel met MODFLOW-6 als MODFLOW-2005 worden doorgerekend. Omdat voor de waterkwaliteitsmodellering een MODFLOW-2005 model nodig is, worden in dit project enkel berekeningen uitgevoerd met MODFLOW-2005. Ook de validatie en modelverbetering gaat uit van het MODFLOW-2005 model. Er wordt gerekend met de meest recente versie van iMOD, iMOD5.6.1.

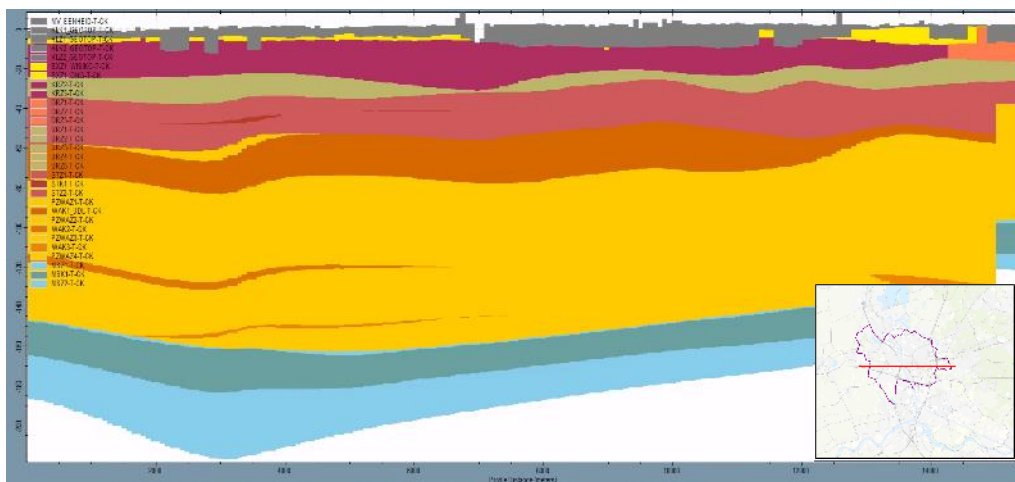
4 Modelverbeteringen

Dit hoofdstuk beschrijft de modelaanpassingen ten opzichte van het AZURE-model aan de hand van de workflow van AZURE. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de workflow van AZURE en in welke onderdelen er modelaanpassingen zijn doorgevoerd.

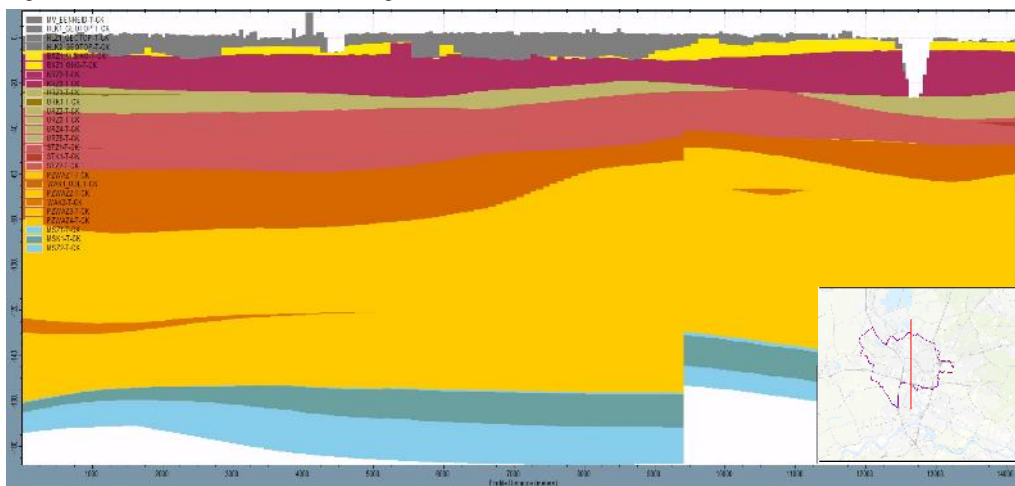
Workflow modelopzet AZURE	Modelverbeteringen GHM
01 Setup	
02 REGIS	
03 GeoTOP	
04 Create UDLs	Toevoegen UDLs antropogene ophooglaag en barrières (kelders)
05 Process UDLs	
06 Create Linktable	Splitsen modellagen tbv waterkwaliteit
07 Build Layermodel	Verlagen doorlatendheid Peize Waalre zanden; Resultaat lagenmodel
08 Process Boundary	
09 Process ANI	
10 Process HFB	
11 Process WEL	Toevoegen bodemenergiesystemen
12 Process Storage	
13 Process Topsystem	Detailleren oppervlaktewatersysteem
14 Process MetaSWAP	
15 Process Measurements	
16 CopyTODBASE	
17 Create RUN-files	Infiltratiecapaciteit stedelijk gebied
18 MF6-conversion	
19 Create IMF-files	

4.1 Detailleren ondergrondmodel

In AZURE vormt REGIS de basis voor het ondergrondmodel, waarbij het holoceen en boxtel wordt overgenomen uit GeoTOP (zie rapportage AZURE voor een uitgebreide beschrijving). Voor het GHM vormt de formatie van Maassluis de geohydrologische basis. In Figuur 4-1 en Figuur 4-2 is het basis ondergrondmodel zoals opgenomen in AZURE weergegeven.



Figuur 4-1: West-Oost doorsnede ondergrondmodel AZURE.



Figuur 4-2: Zuid-Noord doorsnede ondergrondmodel AZURE.

4.1.1 Toevoegen User Defined Layers

Aan het basismodel uit AZURE zijn twee User Defined Layers (UDLs) toegevoegd om het GHM te verbeteren. Hieronder zijn de UDLs beschreven.

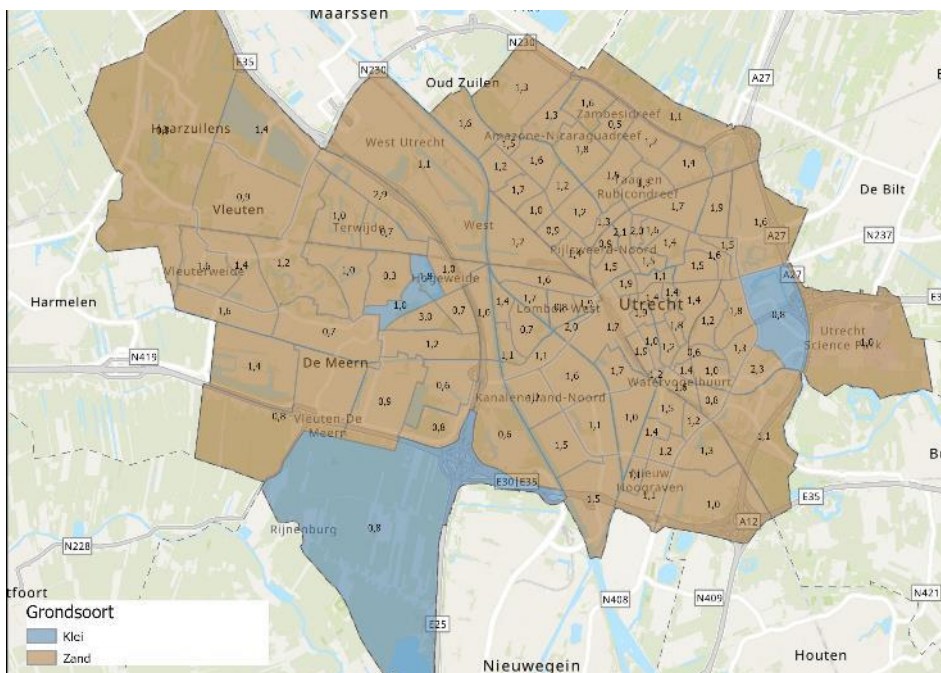
1. Antropogene ophooglaag

De dikte van de antropogene ophooglaag is binnen de gemeentegrenzen aangepast. Om de antropogene ophooglaag op buurtniveau te benaderen zijn ondiepe boringen uit de gemeente Utrecht (Bron: datalevering gemeente Utrecht) gebruikt, hierbij

hebben we gekeken tot aan de eerste bodemtype-overgang. Voor elke buurt is bekeken wat de bovenste meest voorkomende grondsoort is en wat de gemiddelde dikte van deze grondsoort is. Het resultaat van deze analyse is weergegeven in Figuur 4-3. Deze SHP is omgezet naar verschillende IDF (iMOD Data Files) bestanden met de dikte van de ophooglaag en de doorlatendheid (kh en kv).

We gaan uit van de volgende doorlatendheden:

- Zand $kh = 10 \text{ m/d}$
- Klei $kv = 0,05 \text{ m/d}$



Figuur 4-3: Grondsoort en dikte per buurt

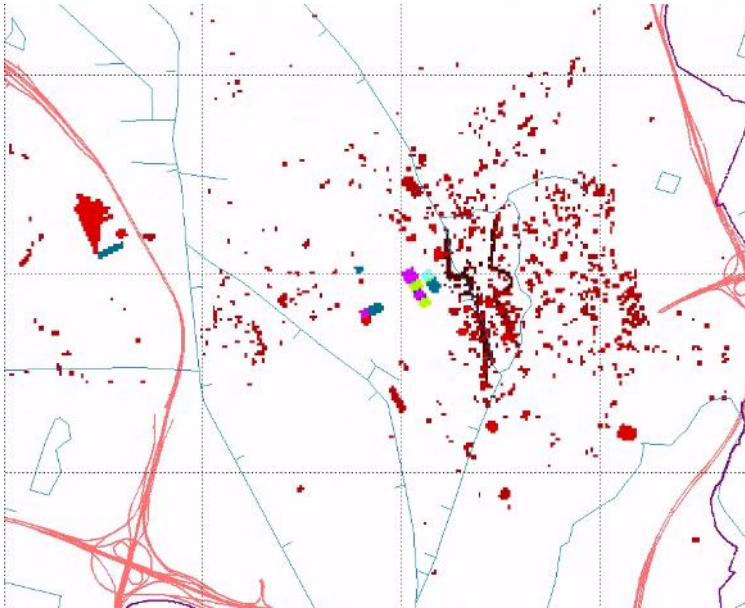
In het lagenmodel is de antropogene ophooglaag opgenomen in de lagen: HLK1_antropogeen en HLZ1_antropogeen

2. Barrières

De diverse ondergrondse barrières, zoals parkeerkelders, BAG-kelders en werfkelders zijn opgenomen als User Defined Layer (UDL). Omdat een deel van deze kelders kleiner zijn dan de gekozen gridgrootte, is het nodig om de weerstand te vertalen naar een weerstand voor de gridcellen. Hierbij is gekozen om de doorlatendheid van de gridcel naar rato te verlagen. Hierbij wordt een doorlatendheid van 0 m/d voor de barrière gehanteerd.

De meeste tunnels liggen in de lagen HLK1_GEOTOP en HLZ1_GEOTOP. Voor de doorlatendheid wordt nu een kh-waarde van 3 m/dag en een kv waarde van 0.3 m/dag aangenomen. Deze waarden zijn bepaald op basis van een inschatting van de kh- en kv- waarden van HLK1_GEOTOP en HLZ1_GEOTOP op de locaties waar barrières aanwezig zijn. Voor de doorlatendheid is nu een vaste waarde genomen. De kh- en kv-waarden zijn aan te passen in de workflow, ook kan de kh- en/of kv-waarde ruimtelijk variëren, door deze als grid bestand op te nemen.

In het lagenmodel zijn de barrières opgenomen in de laag HLK1_barriere.



Figuur 4-4: Ligging barrières in het GHM

4.1.2 Opsplitsen modellen ten behoeven van waterkwaliteitsmodellering en stroombanen

Bij te dikke modellen wordt de verspreiding van VOCI's in het waterkwaliteitsmodel niet goed gemodelleerd. Ook leidt dikke modellen tot een minder goed beeld van de stroombanen. Om tot betere stroombaanresultaten te komen zijn REGIS eenheden binnen de grenzen van de kwaliteitsdeelmodellen (zie paragraaf 7.2) met een dikte van meer dan 5 meter opgesplitst in meerdere modellen (zie Tabel 4.1, de REGIS eenheden met de toevoeging _sx zijn opgesplitst).

De aanpassingen zijn doorgevoerd in de Linktabel van het GHM. Voor andere doeleinden kan de modelleur het opsplitsen eenvoudig terugdraaien, waardoor het aantal modellen verminderd. Dit kan nuttig zijn om rekkentijden te verkorten en dataopslag te verminderen. Deze opdeling is wel noodzakelijke voor grondwaterkwaliteitsberekeningen.

4.1.3 Verlagen doorlatendheid Peize Waalre zanden

Uit een recente boring bij de Mineurslaan is het vermoeden gekomen dat de doorlatendheden van de Peize Waalre zanden in REGIS en daarmee ook in het GHM aan de hoge kant zijn. Daarom is een analyse uitgevoerd naar de doorlatendheden in de Peize Waalrezanden. Hiervoor zijn de boringen uit REGIS nader geanalyseerd en is gekeken naar pomprouven van Vitens bij Groenekan, Bunnik en De Meern. Deze analyse is opgenomen in Bijlage 2. Op basis hiervan is de kh-waarde van PZWAZ2 met een factor 0,9 vermenigvuldigd en is de kh-waarde van PZWAZ3 met een factor 0,8 vermenigvuldigd.²

² Deze discussie speelt niet alleen in de gemeente Utrecht. Ook verschillende experts binnen het vakgebied hebben twijfels geuit bij de juistheid van de doorlatendheden zoals deze in REGIS zijn opgenomen.

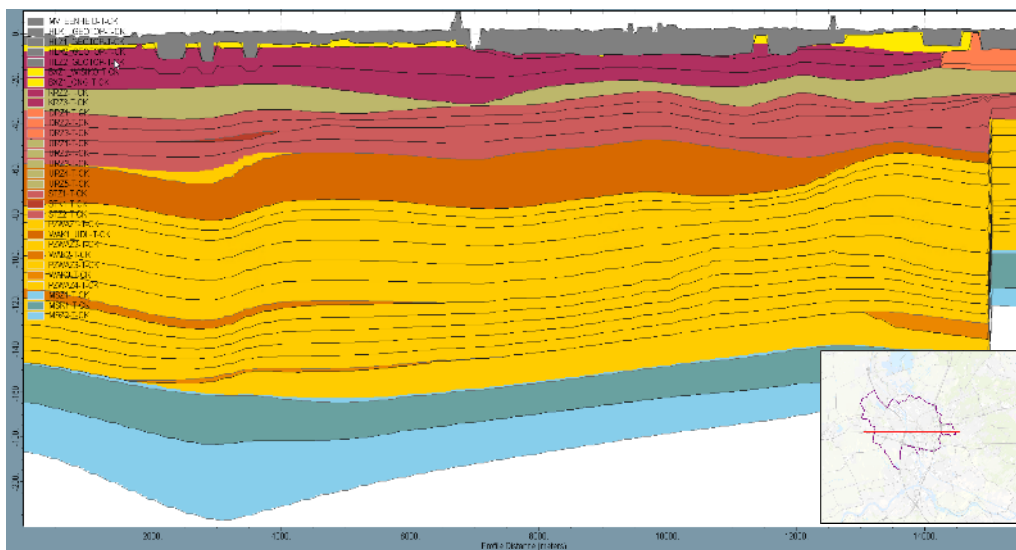
4.1.4 Resultaat lagenmodel

Bovenstaande toevoegingen leidt voor het GHM tot een lagenmodel met circa 27 modellagen. In onderstaande tabel is het overzicht gegeven van het lagenmodel gebruikt voor de berekeningen van de verontreinigingen en scenario's. Het lagenmodel is geen vast gegeven en kan voor het gebruik van andere modelleringen worden aangepast (Royal HaskoningDHV en Sweco, 2023). De keuze hiervoor ligt bij de modelleur.

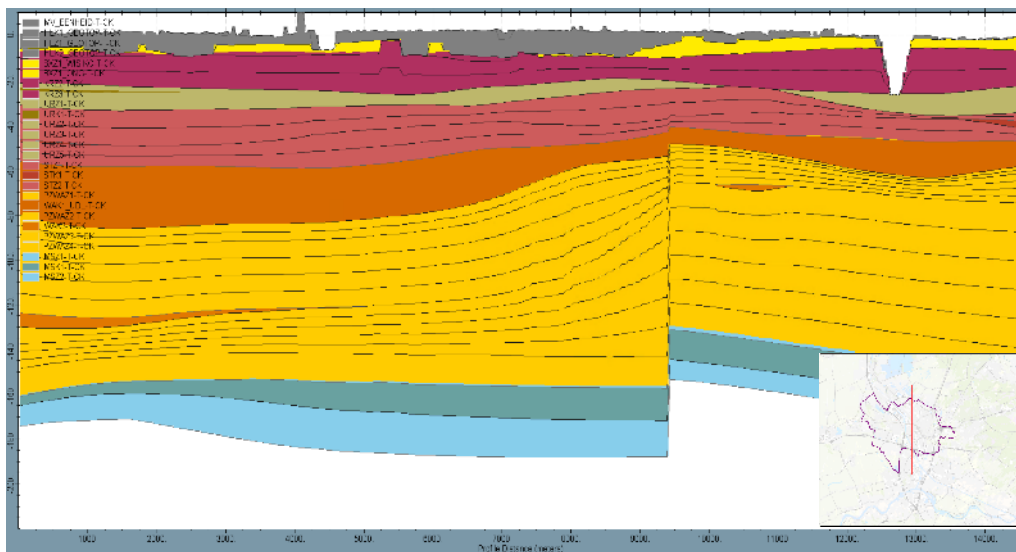
Tabel 4.1: Overzicht van het gehanteerde lagenmodel. De donkergrijze rijen zijn opgenomen in het model als scheidende lagen (negatief modellaag nr). De postfix _sX geeft aan dat een modellaag is opgesplitst, in de kolom part is opgenomen hoe een modellaag is gesplitst. De kolom percentage geeft aan hoeveel de eenheid voorkomt binnen het modelgebied.

Nr.	Naam	Type	Modellaag	Part
1	MV eenheid	Complex	1	1
2	HLk1 antropogeen	Aquitard		
3	HLk1 barriere	Complex		
4	HLz1 antropogeen	Aquifer		
5	HLk1 geotop	Complex	-1	1
6	HLz1 geotop	Complex	-1	1
7	HLk2 geotop	Complex	-1	1
8	HLz2 geotop	Complex	-1	1
9	HLk3 geotop	Complex	-1	1
10	BXz1 wisiko	Complex	2	1
11	BXz1 ong	Complex	2	1
12	krwyk1	Aquitard	2	1
13	krz2	Aquifer	2	1
14	krz3_s1	Aquifer	3	0,5
15	krz3_s2	Aquifer	4	0,5
16	wbv1	Aquitard	5	1
17	eez1	Aquifer	5	1
18	eez1 Geotop	Aquitard	5	1
19	eez2	Aquifer	5	1
20	eez3	Aquifer	5	1
21	drz1	Aquifer	6	1
22	drz2	Aquifer	6	1
23	drz3	Aquifer	6	1
24	drz3	Aquifer	7	1
25	DTc_z3	Aquifer	8	1
26	DTc_z4	Aquifer	8	1
27	DTc_z5	Aquifer	9	1
28	DTc glijvlak	Aquitard	-9	1
29	urz1	Aquifer	10	1
30	urk1	Aquitard	10	1
31	urz2	Aquifer	10	1
32	urz3	Aquifer	10	1
33	urz4	Aquifer	10	1
34	urz5	Aquifer	10	1
35	stz1_s1	Aquifer	11	0,5
36	stz1_s2	Aquifer	12	0,5
37	stk1	Aquitard	-12	1
38	stz2_s1	Aquifer	13	0,5
39	stz2_s2	Aquifer	14	0,5
40	syk1	Aquitard	14	1

Nr.	Naam	Type	Modellaag	Part
41	syz2	Aquifer	14	1
42	syz4	Aquifer	14	1
43	pzwaz1	Aquifer	14	1
44	Wak1_udl	Aquitard	-14	1
45	PZWaz2_s1	Aquifer	15	0,1
46	PZWaz2_s2	Aquifer	16	0,1
47	PZWaz2_s3	Aquifer	17	0,2
48	PZWaz2_s4	Aquifer	18	0,2
49	PZWaz2_s5	Aquifer	19	0,2
50	PZWaz2_s6	Aquifer	20	0,2
51	wak2	Aquitard	-20	1
52	pzk1	Aquitard	-20	1
53	pzwaz3_s1	Aquifer	21	0,2
54	pzwaz3_s2	Aquifer	22	0,2
55	pzwaz3_s3	Aquifer	23	0,2
56	pzwaz3_s4	Aquifer	24	0,2
57	pzwaz3_s5	Aquifer	25	0,2
58	wak3	Aquitard	-25	1
59	pzwaz4	Aquifer	26	1
60	msz1	Aquifer	26	1
61	msk1	Aquitard	-26	1
62	msz2	Aquifer	27	1



Figuur 4-5: Dwarsdoorsnede West-Oost lagenmodel en REGIS eenheden



Figuur 4-6: Dwarsdoorsnede Zuid-Noord lagenmodel en REGIS eenheden

4.2 Bodemenergiesystemen

Binnen de gemeente Utrecht zijn zowel open als gesloten bodemenergiesystemen gerealiseerd. Omdat gesloten bodemenergiesystemen geen invloed hebben op de grondwaterstroming en beperkte invloed hebben op de grondwatertemperatuur nemen we in eerste instantie alleen open bodemenergiesystemen (OBES) op in het GHM. In een later stadium wordt gekeken of gesloten bodemenergiesystemen opgenomen moeten worden in het waterkwaliteitsmodel (iMOD-WQ)³. Open bodemenergiesystemen hebben via de verplaatsing van verwarmd en gekoeld grondwater invloed op de aanwezige verontreinigingen (menging, verspreiding, versnelling afbraak).

Bodemenergiesystemen zijn opgenomen als onttrekking en/of infiltratie via de WEL-package. Hiervoor is informatie nodig over de ligging van individuele putten (x, y en filterdiepte), het onttrekkings-/infiltratiedebiet (op dag of jaarbasis), de periode van onttrekking/infiltratie en het type bron (warmte, koude, monobron). Het type bron bepaalt in welke periode water wordt geïnfiltreerd/onttrokken.

De bodemenergiesystemen zijn door de gemeente Utrecht aangeleverd (brondata BIJ12). De brondata bevatte veel onjuiste data, ook ontbrak gedeeltelijk cruciale informatie. Daarom is eenmalig een aanpassing gedaan aan de brondata en verwerkt tot modelinvoer. Daarnaast beschikt de gemeente over een ander databestand met bodemenergiesystemen dan BIJ12, deze gemeentelijke databron is gebruikt om, waar mogelijke, ontbrekende data uit het databestand van BIJ12 aan te vullen.

Voor het opnemen van bodemenergiesystemen hanteren we de volgende uitgangspunten:

- XY-coördinaten
Indien een x- of y-coördinaat van een put ontbreekt, is gekeken of de informatie uit een andere bron kan worden gehaald. Indien doubletten hetzelfde x- en y-coördinaat hebben of monobronnen verschillende

³ Voor het stationaire model worden twee IPF bestanden gemaakt, één voor een zomerperiode en één voor een winterperiode. Zo kunnen ook stationair beide situaties worden doorgerekend.

coördinaten hebben zijn de bodemenergiesystemen niet opgenomen in het model.

- **Filterstelling**
Als de filterstelling niet bekend is, nemen we aan dat het filter bovenin het eerste watervoerend pakket geplaatst is. Bij een monobron gaan we uit van 10 m filter bovenin het eerste watervoerend pakket (warmte), circa 20 m geen filter en 10 m filter onderin het watervoerend pakket (koude).
We gaan uit van het filtertraject uit de vergunning. In de praktijk is vaak minder filterlengte aangelegd.
- **Startdatum**
De startdatum van de bodemenergiesystemen is niet altijd beschikbaar en lastig te achterhalen. Als de startdatum niet bekend is, gebruiken we de vergunningsdatum als startdatum. Als de vergunningsdatum niet bekend is wordt de OBES **niet** opgenomen in tijdsafhankelijke berekeningen.
- **Einddatum**
De einddatum van bodemenergiesystemen is niet bekend. We nemen daarom aan dat alle bodemenergiesystemen nog actief zijn.
- **Debiet**
Het werkelijke debiet is vaak onbekend en verschilt per systeem en per jaar. Daarom gaan we in eerste instantie uit van het vergunde debiet. Als het jaardebiet bekend is, wordt dit teruggerekend naar een debiet per dag. Als alleen het uurdebiet bekend is wordt het uurdebiet omgerekend naar een debiet per dag. Het omgerekende dagdebiet wordt verdeeld over het aantal geregistreerde bodemenergieputten behorende bij de OBES, waarbij we ervan uitgaan dat de helft van het debiet in de zomerperiode (90 dagen) en de andere helft van het debiet in de winterperiode (90 dagen) wordt rondgepompt. De overige tijd staat de OBES uit.
 - Dec, jan, feb: onttrekking warmte, infiltratie koude
 - Mrt, apr, mei: rust
 - Jun, jul, aug: infiltratie warmte, onttrekking koude
 - Sep, okt nov: rust

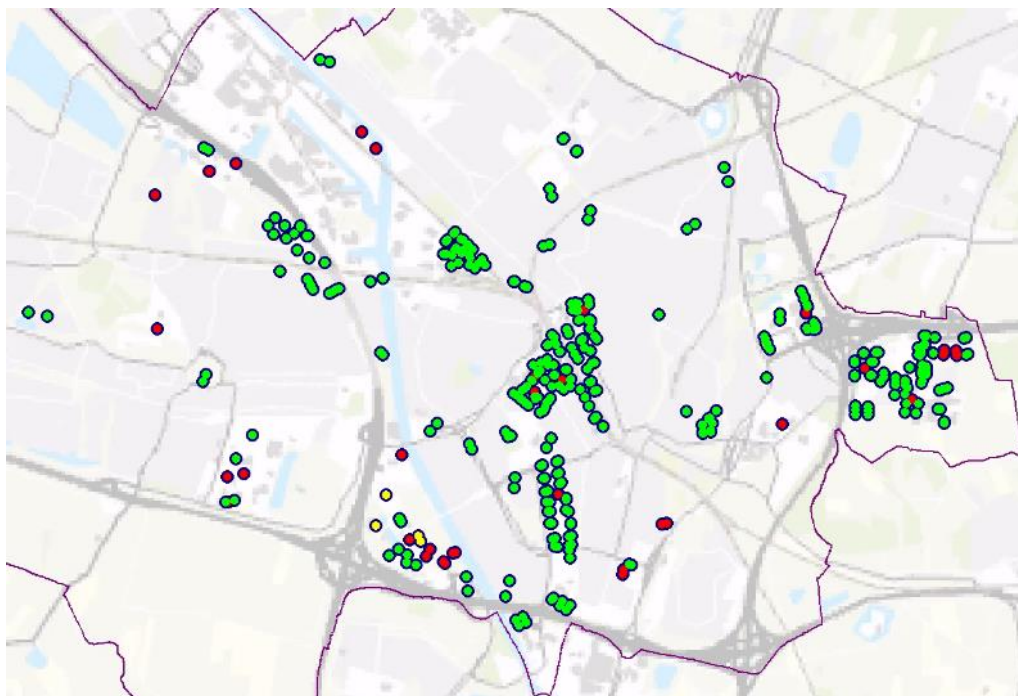
Correcties op de data

Aanvullend is er een correctie gedaan op de brondata om een overschatting van de onttrekking en infiltratiefluxen te voorkomen:

- Filterstellingen zijn gecorrigeerd zodat deze niet in scheidende lagen staan. Filters zijn hierdoor vaak een paar meter ingekort.
- In de data kwamen een aantal onrealistisch korte filters voor. De filters zijn verlengd met het uitgangspunt dat er voor elke 15 m³/uur een filterlengte van 5 m nodig is.
 - Infiltratie tot 15 m³/uur: 5m filterlengte
 - Infiltratie tot 30 m³/uur: 10m filterlengte
 - Infiltratie tot 45 m³/uur: 15m filterlengte
 - Infiltratie tot 60 m³/uur: 20m filterlengte
 - Infiltratie tot 75 m³/uur: 25m filterlengte
 - Infiltratie tot 90 m³/uur: 30m filterlengte
 - Infiltratie tot 105 m³/uur: 35m filterlengte
- De debieten zijn gemaximaliseerd op basis van het maximum debiet dat logischerwijs kan worden onttrokken uit het eerste watervoerend pakket in Utrecht. Vaak is van OBES alleen het vergunde debiet bekend. Deze debieten blijken vaak hoger dan wat er op basis van de doorlatendheid van de ondergrond en de maximale filterlengte mogelijk is om te onttrekken /

infiltreren. De debieten zijn hierop gemaximaliseerd ervan uitgaande dat per elke vijf meter filter er 15 m³/uur geïnfiltreerd kan worden.

In Figuur 4-7 is weergegeven welke open bodemenergiesystemen zijn opgenomen in het GHM en welke zijn verwijderd vanwege onvoldoende informatie. In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de OBES die niet zijn opgenomen.



Figuur 4-7 Bodemenergiesystemen in het grondwatermodel groen; verwijderd vanwege incorrecte data geel; verwijderd vanwege ontbreken type bron rood.

Tabel 2 Open bodemenergiesystemen die zijn verwijderd uit het GHM vanwege onvoldoende informatie + reden van verwijderen.

Naam OBES	Kleur bolletje in figuur	Reden van afwijzing
Deloitte	Geel	Tegenstrijdige informatie. 1 OBES met type bron, 1 OBES met type monobron en verschillende coördinaten.
Creative valley	Geel	1 OBES, onduidelijk of het monobron is
KWO KPN	Geel	1 OBES onduidelijk of het monobron is, filterstelling onbekend
A.M.GRESNIGT	Rood	Type bron onbekend
AMEV-HUIS	Rood	Type bron onbekend
Arburg B.V.	Rood	Type bron onbekend

CAP GEMINI W/K OPSLAG	Rood	Type bron onbekend
CENDRIS	Rood	Type bron onbekend
Damzigt 14 in De Meern	Rood	Type bron onbekend
De Fabrique	Rood	Type bron onbekend
Domus Medica 2, Orteliuslaan 1010 in Utrecht	Rood	Type bron onbekend
G. van Doorn Metaalrecycling	Rood	Type bron onbekend
KOUDEOPSL. BERNHARD-/IRENEHAL	Rood	Type bron onbekend
KOUDEOPSL. PRINS V. ORANJEHAL	Rood	Type bron onbekend
KOUDEOPSLAG UMC LUNDLAAN	Rood	Type bron onbekend
KPMG	Rood	Type bron onbekend
KROMHOUT KAZERNE	Rood	Type bron onbekend
leiplan	Rood	Type bron onbekend
MUZIEKPALEIS	Rood	Type bron onbekend
Niroc Vastgoedontwikkeling B.V.	Rood	Type bron onbekend
NOORDWESTHOEK UITHOF KWO	Rood	Type bron onbekend
proeftuin Museumkwartier	Rood	Type bron onbekend
RABOBANK KOUDEOPSLAG HOOFDKANT	Rood	Type bron onbekend
ROTO SMEETS UTRECHT	Rood	Type bron onbekend
Van den Heerik Projecten B.V.	Rood	Type bron onbekend
Veldzigt 18	Rood	Type bron onbekend
VSO Rotsoord	Rood	Type bron onbekend
WARMTEOPSLAG R.U.U. (OUD)	Rood	Type bron onbekend

Onduidelijke datasets

De verschillende aangeleverde bestanden bleken niet overeen te komen qua aantal bodemenergiesystemen. Het eerste bestand bleek een verouderd, niet meer geüpdatet bestand te zijn. In het nieuwe bestand ontbreekt echter vaak informatie over het type bron (warmte of koude). Daarom is voor deze OBES niet bekend wanneer de bron onttrekt/infiltreert.

De informatiebehoefte is door de gemeente bij BIJ12 (eigenaar bronbestand met OBES-systemen) kenbaar gemaakt. Op basis van de informatie uit het eerste bestand is, waar bekend, ontbrekende informatie toegevoegd aan het bestand van BIJ12. Als het databestand van BIJ12 wordt aangevuld kan het in de toekomst mogelijk met een workflow gekoppeld worden aan het GHM.

In de nieuwe dataset ontbreekt in enkele gevallen het jaardebiet. Dit is opgevuld door het uurdebiet om te rekenen naar een jaardebiet.

4.3 Detailleren oppervlaktewatersysteem

We gaan in dit project uit van de gegevens zoals is opgenomen in het AZURE-model. Er is geen aanvullende informatie vanuit de gemeente Utrecht beschikbaar over het oppervlaktewatersysteem. Na analyse van de modelinvoer bleek dat een belangrijk deel van het oppervlaktewatersystemen onjuist in het AZURE-model zit. Van de Vecht en het Merwedekanaal ontbreken delen in het AZURE model. Voor ontbrekende informatie van de Vecht is de informatie overgenomen uit de ISG van Waternet.

Voor de ontbrekende informatie van het Merwedekanaal is de informatie over bodemhoogte, peil, conductance en infiltratiefactor overgenomen uit het LHM. Omdat het LHM een resolutie heeft van 250x250 meter is de ligging van het Merwedekanaal (oftewel welke cellen in het model de betreffende waarden krijgen) gebaseerd op de BGT.

De informatie is toegevoegd aan de basisdata van het UGM in de basisdata map.

4.4 Infiltratiecapaciteit stedelijk gebied

In AZURE is de maximale infiltratiecapaciteit in stedelijk gebied in MetaSWAP ingesteld op 0 m/dag. Daarmee is infiltratie in stedelijk gebied niet mogelijk. Uit de praktijk weten we dat ook in verharde stedelijke gebieden infiltratie mogelijk is. In het project stedelijke modellering Amersfoort, Baarn en Soest is onderzoek gedaan naar de infiltratiecapaciteit in stedelijk gebied om deze te kwantificeren⁴. Op basis van dit onderzoek geeft een maximale infiltratiecapaciteit van 1,19 mm/d de beste overeenkomst tussen de gemodelleerde en gemeten oppervlakkige afstroming en grondwateraanvulling.

Voor de stedelijke modellering van Amersfoort, Baarn en Soest is de maximale infiltratiecapaciteit op 1 mm/dag gezet. Voor het GHM hanteren we in eerste instantie ook deze waarde. De parameter wordt aangepast in de tijdsafhankelijke modellering. Vervolgens kan op basis van deze tijdsafhankelijke modellering een nieuwe stationaire grondwateraanvulling worden bepaald voor het stationaire model.

4.5 Openstaande ondergrondse assets

Binnen de huidige modelopzet zijn een aantal ondergrondse assets nog niet verwerkt. Het gaat hierbij om:

1. Riolering;
2. Drainage;
3. Grondwateraanvulling door wadi's en infiltratiekratten;
4. Damwanden.

De onderdelen zijn belangrijk in stedelijk gebied, maar hebben een beperkte invloed op de modellering in het kader van de actualisatie van het gebiedsplan gericht grondwaterbeheer. Deze assets zijn met name van belang bij fijnmazige (5x5 gridgrootte) modelleringen. Daarbij ontbrak voor sommige ondergrondse assets cruciale informatie waardoor deze niet kon worden opgenomen in het model.

⁴ G.A. Kobessen (2024), *To swap or not to swap current parameterization of MetaSWAP for advancing groundwater recharge simulation in urban areas.*

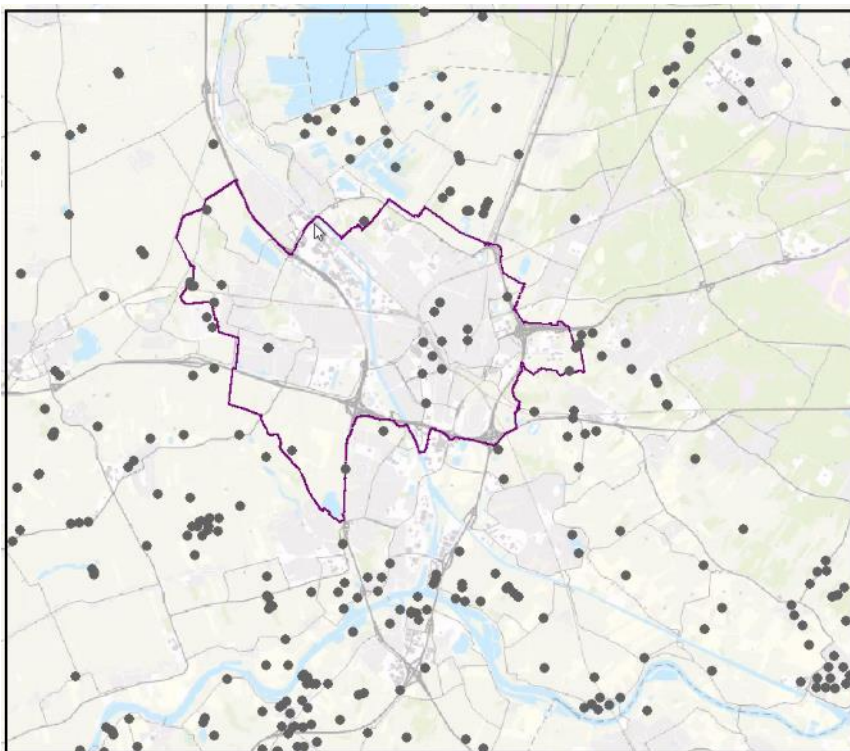
In bijlage 6 is beschreven hoe de ondergrondse assets in een later stadium alsnog opgenomen kunnen worden in het GHM.

5 Validatie en kalibratieset

We valideren het GHM op stijghoogtemetingen⁵. Hiervoor stellen we een validatie- en kalibratieset op. Voor de validatie- en kalibratieset nemen we de validatie- en kalibratieset voor het AZURE-model als basis. Aan de validatieset zijn de metingen bij de Mineurslaan toegevoegd.

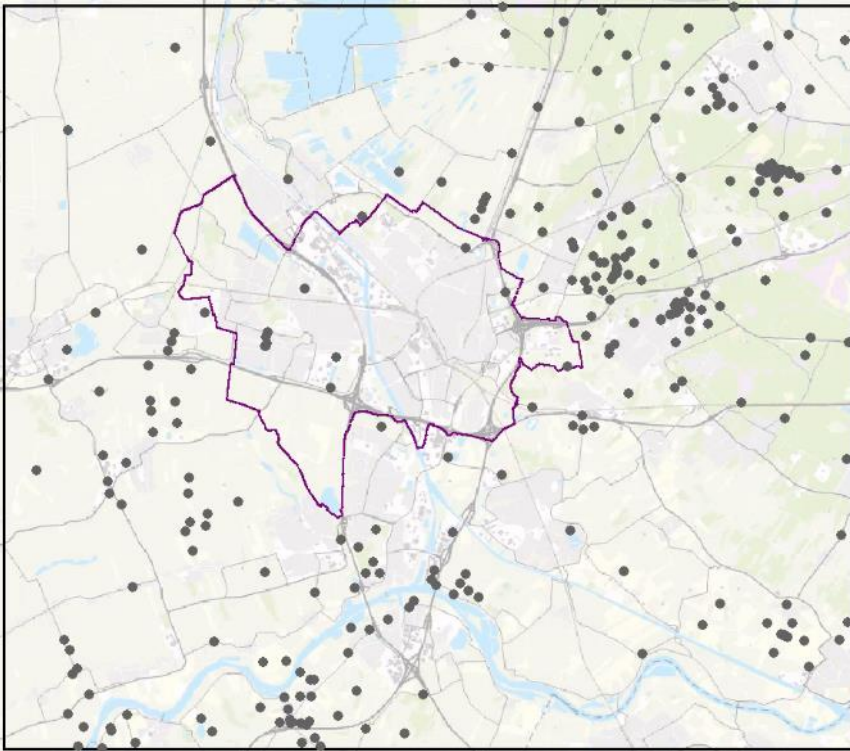
5.1 Kalibratieset

In de kalibratieset zijn de peilbuizen opgenomen met metingen binnen 2006-2018 (hydrologische jaren). In onderstaande figuren is de ligging van de peilbuizen uit de kalibratieset weergegeven. In onderstaande figuren is de kalibratieset opgesplitst voor het freatische pakket (Figuur 5-1), het eerste watervoerende pakket (Figuur 5-2) en het tweede watervoerende pakket en dieper (Figuur 5-3).

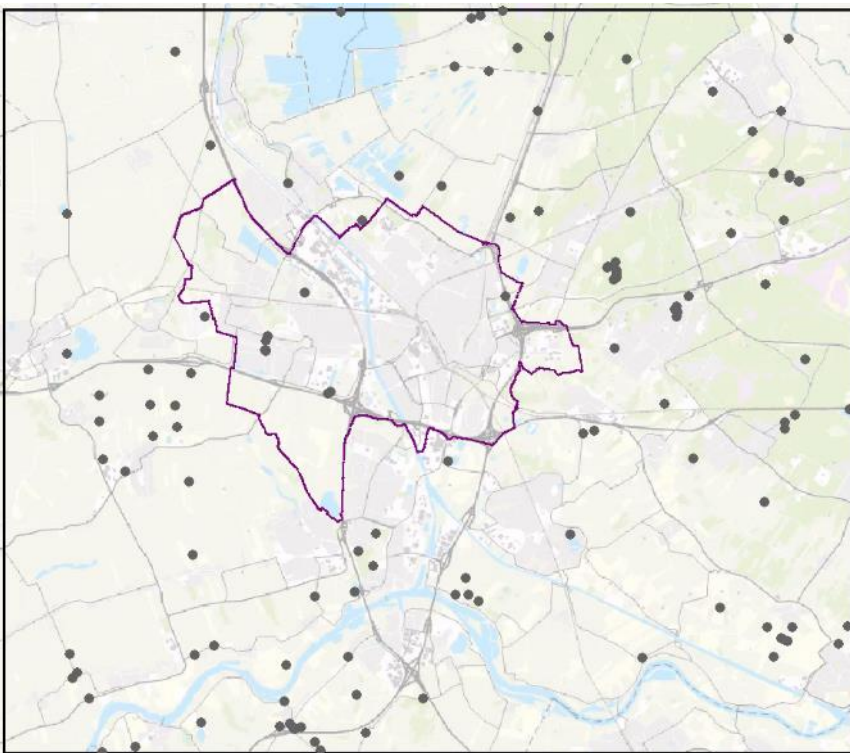


Figuur 5-1: Kalibratieset freatisch (modellaag 1-2).

⁵ Vanwege beperkte tijd wordt validatie op afvoeren, waterbalansen, pomprouven en andere kwantiteitsgegevens op dit moment niet uitgevoerd.



Figuur 5-2: Kalibratieset WVP1 (modellaag 3-14).



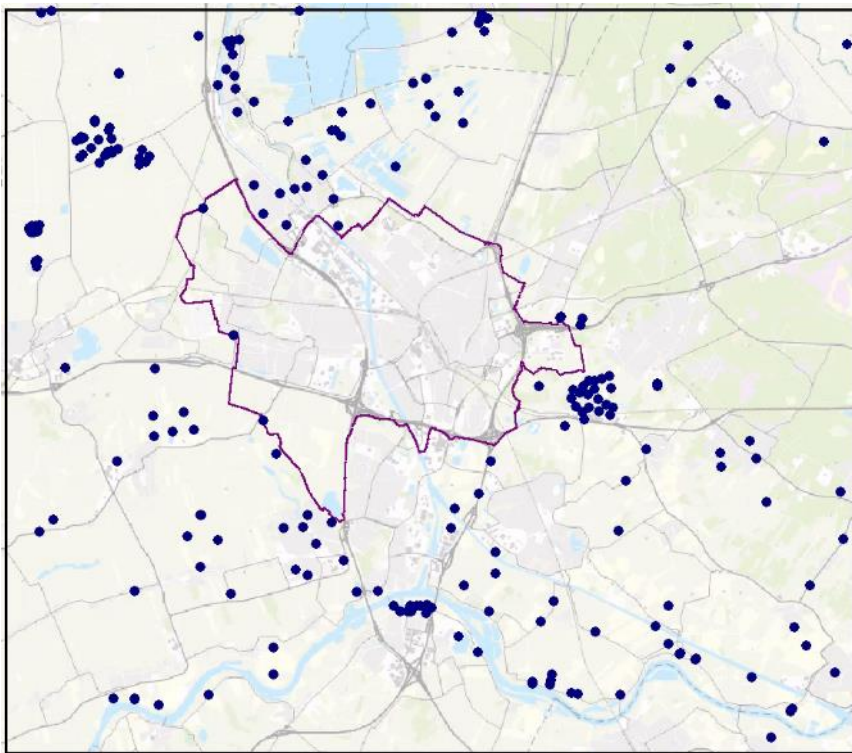
Figuur 5-3: Kalibratieset WVP2 en dieper (modellaag 15-27)

5.2 Validatieset

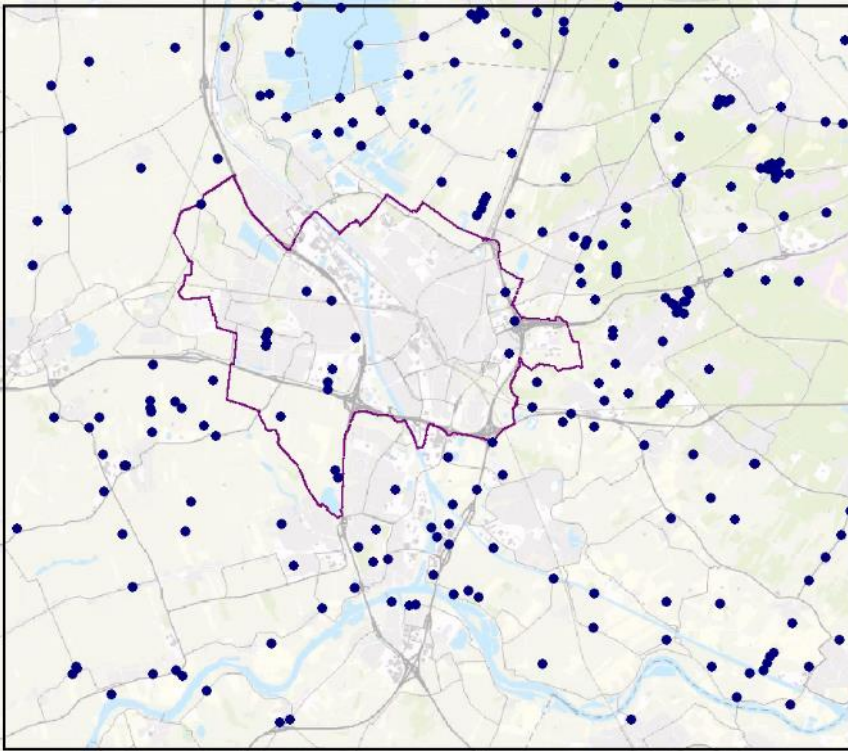
Voor de validatieset hanteren we de periode 2018-2020 en indien nodig, kortere reeksen uit de periode 2006-2018 die vanwege de korte lengte zijn afgevallen voor de kalibratieset.

De validatieset is uitgebreid met de Mineurslaan. Echter heeft deze alleen meetinformatie vanaf 2022 (dit is buiten de modelperiode AZURE t/m 2020). Daarom is ervoor gekozen om in de resultaten dit meetpunt niet mee te nemen. Bij eventuele modelverlenging kan het meetpunt opgenomen worden in de Validatieset.

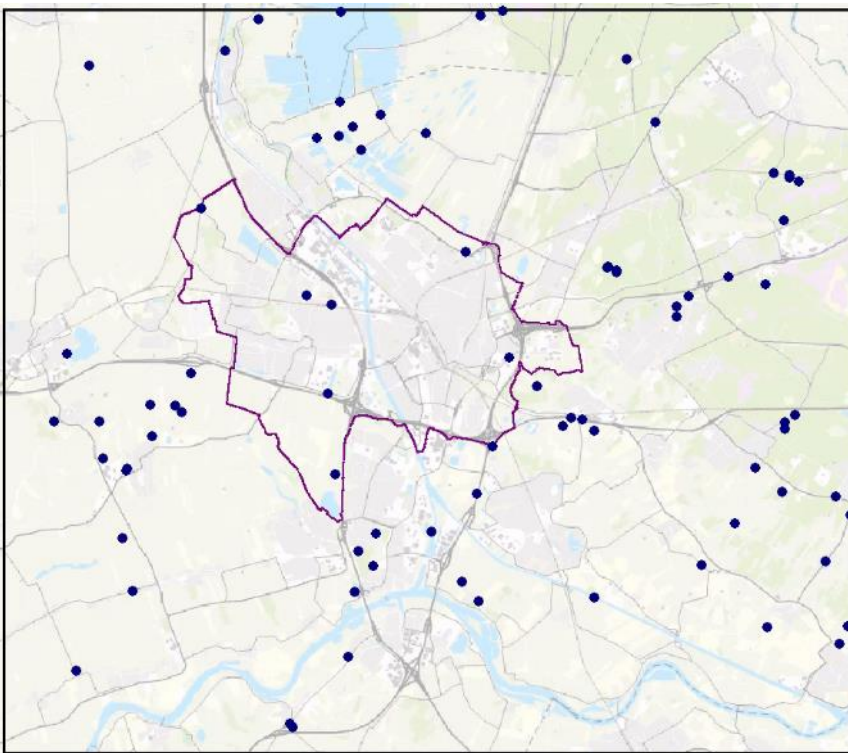
In onderstaande figuren is de validatieset opgesplitst voor het freatische pakket (Figuur 5-4), het eerste watervoerende pakket (Figuur 5-5) en het tweede watervoerende pakket en dieper (Figuur 5-6).



Figuur 5-4: Validatieset freatisch (modellaag 1-2).



Figuur 5-5: Validatieset WVP1 (modellaag 3-14).



Figuur 5-6: Validatieset WVP2 en dieper (modellaag 15-27).

6 Modelprestatie en optimalisatie

Het waterkwantiteit model is gevalideerd en op basis van de uitkomsten van de validatie geoptimaliseerd. Om een goed beeld te krijgen hebben we twee type validaties uitgevoerd:

1. Validatie modelinvoer, resultaten iMOD-validator.
2. Validatie modelresultaten (validatie op stijghoogten).

6.1 Modelprestatie initieel

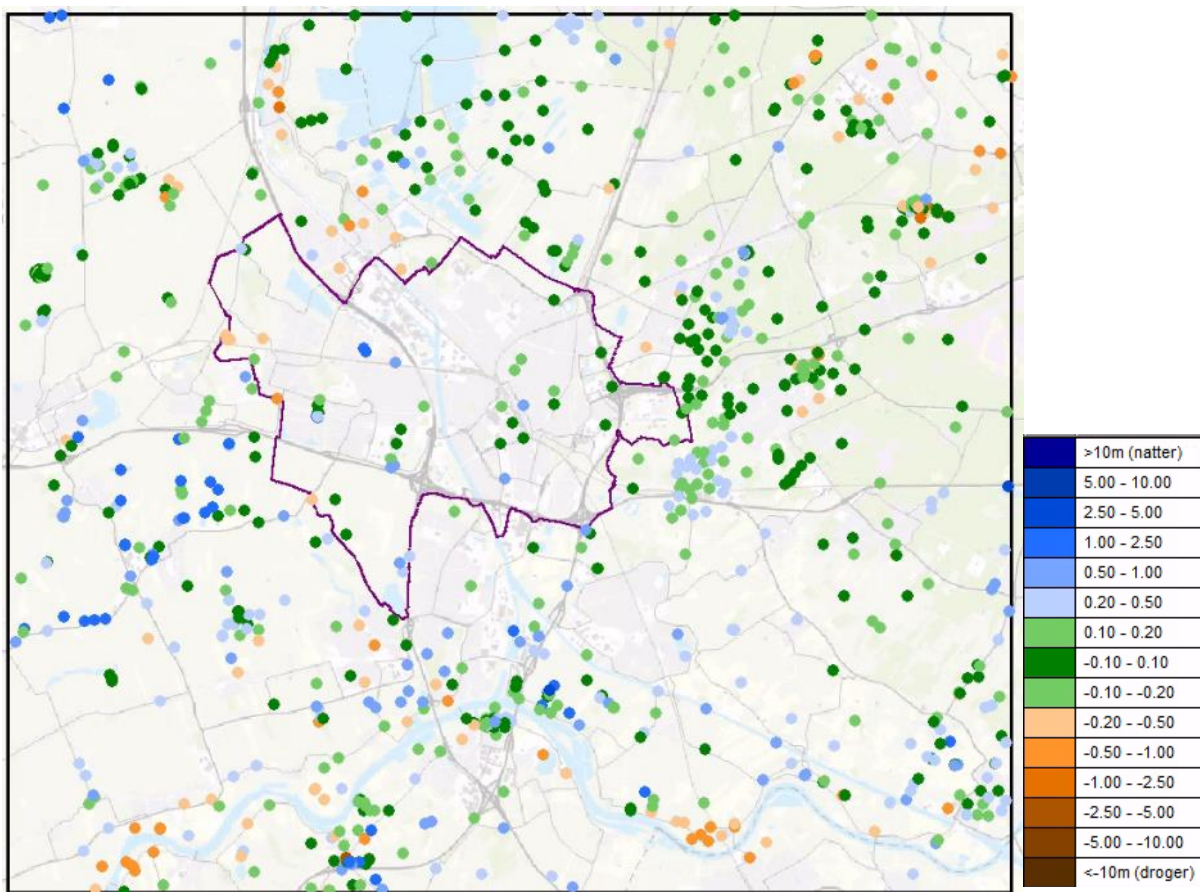
Om een beeld te krijgen van de invloed van verschillende verbeterstappen is voor vier modelvarianten apart de modelprestatie beoordeeld. Zie Tabel 3 voor de definitie van de modelvarianten.

Tabel 3: beschrijving modelvarianten AZURE en GHM.

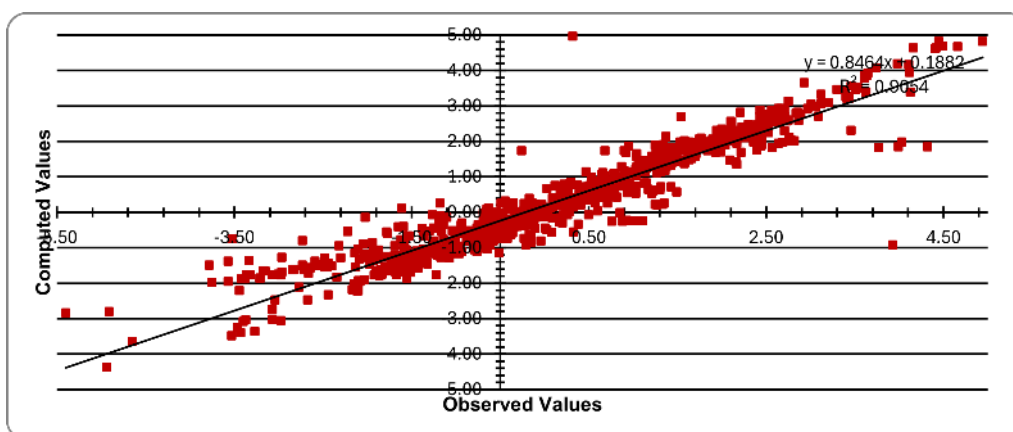
Modelvariant	Beschrijving
BASIS1	AZUREv2.0.0 stationair confined, 25x25m, binnen regiomodel extent
BASIS2	AZURE model met aanpassingen aan de basisdata
BASIS3	AZURE model met optimalisatie
BASIS4	AZURE model inclusief modelverbeteringen uit H4 (het GHM)

6.1.1 Modelprestatie BASIS1

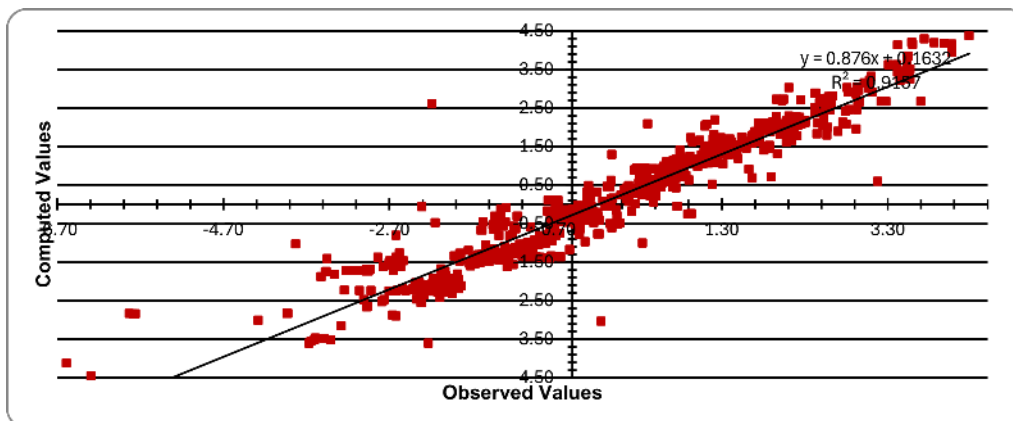
In Figuur 6-1 zijn de modelresiduen voor het stationaire BASIS1 model voor alle modellagen weergegeven. In Bijlage 7 zijn de modelresiduen opgesplitst voor het freatische pakket en het eerste en tweede watervoerende pakket. Binnen de grenzen van de gemeente Utrecht presteert het model goed. Het model overschat de grondwaterstanden ten westen van de gemeente (freatisch en wvp2). In het zuiden van het modelgebied, langs de IJssel worden te lage grondwaterstanden gemodelleerd (freatisch en wvp1). Er zijn een aantal aanpassingen doorgevoerd om het regiomodel te verbeteren.



Figuur 6-1: Modelresiduen (m) Validatie en Kalibratieset (alle modellagen) BASIS1 model 25x25m stationair binnen regiomodel-extent (blauw: berekende stijghoogte is meer dan 20cm hoger dan gemeten; oranje/bruin: berekende stijghoogte is meer dan 20 cm lager dan gemeten).



Figuur 6-2: Scatterplot BASIS1 model Kalibratieset



Figuur 6-3: Scatterplot BASIS1 model Validatieset

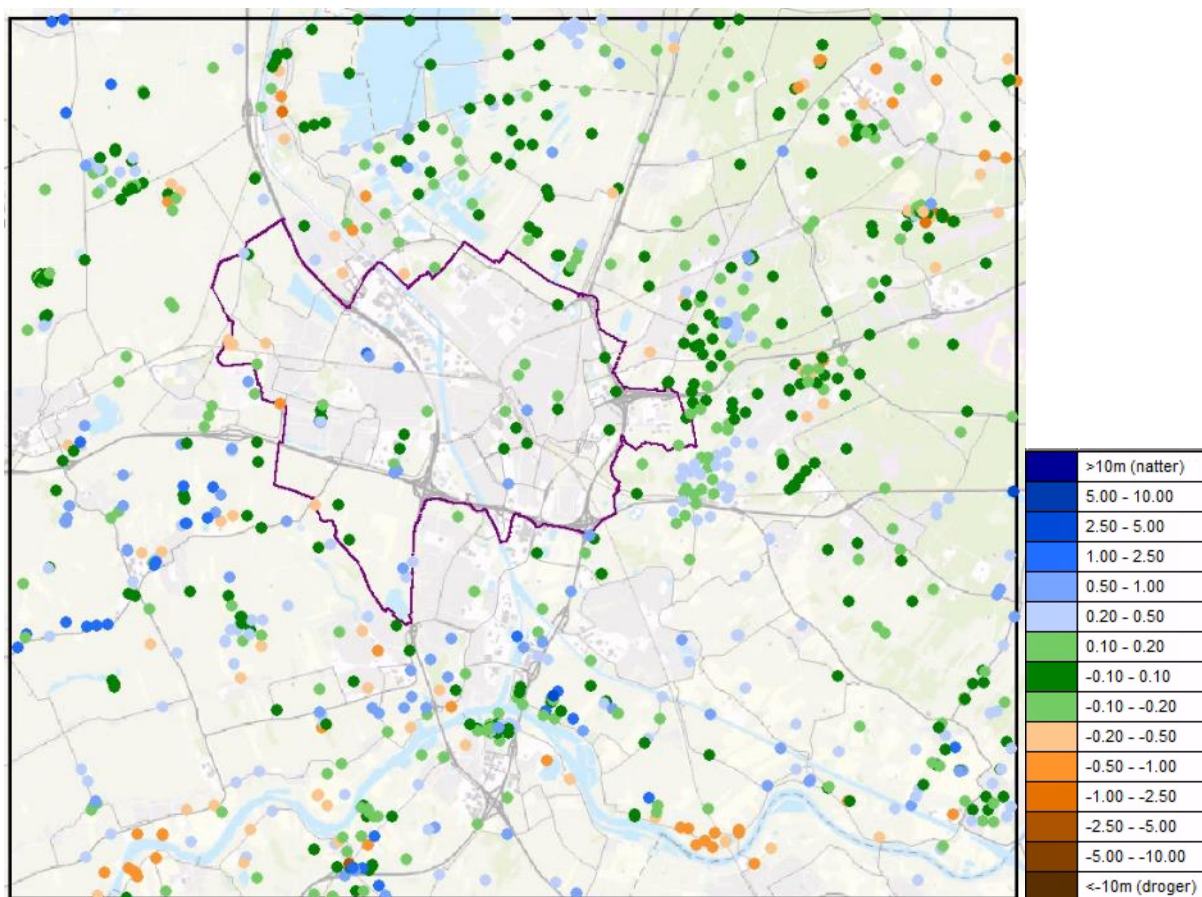
6.1.2 Modelaanpassingen naar aanleiding van validatie BASIS1 model

Op basis van de resultaten uit de iMODValidator en de resultaten van het stationaire grondwatermodel zijn een aantal modelaanpassingen doorgevoerd. Deze zijn in onderstaande tabel beschreven.

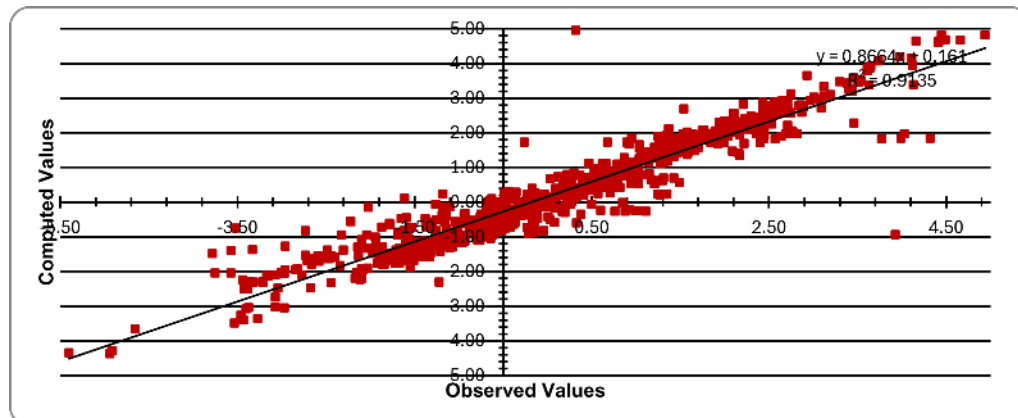
Basisdata	Beschrijving
Topsysteem UGM Amsterdam Rijnkanaal	In het Amsterdam Rijnkanaal zijn onterecht een aantal cellen met NoData waarde naar voren gekomen. Deze cellen zijn aangepast met de waarde van naastgelegen cellen.
Topsysteem UGM	In UGM topsysteem komen cellen voor waarin geen peil, bodemhoogte, conductance en infiltratiefactor bekend is maar wel een slootlengte en gemiddelde natte omtrek. Deze cellen zijn op no data gezet Ontbrekend zomerpeil is overgenomen uit winterpeil. Ontbrekende data Vecht en Merwedekanaal is aangevuld met informatie van waternet en het LHM. Overlappende cellen tussen ARK en UGM zijn verwijderd. Op de locaties van de Energiehaven, Industriehaven, kernhaven en de haven langs de Liesbosch (Utrecht Zuid), is onjuiste bodemhoogte in het model opgenomen (Bodemhoogte boven maaiveld). Voor deze cellen is de bodemhoogte overgenomen zoals opgenomen in het LHM
ISG Grote rivieren	In iMOD is een schalingsfout geconstateerd in de conductance. In de workflow wordt de ISG vergrid op 5x5m en vervolgens opgeschaald naar 25x25m. Door de schalingsfout leidt dit tot rare conductances. De workflow is aangepast zodat er niet wordt opgeschaald maar direct vergrid wordt naar 5x5m en 25x25m
Onttrekkingen Vitens Linschoten	De drinkwaterwinning Linschoten stond onterecht in het model als een inactieve winning, eindperiode 2012. Bij Vitens is aanvullend informatie opgevraagd en deze is opgenomen in de basisdata. Daarmee staat de drinkwaterwinning weer goed in het model.
Onttrekking Oasen Vianen	Van de drinkwaterwinning Vianen is in het AZURE model geen filterstelling opgenomen, waardoor de winning onterecht aan maaiveld werd geplaatst. Bij Oasen is de juiste filterstelling opgevraagd en deze is aangepast in het model.

6.1.3 Modelprestatie BASIS2

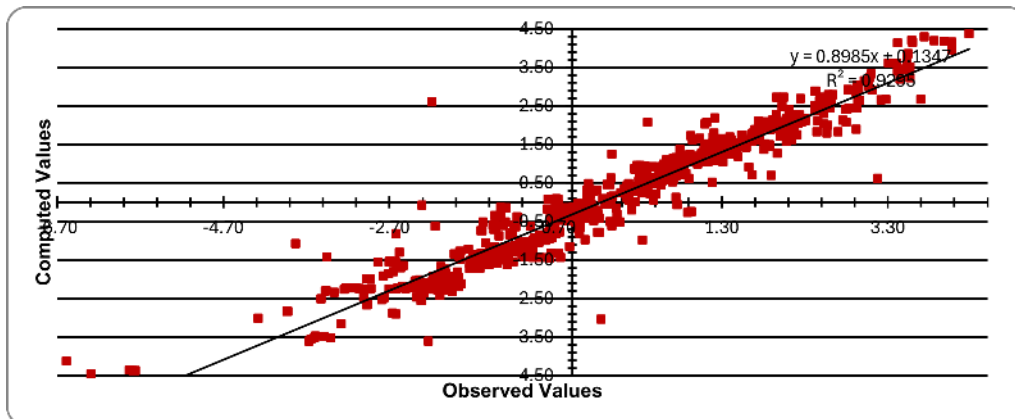
In Figuur 6-4 zijn de modelresiduen voor het stationaire BASIS2 model voor alle modellagen weergegeven. In Bijlage 7 zijn de modelresiduen opgesplitst voor het freatische pakket en het eerste en tweede watervoerende pakket. Binnen de gemeente grenzen presteert het model goed. Het model laat dezelfde natte en droge regio's zien, maar de modelresiduen zijn wel kleiner geworden.



Figuur 6-4: Modelresiduen (m) Validatie en Kalibratieset (alle modellagen) BASIS2 model 25x25m stationair binnen regiomodel-extent (blauw: berekende stijghoogte is meer dan 20cm hoger dan gemeten; oranje/bruin: berekende stijghoogte is meer dan 20 cm lager dan gemeten).



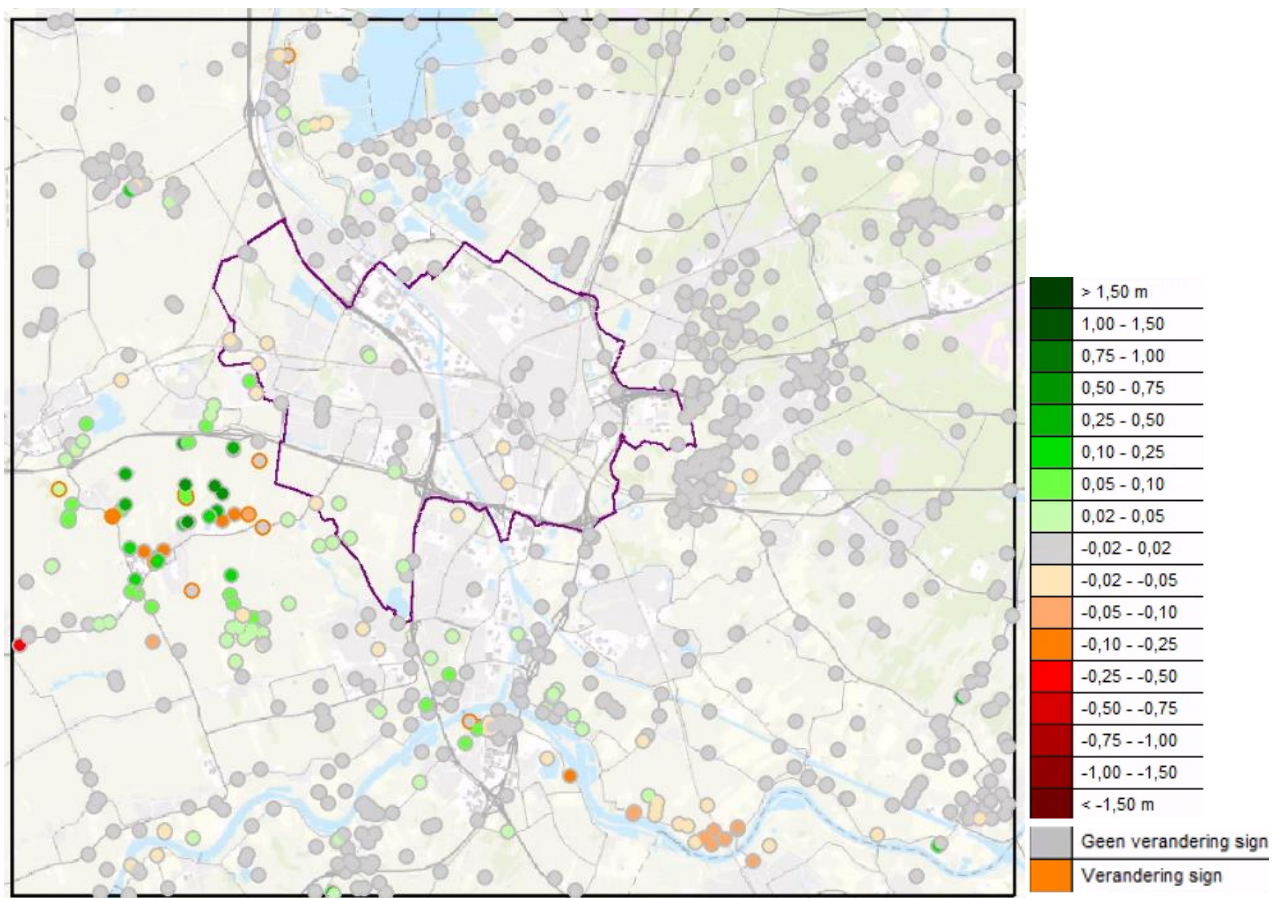
Figuur 6-5 Scatterplot BASIS2 model Kalibratieset



Figuur 6-6 Scatterplot BASIS2 model Kalibratieset

Modeleffect

In Figuur 6-7 is het effect van de modelaanpassingen van het BASIS2 model ten opzichte van het BASIS1 model weergegeven. In bijlage 7 is het modeleffect opgesplitst voor het freatische pakket en het eerste en tweede watervoerende pakket. Ten westen en zuiden van Utrecht presteert het model beter, hier is duidelijk het effect van de aanpassingen van de winning Linschoten en Vianen te zien. Langs de Lek presteert het model minder goed. Er is geen verder onderzoek gedaan naar de modelprestatie rondom de Lek, omdat de modelprestatie voor de berekeningen in het kader van de actualisatie van het gebiedsgericht grondwaterbeheer als voldoende wordt beoordeeld.



Figuur 6-7: Effect modelaanpassingen BASIS2 tov BASIS1. Kleine bolletje: groen; het residu wordt kleiner, oranje/rood; het residu wordt groter. Grote bolletje: oranje; het teken veranderd. Een verandering van teken betekent dat het effect te ver door slaat (model was bijvoorbeeld eerst te nat en nu te droog).

In Figuur 6-8 is de mean error voor het BASIS1 en BASIS2 model opgenomen voor de de kalibratie en validatieset. De gemiddelde fout (mean error) gaat van 0.14 naar 0.12 voor de kalibratieset en van 0.17 naar 0.14 voor de validatieset.

Set	Layer	N	BASIS1	STAT-PRJ	BASIS2	STAT-PRJ	Set	Layer	N	BASIS1	STAT-PRJ	BASIS2	STAT-PRJ
AZURE_KalSet	1	229		0.09		0.09	AZURE_ValSet	1	201		0.05		0.03
	2	107		-0.13		-0.14		2	84		0.07		0.07
	3	69		0.01		0.00		3	74		0.10		0.07
	4	31		0.10		0.09		4	34		0.10		0.08
	5	1		-0.46		-0.45		6	44		0.08		0.08
	6	68		0.02		0.02		7	14		-0.27		-0.27
	7	11		0.12		0.12		8	1		-0.06		-0.07
	8	11		-0.20		-0.21		9	38		-0.11		-0.12
	9	58		-0.05		-0.05		10	37		0.16		0.16
	10	22		0.04		0.03		11	15		0.15		0.13
	11	8		-0.04		-0.04		12	15		0.12		0.10
	12	13		0.08		0.05		13	25		0.16		0.14
	13	16		0.04		0.02		14	48		0.25		0.23
	14	35		0.12		0.12		15	9		0.50		0.46
	15	10		0.62		0.62		16	9		0.65		0.63
	16	9		0.29		0.27		17	20		0.70		0.60
	17	29		0.59		0.48		18	13		0.61		0.52
	18	30		0.58		0.54		19	10		0.83		0.60
	19	12		0.27		0.26		20	19		0.44		0.37
	20	16		0.42		0.32		21	11		0.76		0.57
	21	20		0.56		0.51		22	12		0.27		0.23
	22	8		0.23		0.22		23	17		0.44		0.32
	23	12		0.51		0.46		24	11		0.21		0.20
	24	4		0.61		0.42		25	8		0.40		0.33
	25	8		0.17		0.15		26	14		0.73		0.57
	26	23		0.78		0.62		27	6		0.80		0.65
	27	29		0.57		0.53							
Total		889		0.14		0.12	Total		789		0.17		0.14

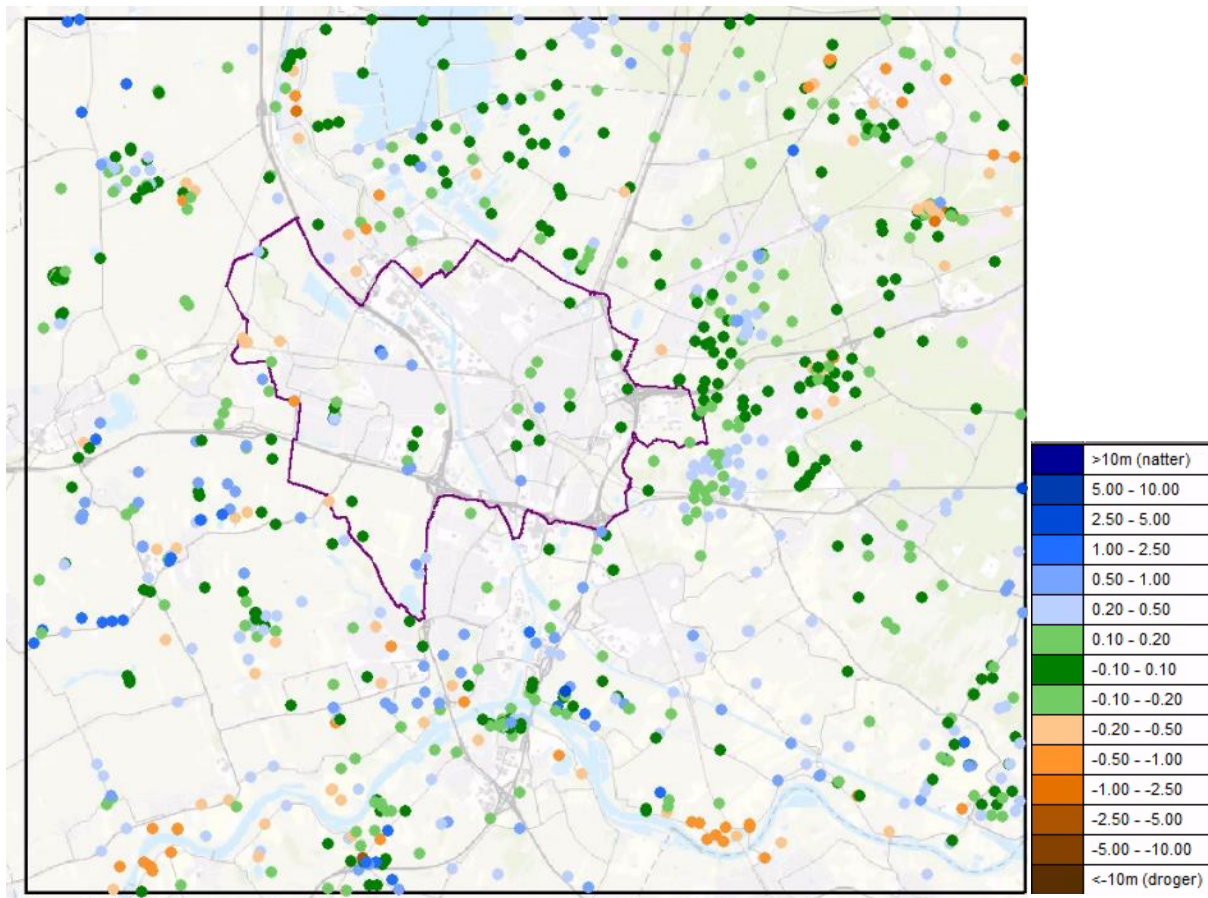
Figuur 6-8 Mean error per modellaag voor het BASIS1 en BASIS2 model voor alle modellagen. Links voor de kalibratieset, rechts voor de validatieset

6.1.4 Modelaanpassing naar aanleiding van validatie BASIS2 model

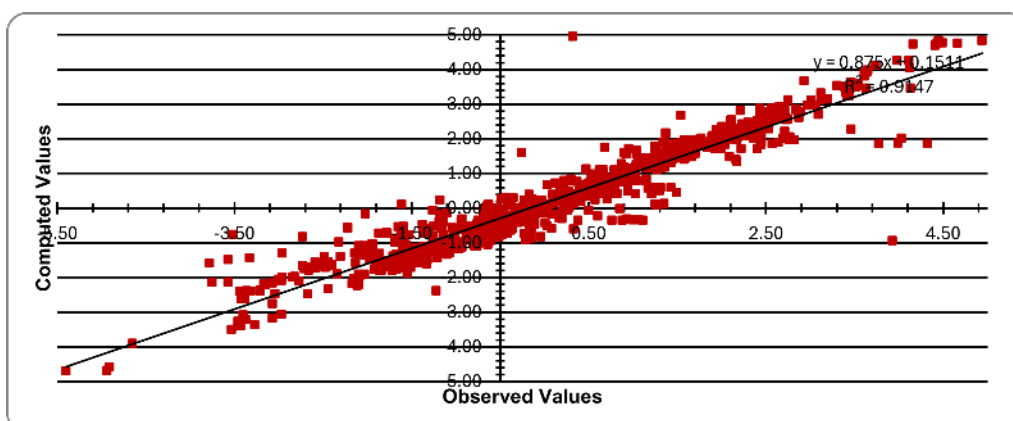
Uit een recente boring bij de Mineurslaan is het vermoeden gekomen dat de doorlatendheden van de Peize Waalre zanden in REGIS en daarmee ook in het GHM aan de hoge kant zijn. Daarom is een analyse uitgevoerd naar de doorlatendheden in de Peize Waalrezanden. Hiervoor zijn de boringen uit REGIS nader geanalyseerd en is gekeken naar pomproeven van Vitens bij Groenekan, Bunnik en De Meern. Deze analyse is opgenomen in Bijlage 2. Op basis hiervan is de kh-waarde van PZWaz2 met een factor 0,9 vermenigvuldigd en is de kh-waarde van PZWAZ3 met een factor 0,8 vermenigvuldigd.⁶

⁶ Deze discussie speelt niet alleen in de gemeente Utrecht. Ook verschillende experts binnen het vakgebied hebben twijfels geuit bij de juistheid van de doorlatendheden zoals deze in REGIS zijn opgenomen.

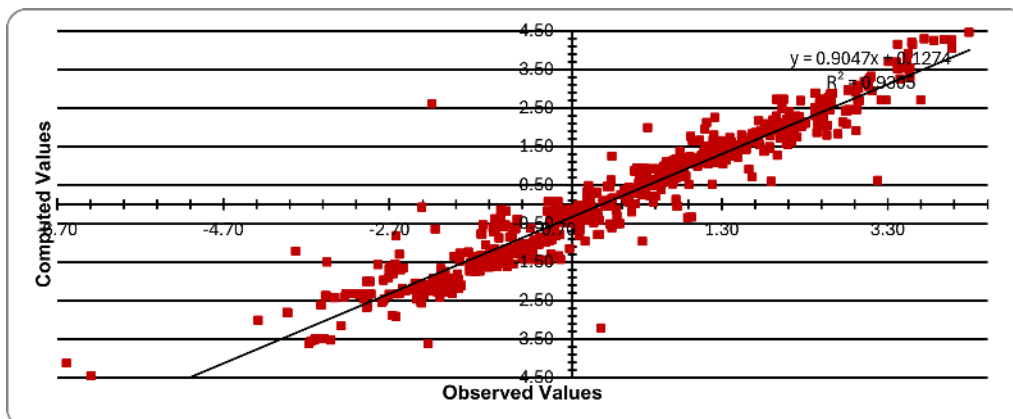
6.1.5 Modelprestatie BASIS3 model



Figuur 6-9 Modelresiduen (m) Validatie en Kalibratieset (alle modellagen) BASIS3 model 25x25m stationair binnen regiomodel-extent (blauw: berekende stijghoogte is meer dan 20cm hoger dan gemeten; oranje/bruin: berekende stijghoogte is meer dan 20 cm lager dan gemeten).



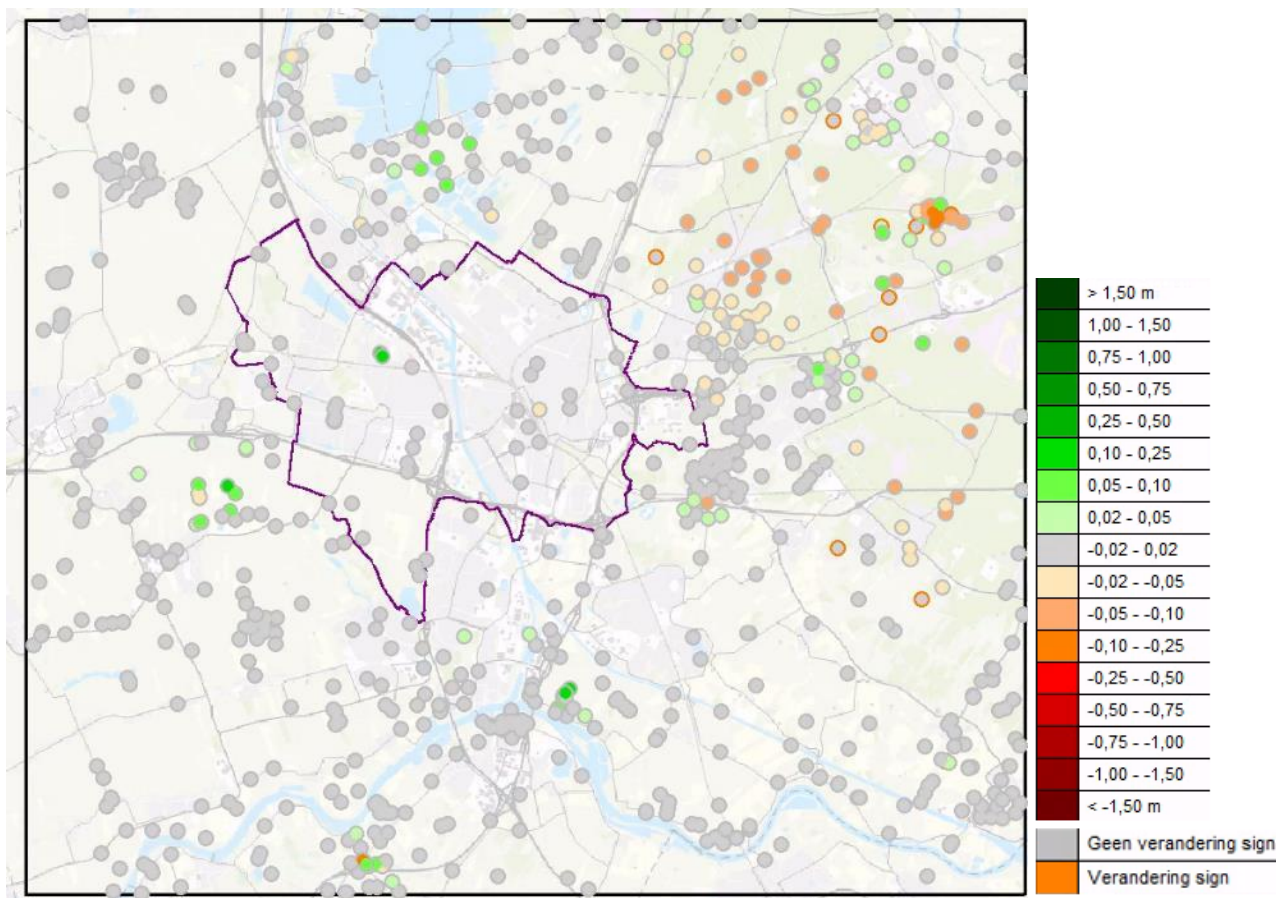
Figuur 6-10: Scatterplot BASIS3 model Kalibratieset



Figuur 6-11 Scatterplot BASIS3 model Kalibratieset

Modeleffect

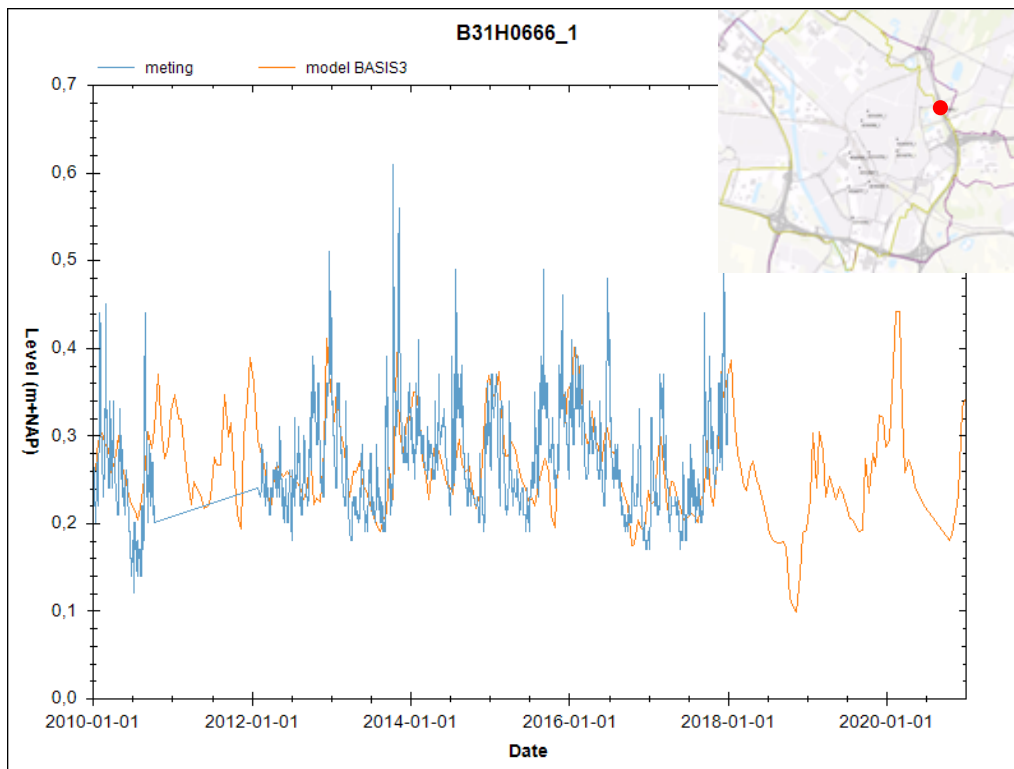
Door het aanpassen van de doorlatendheden van de Peize Waalre zanden presteert het model minder goed op de Utrechtse Heuvelrug, maar wordt het model wel beter in de lager gelegen gebieden.



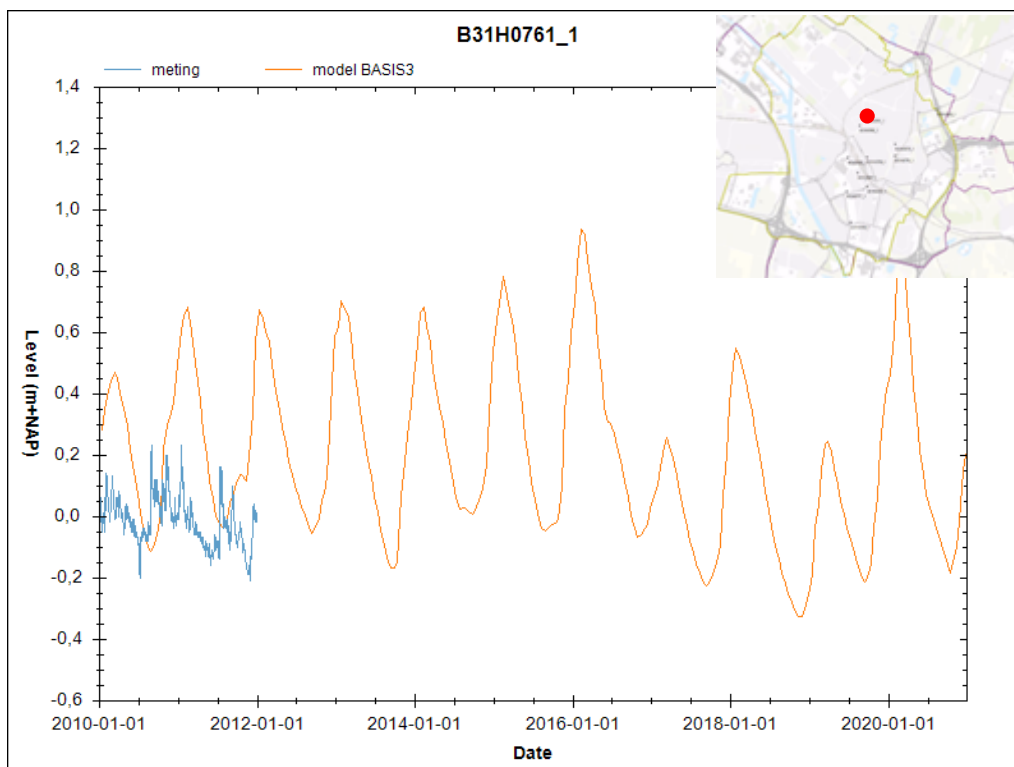
Figuur 6-12: Effect modelaanpassingen BASIS3 tov BASIS2. Kleine bolletje: groen; het residu wordt kleiner, oranje/rood; het residu wordt groter. Grote bolletje: oranje; het teken veranderd. Een verandering van teken betekent dat het effect te ver door slaat (model was bijvoorbeeld eerst te nat en nu te droog).

Prestatie tijdsafhankelijke model

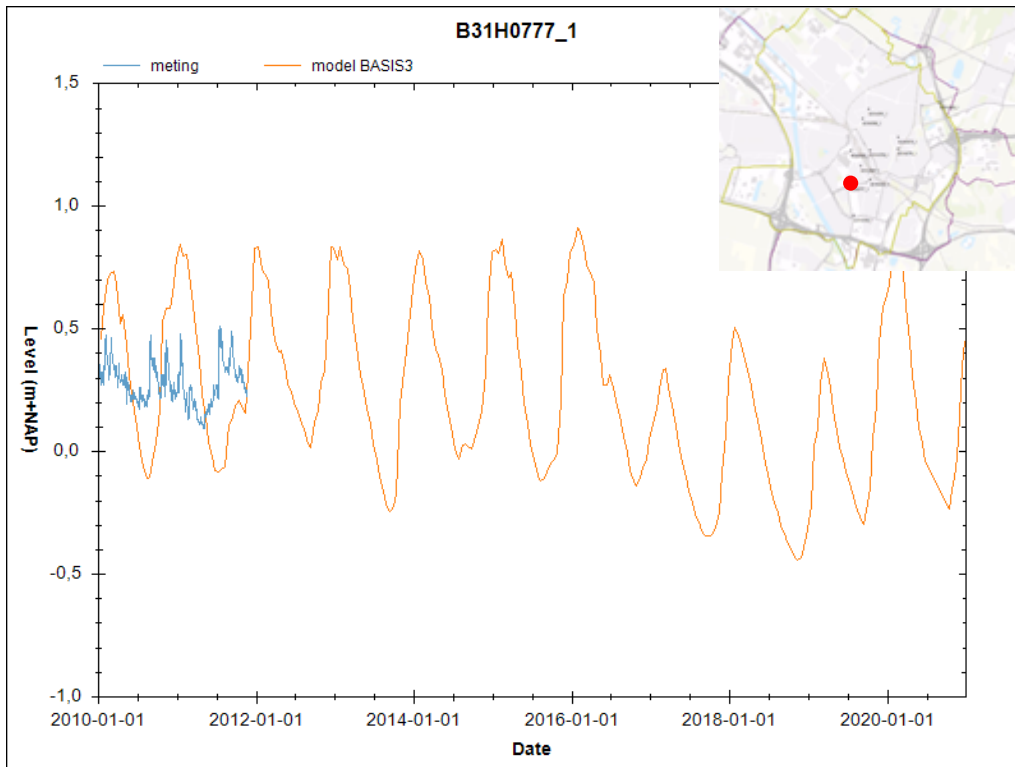
Het BASIS3 model is ook tijdsafhankelijk doorgerekend voor de periode 2010-2020. Voor een aantal freatische peilbuizen binnen de gemeentegrens is de modelberekening vergeleken met de metingen (zie Figuur 6-13, Figuur 6-14 en Figuur 6-15). Het model presteert over het algemeen goed, maar de berekende dynamiek wordt zowel onderschat (Figuur 6-13) als overschat (Figuur 6-14 en Figuur 6-15).



Figuur 6-13: Tijdstijghoogtelijn voor freatische peilbuis B31H0666001.



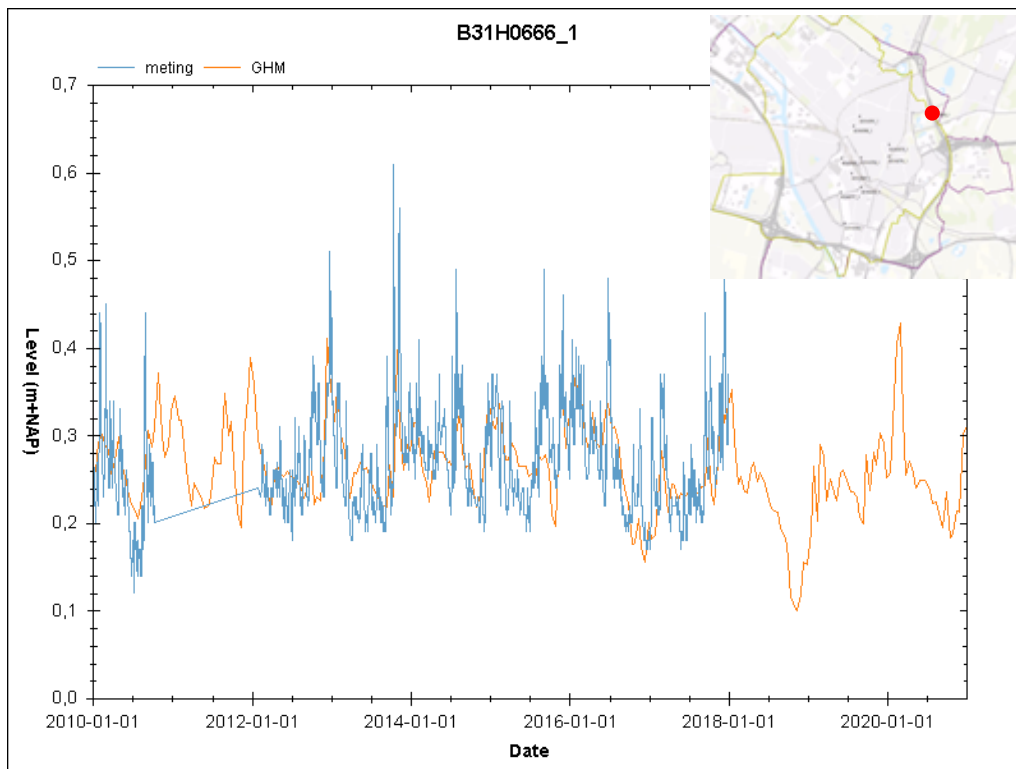
Figuur 6-14: Tijdstijghoogtelijn voor freatische peilbuis B31H0761001.



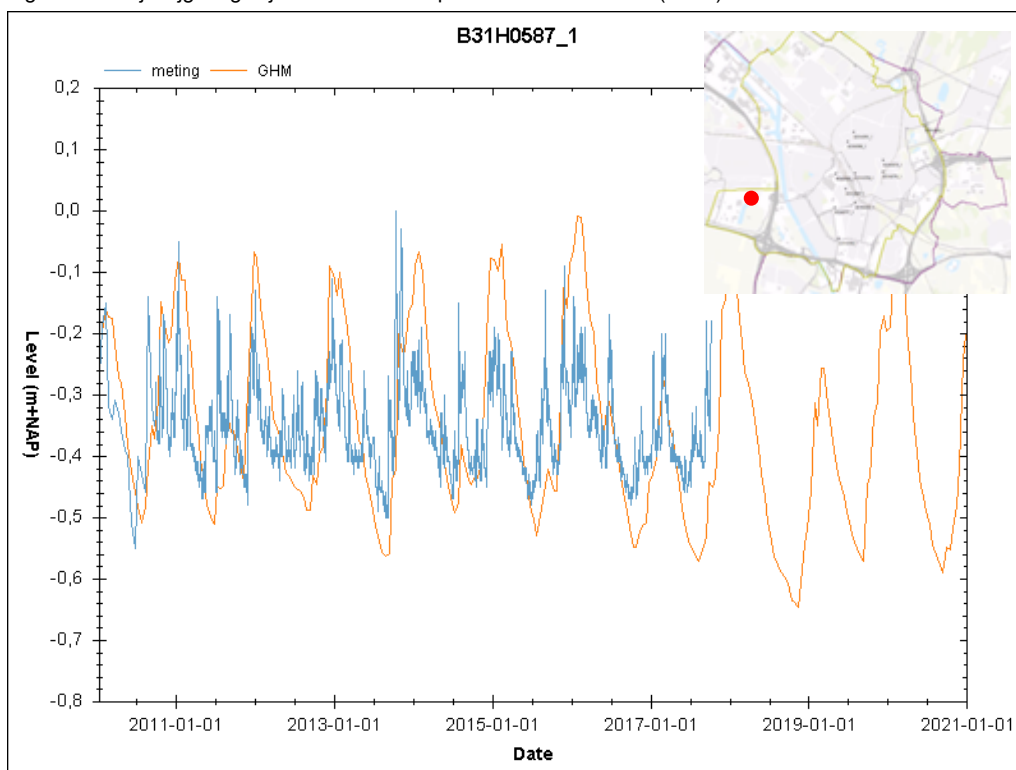
Figuur 6-15 Tijdstijghoogtelijn voor freatische peilbuis B31H0777001.

6.2 Modelprestatie GHM (BASIS4)

Van het GHM zijn tijdstijghoogtelijnen gemaakt. Deze komen sterk overeen met de resultaten van het BASIS3 model. Dit komt waarschijnlijk doordat de peilbuismetingen buiten het invloedsgebied van de OBES liggen. De resultaten van het model ter plaatse van B31H0666_1 van BASIS3 (Figuur 6-13) en het GHM (Figuur 6-16) komen sterk overeen. In Figuur 6-17 is het modelresultaat ter plaatse van een peilbuis in Kreftenheye zand opgenomen. Deze peilbuis ligt op ongeveer 9 meter min maaiveld.



Figuur 6-16 Tijdstijghoogtelijn voor freatische peilbuis B31H0666001 (GHM).



Figuur 6-17 Tijdstijghoogtelijn voor peilbuis B31H0587001.

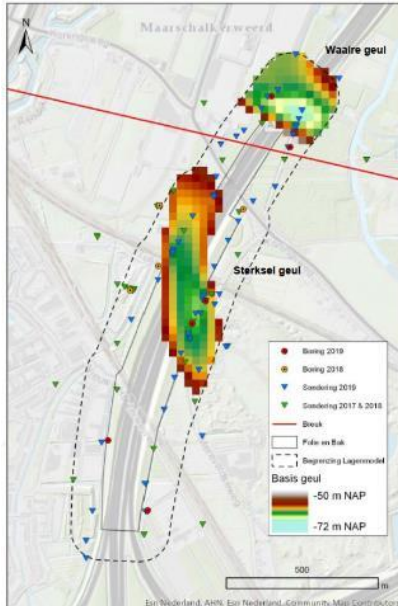
6.3 Aanbevelingen modelverbeteringen

Tijdens de ontwikkeling van het grondwatermodel zijn niet alle benoemde inzichten vertaald naar het lagenmodel. Deze inzichten zijn wel waardevol bij de doorontwikkeling van het GHM. Hieronder zijn deze inzichten kort beschreven.

6.3.1 Geulsystemen Waalreklei 1

In de modelstudie voor de verbreding van de A27 zijn aanvullende boringen uitgevoerd. Hiermee is een beter inzicht verkregen in de verbreiding, dikte en weerstand van de Waalreklei1 ter plaatse van de A27. Op enkele locaties ontbreekt de Waalreklei (of is de laag nauwelijks aanwezig). Dit staat bekend als het geulsysteem onder de A27. Het geulsysteem onder de A27 is niet opgenomen in het GHM model, de verwachting is dat het toevoegen van deze geul weinig effect heeft op verspreiding van de verontreinigingen. Eventueel kan de geul in een latere fase alsnog worden opgenomen in het model.

Uit meerdere boringen is bekend dat er meer geulsystemen bevinden in de Waalreklei1. Ook bij de boring bij de Mineurslaan zijn tussenzandlagen voorgekomen. Op dit moment is er onvoldoende inzicht in de verbreiding, dikte en doorlatendheid van deze geulsystemen om deze op te nemen in het GHM. Het is echter belangrijk om bij de interpretatie van de modelresultaten aan te nemen dat de weerstand van de Waalreklei1 lokaal lager kan zijn, waardoor verontreinigingen eerder verspreiden naar het tweede watervoerend pakket.



Figuur 6-18 geulsystemen bij A27

6.3.2 HR seismiek Lage Weide

Bij bedrijventerrein Lage Weide is met HR seismiek de weerstand van de ondergrond in kaart gebracht. Deze informatie kan bij verdere detaillering van het

ondergrondmodel mogelijk interessant zijn. In deze fase van het project is niet gekeken naar de HR seismiek informatie.

6.3.3 Verticale en horizontale anisotropie

Op dit moment is de verticale en horizontale anisotropie nog niet opgenomen in het model.

DEEL2: Waterkwaliteit

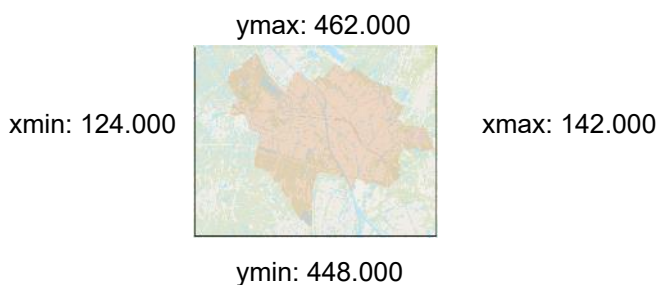
7 Modelopzet

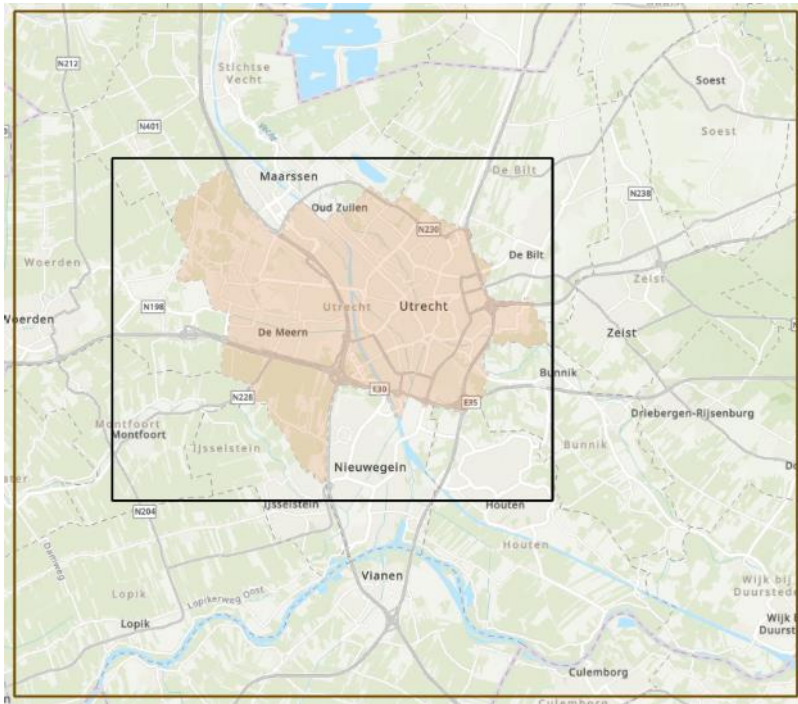
7.1 Detailmodel

Het detailmodel is een kleinere uitsnede van het regiomodel. Het detailmodel wordt gebruikt voor de waterkwaliteitsberekeningen. Het gaat uit van dezelfde basisdata als het regiomodel. Het model wordt tijdsafhankelijk op 25x25m doorgerekend. Voor het detailmodel worden variërende stijghoogte op de modelranden gebruikt. De stijghoogten op de randen zijn de modelresultaten van het regiomodel.

De randen van het extent zijn zo gekozen dat de gehele gemeente binnen het extent valt. Ook de drinkwaterwinningen van Montfoort en Linschoten ten westen van Utrecht vallen binnen het extent. Het detailmodel is toepasbaar voor de waterkwaliteitsmodellering, voor andere effectberekeningen zal moeten worden beoordeeld of het extent voldoet. Met name ingrepen aan de randen van de gemeente kunnen leiden tot randeffecten.

Het modelextent voor het detailmodel is (in RD):





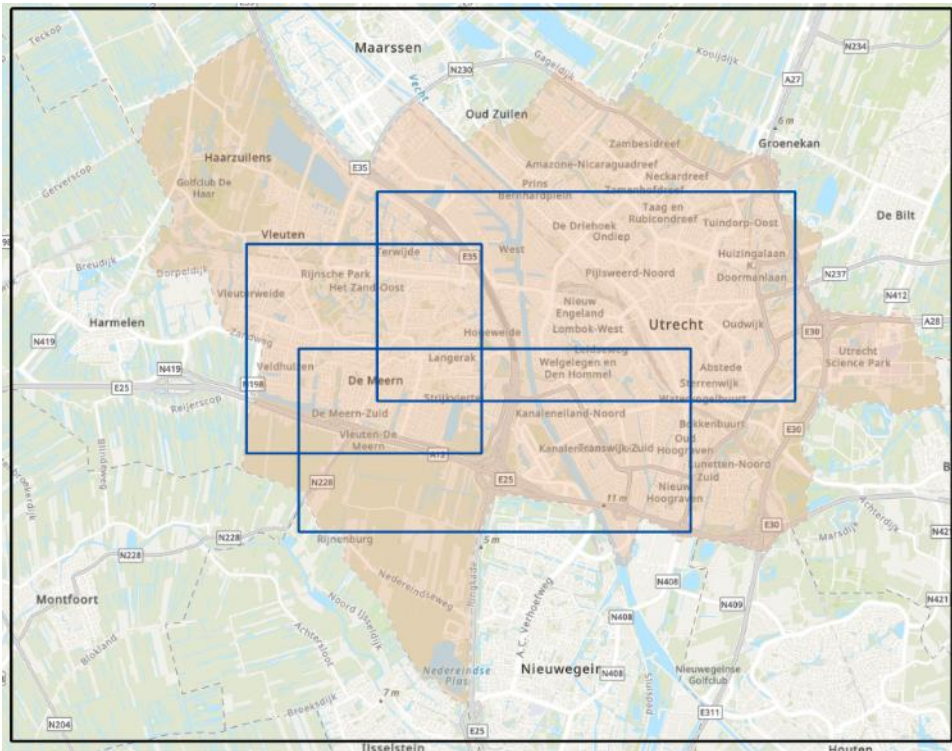
Figuur 7-1: Modelextent detailmodel

7.2 Deelmodellen

7.2.1 Deelmodellen waterkwaliteit

Voor de waterkwaliteitsmodellen zijn deelmodellen bepaald op basis van de resultaten van het waterkwantiteitsmodel (stroombaanberekeningen). Dit heeft geleid tot drie deelmodellen: Noord, West en Zuid.

De deelmodellen zijn zo gekozen dat alle relevante verontreinigingen gemodelleerd kunnen worden zonder randeffecten. Hierdoor overlappen de deelmodellen deels.



Figuur 7-2: Deelmodellen voor waterkwaliteitsmodel

7.2.2 Deelmodellen andere toepassingen GHM

Het is mogelijk om van het GHM kleinere uitsneden te maken om op lokaal niveau gedetailleerder stedelijke ontwikkelingen te modelleren. Voordeel van deze aanpak is dat het mogelijk is om kleinschalige lokale berekeningen uit te voeren zonder lange rekentijden.

7.3 iMOD-WQ versie

Voor het waterkwantiteit model wordt de quasi-3D benadering van iMODFLOW toegepast. In het iMOD-WQ is echter een volledig 3D-model wenselijk. Daarom zijn na doorrekeningen van het waterkwantiteitsmodel de modelresultaten bewerkt zodat ze in iMOD-WQ bruikbaar zijn. Dit wordt beschreven in hoofdstuk 8.

Voor de modellering is gebruik gemaakt van iMOD-WQ versie 5.6.1. Het model is uitgebreid met het onttrekken, mengen en terugpompen van verontreinigingen door OBES⁷.

⁷ Deltares (2024). Uitbreiding IMOD-WQ, Menging en recirculatie in WKO systemen.

8 Postprocessing Waterkwantiteit voor waterkwaliteit

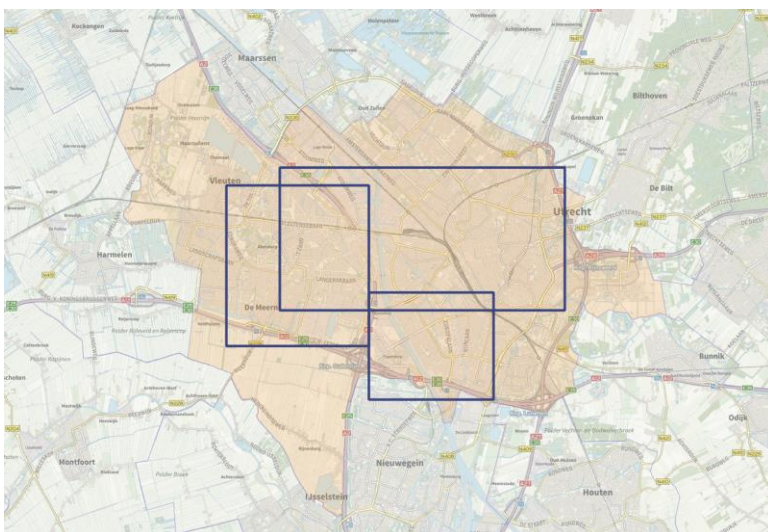
De resultaten van het waterkwantiteitmodel (iMOD) vormen de input voor het waterkwaliteitsmodel (iMOD-WQ). Echter zijn de resultaten uit het waterkwantiteitmodel niet 1 op 1 te gebruiken als modelinvoer voor het waterkwaliteitsmodel. Daarom zijn er een aantal nabewerkingen gedaan op de modelresultaten van het waterkwantiteitmodel. In dit hoofdstuk worden de nabewerkingen toegelicht:

1. Optimalisatie lagenmodel;
2. Omzetten resultaten quasi 3D naar volledig 3D.

8.1 Optimalisatie lagenmodel

De kwantiteitsmodellering gaat uit van een groter extent (detailmodel) dan de kwaliteitsmodellering (deelmodellen). Hierdoor komt het voor dat modellagen (REGIS-eenheden) wel voorkomen in het kwantiteitsmodel, maar niet in het kwaliteitsmodel. Omdat iMOD-WQ niet kan omgaan met lagen zonder dikte zijn de modelresultaten van deze lagen verwijderd en de lagen hernummerd, waarna de modelresultaten bruikbaar zijn voor het kwantiteitsmodel.

Bovenstaande aanpak is ook gehanteerd voor hele dunne lagen en lagen die maar in delen voorkomen (op locaties niet bepalend voor de kwaliteitsmodellering lees: buiten het interessegebied van de verontreinigingen).



Figuur 8-1 Deelmodellen iMOD-WQ

Voor elk deelmodel waterkwaliteit is een linktabel opgesteld. De nabewerkingen om van het lagenmodel waterkwantiteit tot het lagenmodel voor het deelmodel waterkwaliteit te komen zijn hiermee geautomatiseerd. Hierdoor zijn de bewerkingen eenvoudig te gebruiken voor andere deelmodellen.

8.2 Omzetten resultaten quasi 3D naar volledig 3D

Het waterkwantiteitmodel (iMOD) en het waterkwaliteitmodel (iMOD-WQ) verschillen in opbouw. Het iMOD model rekent quasi 3D, terwijl het iMOD-WQ model 3D rekent. Daarom is er naast de aanpassingen in de vorige paragraaf ook een nabewerking nodig om de modelresultaten om te zetten van een quasi 3D naar een 3D model. De modelfluxen worden geautomatiseerd aangepast op basis van de linktabel. Hierin worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De verticale flux (BDGFLF) van scheidende laag Lx wordt gelijkgesteld aan de verticale flux van modellaag Lx;
- De horizontale fluxen (BDGFRF en BDGFLF) van de scheidende lagen krijgen de waarde 0 m³/d;
- De boundary (BDGBND) en alle overige fluxen (BDGSTO, BDGRIV, BDGWEL en BDGDRN) van de scheidende lagen krijgen de waarde 0 m³/d.

9 Grondwaterkwaliteit parameters

De 3D-ondergrondmodel bevat veel gegevens over de kwaliteit van ondergrond en het grondwater. Echter is niet alle data volledig of bruikbaar. Uit een eerste analyse kwamen de volgende aandachtspunten naar voren:

- Het 3D-ondergrondmodel bevat veel gegevens over de verontreinigingsmassa. Desondanks zijn niet alle verontreinigingen voldoende afgeperkt om een volledig beeld te hebben van de aard en omvang van de verontreiniging. Dit komt gedeeltelijk door het ontwerp van het kwaliteitsmeetnet waarbij gekozen is voor een rasterbandering. Binnen het raster wordt enkel een deel gemeten van de vermoedelijk aanwezige verontreinigingen (en niet de bronnen en pluimen met verontreiniging) in het grondwater. Bij bekende verontreinigingslocaties (pluimen) is onderzoek uitgevoerd. Bij de bronzone geeft dit een gedetailleerd beeld. Verder van de bronzones af wordt een beperkter aantal peilbuizen ingezet. Door de afstand tussen deze meetpunten is onduidelijk hoe de concentraties zich tussen de meetpunten ontwikkelen.
- De hoeveelheid informatie over de ligging en omvang van zaklagen (puur product) is beperkt. Hierdoor zijn aanvullende inschattingen (expert judgement) nodig om de locaties en startconcentraties goed te krijgen.
- De historische vrachtberekening komt niet overeen met vrachtberekening op basis van de monitoringsronden uit meetnet Gebiedsplan.
- De afbraakcondities in Utrecht zijn voornamelijk ijzerreducerend. Reductieve dechlorering van CIS en VC zal hierdoor langzamer verlopen dan onder methanogene condities.
- De invloed van open bodemenergiesystemen op een verhoogde afbraak is niet aangetoond bij bijvoorbeeld de biowasmachine.

9.1 Analyse historische gegevens

Zaklagen

De verontreinigingen zijn over het algemeen in het verleden geloosd op het riool. Door lekkage is dit als puur product in de bodem gekomen, met name PER en TRI. Doordat deze stof zwaarder is dan water kan het zich naar beneden bewegen, leidend tot concentraties tot boven op de oplosbaarheid. In dat geval kan sprake zijn van een zaklaag. Op basis van de beschikbare verontreinigingsdata is een analyse uitgevoerd naar het voorkomen van zaklagen in de ondergrond. Hierin zijn de volgende punten meegenomen:

- Locaties waar PER en TRI voorkomt boven 5% van de oplosbaarheid van deze stoffen in water zijn gemarkeerd als verdacht op zaklagen.

- Op basis van de concentraties in diepere peilbuisfilters in het 1^e wvp wordt gekeken of de verontreiniging zich op grotere diepte bevindt.
- Bij deze locaties is gekeken naar het stijghoogteverschil tussen het 1^e wvp en het 2^e wvp. Indien er een hogere stijghoogte in het 2^e wvp is, is de kans op het stromen door de scheidende kleilaag (Waalreklei) kleiner. Over het algemeen is in het gemodelleerde gebied de stijghoogte in het 2^e wvp lager. Grondwater verplaatst zich dus van het 1^e naar het 2^e wvp.
- Het grootste risico bij de zaklagen is het bereiken van het 2^e wvp door de verontreinigingen. Er heeft weinig monitoring in het 2^e wvp plaats gevonden.

9.2 Afbraakconstanten

Voor de stoftransportmodellering is een realistisch beeld van de afbraak van verontreinigingen in de ondergrond van Utrecht noodzakelijk. Als input voor het model heeft een studie naar de afbraakconstanten plaatsgevonden (rapport Bioclear). Binnen deze studie wordt micro-aerofiele afbraak van de VOCI als belangrijk afbraakproces aangekaart. Hierbij zijn vooral de parameters bij (model)onderzoeken in de omgeving van Utrecht gehanteerd. In nadere expertreview door Deltares (...) is dit rapport niet toereikend gebleken voor de situatie in de ondergrond van Utrecht. De redoxcondities onder Utrecht verschillen met die van de eerdere onderzoeken. In Utrecht wordt vooral ijzerreducerende condities verwacht, terwijl de gerefereerde onderzoeken uit het eerdere rapport met name methanogene condities betreffen.

In bijlage 3 is het Bioclear rapport van de afbraakconstanten opgenomen.

Gezien de constatering dat het eerdere onderzoek naar afbraakconstanten niet toereikend is voor de condities in de Utrechtse ondergrond is een verdere analyse van de beschikbare data uitgevoerd. De gegevens van de monitoring in het huidige meetnet en historische bronlocaties met grondwaterverontreinigingen zijn in één overzichtstabel samengevat. Op basis van de verdeling in concentraties van de verschillende VOCI, zijn hierbij de afbraakconstanten van de verschillende VOCI relatief ten opzichte van elkaar benaderd.

Voor de benadering van de absolute waarden voor de afbraak zijn de metingen op afstand van twee pluimen met een grotere hoeveelheid metingen (Amsterdamsestraatweg en Atoomweg / Reactorweg) bekeken in combinatie met de stroomsnelheden uit het GHM. Met de combinatie van de stroomsnelheid in het model en de waarden op afstand van de verontreinigingslocatie zijn de halfwaardetijden voor PER en CIS afgeleid. De halfwaardetijden zijn uit het meetnet in Utrecht afgeleid, en geven daardoor concrete informatie over de afbraaksnelheid in het watervoerend pakket onder Utrecht.

Met de absolute waarden voor de halfwaardetijden van PER en CIS en de relatieve afbraaksnelheden tussen de verschillende VOCI zijn de absolute halfwaardetijden en afbraakconstanten vastgesteld voor ook TRI en VC. . De gehanteerde afbraakconstanten zijn weergegeven in Tabel 9.1.

Tabel 9.1 Uitgangspunten afbraakconstante VOCI

Stof	Halfwaardetijd (j)	Halfwaardetijd (d)	Afbraakconstante model (d ⁻¹)
PER	0,4	146	0,00475
TRI	0,4	146	0,00475

CIS	1,5	547	0,00127
VC	2,0	730	0,00095

9.3 Uitgangspunten stoftransportmodellering

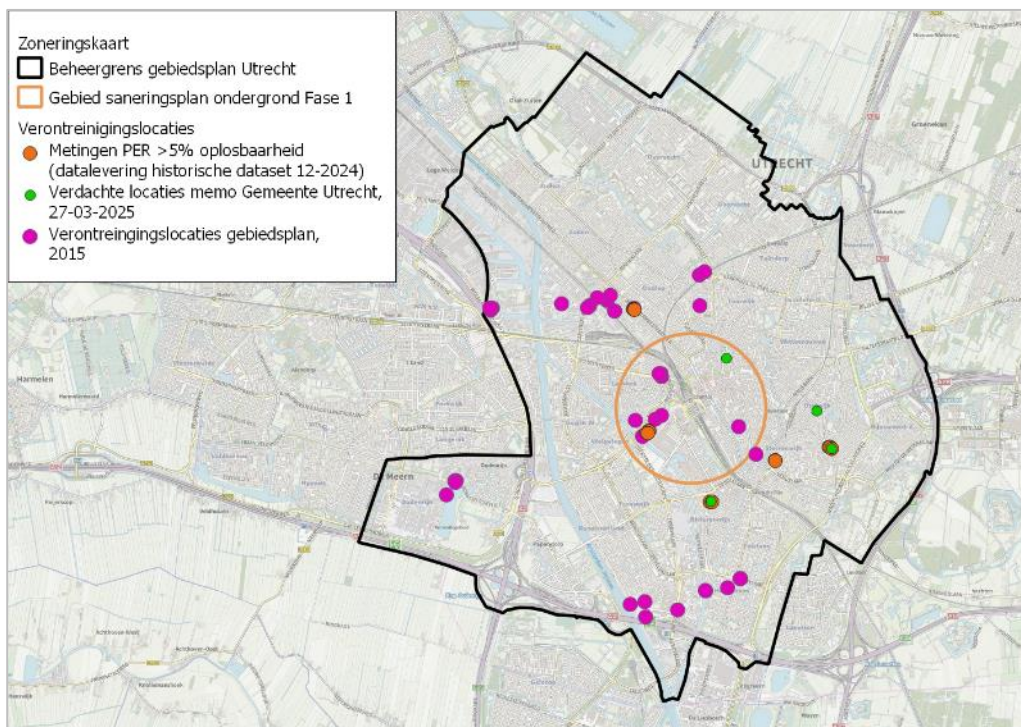
Het stoftransportmodel gebruikt het kwantitatieve geohydrologische model als input voor de fluxen tussen de modelcellen. Om het gedrag van de verschillende verontreinigingen binnen het modeldomein te modelleren zijn er meerdere parameters benodigd. De volgende uitgangspunten worden in de huidige fase van de stoftransportmodellering gehanteerd:

- De volgende retardatiefactoren worden gehanteerd voor de VOCL's. Hierbij is een (constant) organisch stofgehalte van de bodem van 0,5% aangehouden, een worst-case aanname gebaseerd op de beschikbare proefboringen. Met dit organische stofgehalte en de logK_{oc} van de VOCL's is de retardatiefactor voor de modellering bepaald. Deze is weergegeven in Tabel 9.2.

Tabel 9.2 uitgangspunten retardatie VOCL's. (Handbook of environmental data on organic chemicals)

Stof	Log K _{oc} (dm ³ /kg)	Retardatiefactor (-)	Verdelingscoëfficiënt K _d (m ³ /kg)
PER	2,2	3,45	0,00046
TRI	1,8	1,98	0,000183
CIS	1,6	1,62	0,000115
VC	0,39	1,04	0,000007

- Dispersie is opgenomen in het model Voor de longitudinale dispersiviteit, de parameter die de mate waarmee verontreinigingen zich in de grondwaterstromingsrichting verspreiden, is een waarde van 10 m aangehouden. Voor de laterale dispersiviteit is een factor van 0,1 aangehouden.
- De startconcentraties zijn gebaseerd op de beschikbare monitoring van de verontreinigingen van voor 2014. De waarden zoals opgeleverd in de datalevering uit het 3D-ondergrondmodel worden geïmplementeerd als startconcentraties.
- Op enkele locaties zijn verontreinigingen aangetroffen in het 2^e watervoerende pakket. Deze locaties worden meegenomen in de startconcentraties. Vanwege de versnipperde metingen is de
- De locaties van DNAPL/zaklagen is niet volledig in beeld. Voor de modellering van de stoftransport zorgen lagen met puur product voor nalevering van PER in het model, waardoor de concentraties van de afbraakproducten TRI, CIS en VC toenemen in de bronzone. Voor de indicatieve modellering zijn twee scenario's doorgerekend: zonder en met nalevering. De modellering met nalevering bootst naar verwachting de situatie met zaklagen het beste na. De nalevering wordt gehanteerd voor de modellering.



Figuur 9-1 Verontreinigingslocaties gebiedsplan 2014 inclusief aanvulling gemeente Utrecht

Tabel 9.3 Te ontvangen data verontreinigingen.

Naam	Toelichting	Type	Benodigde informatie voor basisdata	Beoordeling datakwaliteit (is alle benodigde informatie bekend)	Omzetten naar basisdata (via workflow of eenmalig)	Voorstel voor omzetten basisdata naar modelinvoer
DNAPL/zaklaag		Pdf	Ligging, diepte ligging, concentratie	Sweco/Bioclear beoordeelt data	Workflow	
Afbraakconstante	Constanten voor afbraak CIS en VC	Nvt	Constante voor PER, TRI, CIS en VC	Voorstel door Bioclear, goedkeuring door gemeente. Analyse gegevens monitoringnet (concentratieverdeling)	Eenmalig	
Verontreinigingspluimen (monitoringsdata verontreinigingen)		Shape	Ligging, diepte, concentratie, bron van VO	Data wordt as-is overgenomen, geen controle op de data	Eenmalig	

9.4 Analyse zaklagen en startconcentraties

Om de historisch ontstane zaklagen te modelleren wordt de concentratie PER vastgezet bij deze locaties. In de modelcel waarin de waarneming heeft plaatsgevonden wordt de concentratie PER vastgezet. Voor de precieze afperking van zaklagen in de diepte is zeer gedetailleerd onderzoek met een grote marge voor fouten nodig. Om deze reden wordt de Op deze locaties wordt de concentratie geëxtrapoleerd naar de gehele diepte van het 1^e wvp. Zodoende wordt een 'kolom' PER nagebootst ter plaatse van de waarneming. Dit is een worst-case benadering van de beschikbare data. Het meten van de hoge concentratie PER betekent niet dat in de werkelijke situatie de concentraties door geheel het 1^e wvp verhoogd zijn.

In overleg met de gemeente is een analyse gemaakt van de startconcentraties en zaklagen. In bijlage 4 is deze analyse opgenomen. In de analyse is bekeken bij welke monitoringslocaties concentraties van PER of TRI boven de 5% oplosbaarheidsgrens zijn gemeten. Deze hoge concentraties kunnen indicatief zijn voor een verontreiniging met puur product, waardoor een zaklaag is gevormd.

Er zijn geen locaties met TRI boven de 5% oplosbaarheidsgrens aangetroffen. Bij zeven locaties is PER boven de 5% oplosbaarheidsgrens aangetroffen. Het betreffen de volgende locaties:

- Jaarbeurs, Graadt van Roggenweg
- Amsterdamsestraatweg
- Noteboomlaan
- Kromhoutkazerne
- Drakenplein, Rijnlaan
- Oudegracht
- Baanstraat

Bij de Jaarbeurs / Graadt van Roggenweg en de Amsterdamsestraatweg zijn aanwijzingen voor de aanwezigheid van verhoogde concentraties PER op grotere diepte, wat op dichtheidsstroming duidt. Door de hoge concentraties in de bronzone wordt verwacht dat de verontreinigingen als puur product geloosd zijn. Het vaststellen van zaklagen is zeer gevoelig voor fouten door de diepte en het onvoorspelbare gedrag van de verspreiding van de stoffen. Het voorkomen van zaklagen is op geen van de locaties uit te sluiten.

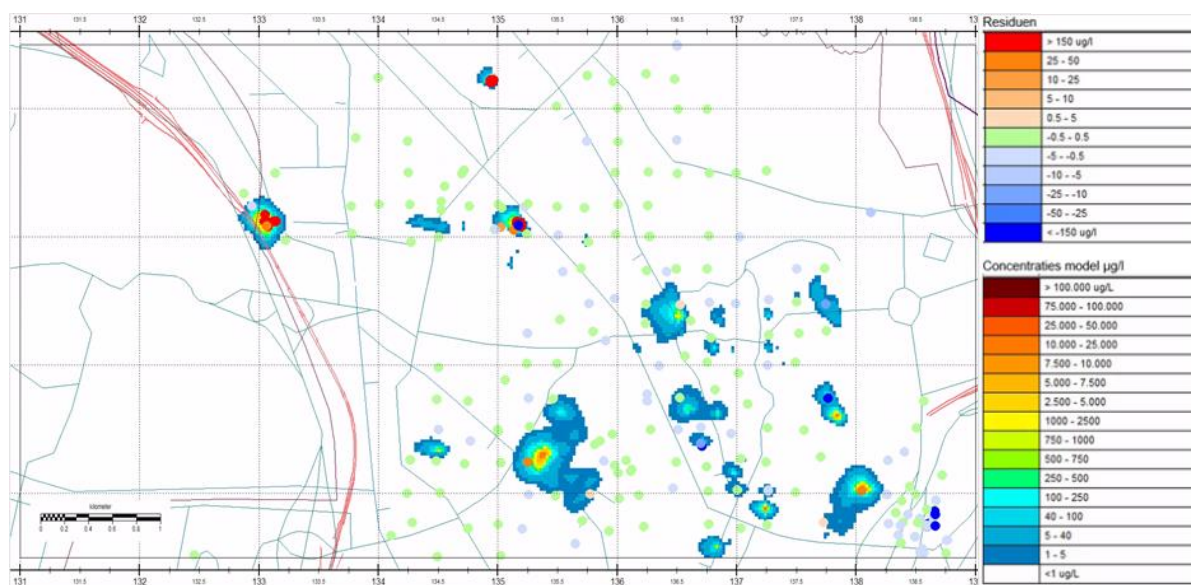
Verder onderzoek en verdere monitoring zijn nodig door de beperkte data omtrent de concentraties in de bronzone en eventuele zaklagen in de Utrechtse ondergrond. Voor de stoftransportmodellering worden de zeven bovenstaande locaties als verdacht op zaklagen benaderd en wordt nalevering van PER meegenomen in het model.

10 Modelprestatie en kalibratie

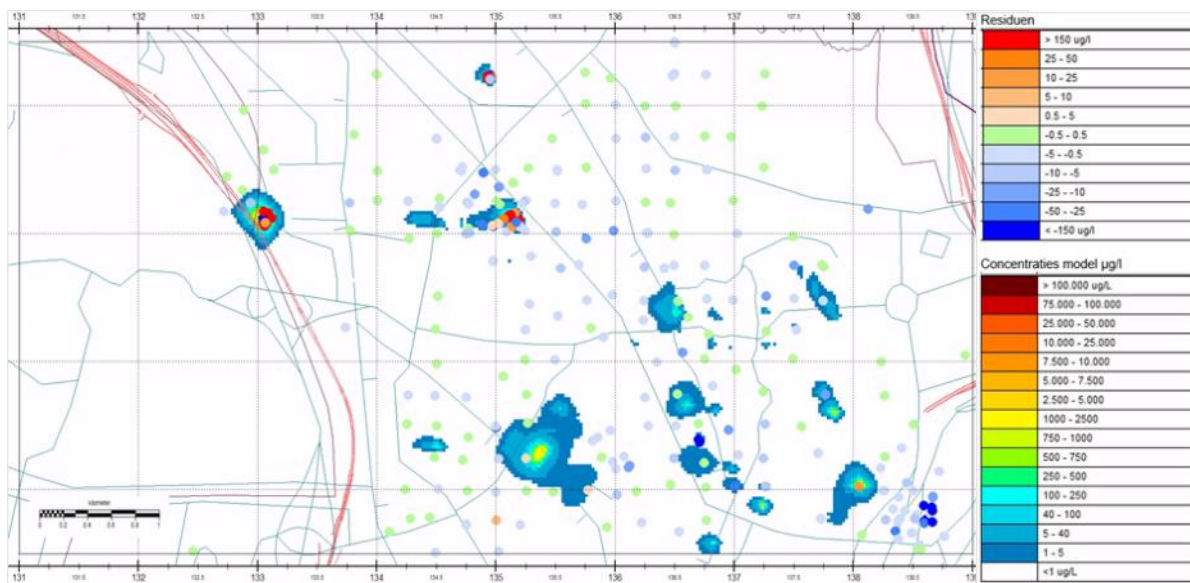
10.1 Validatie waterkwaliteit

De resultaten van het stoftransportmodel worden gevalideerd door deze te vergelijken met de beschikbare metingen van verontreinigingen. Hiermee kan worden geanalyseerd of er data in de modellering mist of dat parameters verkeerd zijn ingeschat. Hierbij worden de resultaten voor CIS en VC bekeken. Deze stoffen verspreiden verder en zijn hierdoor maatgevend voor de risico's van de VOCl-verontreinigingen. Ook zijn CIS en VC in een groter deel van het meetnet aangetroffen, waardoor de verspreiding beter vergeleken kan worden met de uitgangspunten van het model.

In Figuur 10-1 en Figuur 10-2 zijn de resultaten van eerste validatie berekeningen van CIS en VC weergegeven. De figuren laten zowel de berekende concentraties zien als de gemeten waarden (bolletjes). De kleur van het bolletje geeft aan of het model te laag (blauw bolletje) of te hoog (rood bolletje) zit in vergelijking met de gemeten waarden. Weergegeven in de figuren zijn de maximale concentraties in een modellaag in het 1^e WVP, in combinatie met de residuen bij de monitoring na 2014. De metingen zijn vergeleken met het modelresultaat op 2020-01-01.



Figuur 10-1: analyse metingen en berekeningen CIS in 2020



Figuur 10-2: analyse metingen en berekeningen VC in 2020

In de monitoringsdata zijn alleen de peilbuizen met metingen opgenomen. De waarden onder 0,2 µg/l worden niet getoond (vanwege de rapportagegrens).

Uit de figuren blijkt dat de pluimen de werkelijke situatie te benaderen. Een duidelijke afwijking hierop is in het zuidoosten van het centrum deelmodel, bij de Galgenwaard. Bij de Galgenwaard zijn in de (beperkte beschikbare) gegevens rond 2014 nauwelijks verhoogde concentraties aangetroffen. Hierdoor wordt de verontreiniging niet goed gemodelleerd. Na 2014 heeft hier meer monitoring plaatsgevonden waardoor de residuen een grote fout laten zien in de bronzone. De bronlocatie is hier niet opgenomen in de startconcentraties. Omdat bij de locatie geen zaklaag wordt verwacht en de grondwaterstromingsrichting westelijk gericht is, worden geen negatieve effecten van deze pluimlocatie verwacht.

Binnen de andere pluimlocaties worden de concentraties CIS en VC meer overschat dan onderschat door het model. De meest waarschijnlijke oorzaak hiervan ligt bij de huidige definitie van startconcentraties. PER is in de startconcentraties opgenomen met de hoogst gemeten waarde. Door de afbraak hiervan bij de bronzones worden hoge concentraties CIS en VC bij de monitoringspunten berekend.

Voor de verspreiding van de verontreinigingen (ook in de toekomstige situatie) is de verspreidingsrichting van groter belang. Door het hele gebiedsplan lijkt de verspreiding van CIS redelijk benaderd te worden. De verspreiding van VC met lage concentraties wordt onderschat, met name ten noorden van de Amsterdamsestraatweg (ASW) en in het gebied tussen de Jaarbeurs, ASW en de Oudegracht. Het betreffen met name waarnemingen van enkele µg/l VC.

De verlaagde gemodelleerde concentraties ligt mogelijk aan de kortere modelleerperiode, waardoor de verontreinigingen zich niet zo ver verspreiden vanuit de bronzones. Een andere verklaring kunnen de aannames voor de startconcentraties zijn, die hier dus missen voor de korte modelleerperiode. Ook

Bij deze modellering is geen nalevering gebruikt, bij het modelleren met nalevering werden de waarden voor de verontreinigingen (doorstromen van de cellen)

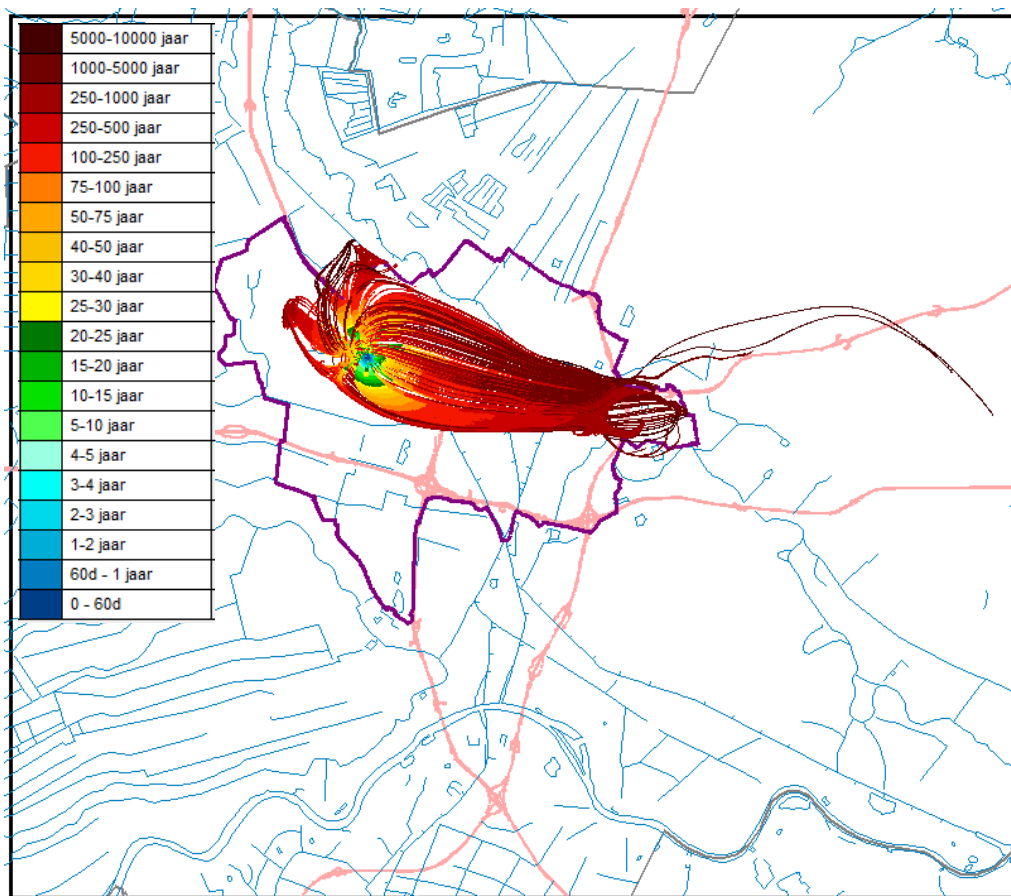
exponentieel groot. We stemmen met Deltares af hoe we dit het best aan kunnen pakken. De startconcentraties van PER zijn dermate hoog dat er in de modelleerperiode van 6 jaar in essentie nog nalevering plaats vindt door de afbraak van PER vanuit de cellen met een startconcentratie.

DEEL3: Modelresultaten

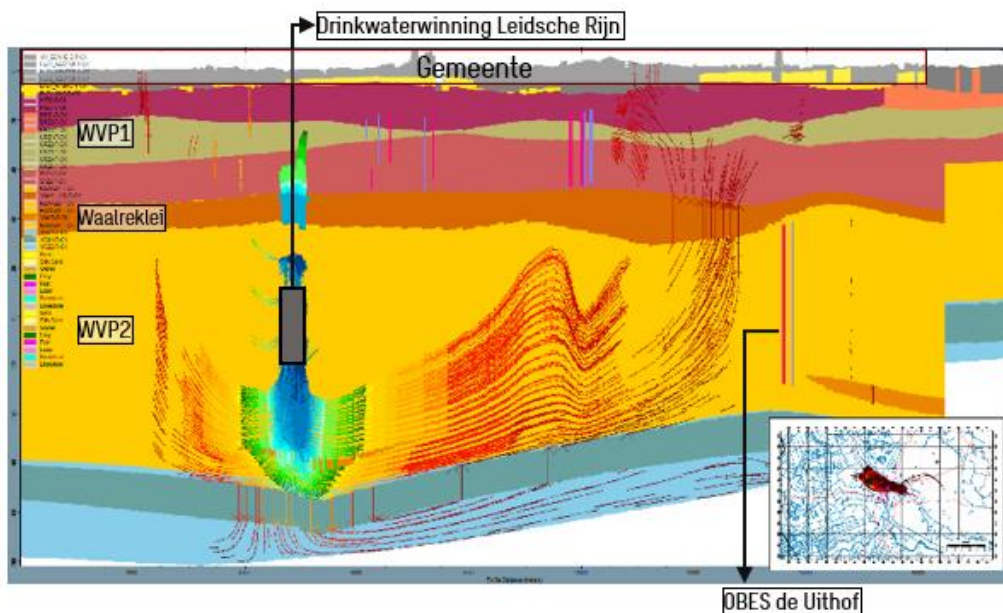
Stroombanen

Om een gevoel te krijgen van de grondwaterstromingen zijn de stroombanen vanaf drinkwaterwinning Leidsche Rijn berekend. In Figuur 10-3 zijn de stroombanen in het horizontale vlak weergegeven. Hierbij is goed de oorsprong van het grondwater te zien. Op de donkerrode locaties doet het water er het langst over om in de drinkwaterwinning te komen, ongeveer 1000 jaar.

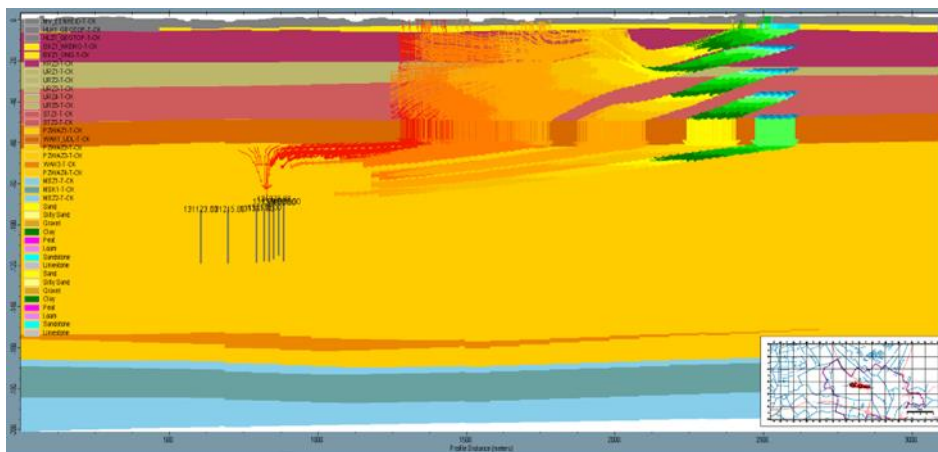
In Figuur 10-4 zijn de stroombanen in het verticale vlak weergegeven in een dwarsdoorsnede. In deze dwarsdoornede zijn niet alle stroombanen weergegeven, maar alleen diegene die het vlak kruisen. Hierbij zijn ook de open bodemenergiesystemen weergegeven. Het water dat in de winning Leidsche Rijn wordt afgevangen infiltreert nog net binnen de gemeente Utrecht, tussen de A27 en Zeist.



Figuur 10-3: Stroombanen vanaf de winning Leidsche Rijn (terugwaartse berekening) zomer situatie.



Figuur 10-4: stroombanen terugwaartse berekening vanaf drinkwaterwinning Leidsche Rijn stationaire situatie (zomer). In grijs de onttrekkingsputten Leidsche Rijn. In Roze de OBES-putten die in de zomer onttrekkingen, in lichtpaars de OBES-putten die in de zomer infiltreren.



Figuur 10-5: stroombanen voorwaartse berekening vanaf verontreinigingslocatie Atoomweg. Grootste deel van de stroombanen wordt opgevangen door drinkwateronttrekking Leidsche Rijn.

Referenties

Royal HaskoningDHV en Sweco, 2023. NHI Grondwater Data en Tooling. Beschrijving modelinstrumentarium. RHDHV-rapport BI3042-101-100-RHD-XX-XX-RP-X-0002. 30 juni 2023.

Royal HaskoningDHV en Sweco, 2024. Opzet en kalibratie AZURE2.0. RHDHV-rapport BJ1238-101-100-RHD-XX-XX-RP-X-0002. 18 november 2024.

Bijlage 1 Ontvangen data

Onderstaande tabel geeft een overzicht van alle ontvangen data. Voor elk onderdeel is een verwijzing opgenomen naar de paragraaf waarin de dataverwerking in het GHM nader wordt toegelicht. Voor data die niet wordt opgenomen in het model is een korte toelichting opgenomen met de reden voor niet opnemen.

Naam	Type	Datum ontvangen	Ontvangen van	Komt terug in paragraaf / Toelichting niet opnemen in het GHM
Parkeerkelders (polygonen) ONDERGRONDMODEL_KELDER_ PARKEERKELDERS_polygon	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Toevoegen ondergrondse assets – Barrières
Werfkelders (polygonen) ONDERGRONDMODEL_WERVEN_ WERFKELDERS_polygon	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Toevoegen ondergrondse assets – Barrières
BAG kelders (polygonen) ONDERGRONDMODEL_KELDER_ BAGKELDERS_polygon	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Toevoegen ondergrondse assets – Barrières
Damwanden (polygonen) (bevat damwanden en beschoeiingen) ONDERGRONDMODEL_ DAMWANDEN_polygon	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Nieuwste levering ontvangen op 1 augustus 2024
ONDERGRONDMODEL_RIOLERING_ LEIDINGEN_point	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Puntlocaties (12) onvoldoende informatie om op te nemen in het model.
ONDERGRONDMODEL_RIOLERING_ LEIDINGEN_line	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Toevoegen ondergrondse assets – Riolering
ONDERGRONDMODEL_WKO_ OPEN_polygon	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Toevoegen ondergrondse assets – WKO
ONDERGRONDMODEL_WKO_ OPEN_INVLOED_polygon	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Invloedsgebied van WKO geen onderdeel voor GHM
ONDERGRONDMODEL_WKO_ GESLOTEN_polygon	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Toevoegen ondergrondse assets – WKO
ONDERGRONDMODEL_WKO_ GESLOTEN_INVLOED_polygon	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Invloedsgebied van WKO geen onderdeel voor GHM
ONDERGRONDMODEL_ HISTORISCHE_ WATERPUTTEN_ellipse	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Verwachte inspanning hoog in verhouding tot meerwaarde voor modelresultaten
ONDERGRONDMODEL_WERVEN_ WERVEN_polygon	SHP	20-10-2023	Bart Jannink	Ligging werven, niet relevant voor GHM. Mogelijk voor optimaliseren maaiveldniveau.
Rapportage proefboring Utrecht	PDF	23-10-2023	Fred Neef	Dit is een oudere versie. Op 3 november de definitieve versie ontvangen van Johan Valstar
Samenvatting resultaten slug injection tests - v02	PDF	23-10-2023	Fred Neef	PowerPoint presentatie met samenvatting van resultaten uit het onderzoek WKO 2e WVP Utrecht aanvullende voorwaarden

WKO 2e WVP Utrecht aanvullende voorwaarden - definitief	PDF	23-10-2023	Fred Neef	Detailleren ondergrondmodel
80928_uitdraai_stijghoogte	Excel	23-10-2023	Fred Neef	Validatieset
80928-1_alle_wsms_pbs	Excel	02-11-2023	Fred Neef	Excel-bestand bevat dezelfde informatie als bovenstaande Excel: 80928_uitdraai_stijghoogte
GWS_2022109_gecombineerd	PDF	02-11-2023	Fred Neef	Validatieset
Rapportage proefboring Utrecht - definitief (1)	PDF	03-11-2023	Johan Valstar	Detailleren ondergrondmodel
Samenvatting resultaten slug injection tests (versie 2)	PDF	03-11-2023	Johan Valstar	Document op 23 oktober al ontvangen van Fred Neef
RUD alle x en y WKO stad Utrecht	Excel	10-11-2023	Maurice Henssen	Toevoegen ondergrondse assets – WKO
RUD jaar ingebruikname WKO systemen Utrecht	Excel	10-11-2023	Maurice Henssen	Toevoegen ondergrondse assets – WKO
RUD onttrokken hoeveelheden WKO Utrecht 2012-2019	Excel	10-11-2023	Maurice Henssen	Nieuwere levering ontvangen op 02-08-2024
WKO_Utrecht_13-09-2021	Excel	10-11-2023	Maurice Henssen	Nieuwere levering ontvangen op 02-08-2024
Grondlagen	Excel	17-11-2023	Bart Jannink	Niet opnemen. Bodemopbouw AZURE+UGM is de basis. Verwachte inspanning hoog in verhouding tot meerwaarde voor modelresultaten
IsohyphenGHG20112019	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Validatieset
IsohyphenGLG20112019	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Validatieset
IsohyphenGMG20112019	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Validatieset
TI_Export_laaggegevens_07012015	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Detailleren ondergrondmodel
TI_Export_meetpunt gegevens_07012015	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Informatie over maaiveldhoogte van locatie boringen in bovenstaande shapefile. In principe niet nodig voor bepalen dikte antropogene ophooglaag. Mogelijk bij nadere analyse wel relevant.
RioolLeidingDoorsnijdingSlecht DoorlatendeLaagGemBOBVariant1	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Toevoegen ondergrondse assets – Riolerings
https://gu-geo.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1c414925d2744c39bf5dec1920709332	Website (URL)	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Toevoegen ondergrondse assets – Riolerings
Handboek openbare ruimte (blz 284)	PDF	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Grondwateraanvulling in stedelijk gebied
oracle_spatial_oracle_spatial2geodatabase_file.fmw	FME export	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Omzetting van data met FME naar SHP bestanden. SHP bestanden ook in export van geodatabase ontvangen.

none2none.fmw	FME export	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Omzetting van data met FME naar SHP bestanden. SHP bestanden ook in export van geodatabase ontvangen.
WaterdoorlatendeVerharding NonKolkOverlap	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Grondwateraanvulling in stedelijk gebied
VerticaleDrainagePut	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Grondwateraanvulling in stedelijk gebied
Infiltratieriool	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Toevoegen ondergrondse assets – Riolering
HorizontaleDrainage	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Grondwateraanvulling in stedelijk gebied
Infiltratiekattenveld	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Grondwateraanvulling in stedelijk gebied
BegroeidTerreindeel MetWadiFunctie	SHP	17-11-2023	Bernadette Raaijmakers	Grondwateraanvulling in stedelijk gebied
Totale_groenkaart_Cobra_v	SHP	21-12-2023	Jos Goris	Onderstaande informatie voldoende voor GHM
Cobra_groen_op_maaiveld _binnen_GU_v	SHP	21-12-2023	Jos Goris	Grondwateraanvulling in stedelijk gebied
Cobra_bladerdek_binnen_GU_v	SHP	21-12-2023	Jos Goris	Bovenstaande informatie voldoende voor GHM
Zoneringskaart Gebiedsplan	SHP	18-03-2024	Fred Neef	Zone voor gebiedsplan
Damwanden - Polyline	SHP	01-08-2024	René Koopman	Toevoegen ondergrondse assets – Barrières
Open_WKO	SHP	02-08-2024	René Koopman	Toevoegen ondergrondse assets – WKO
Grondwaterwinning_derdern	SHP	04-11-2024	René Koopman	Data met informatie over onttrekkingen derden. De data is vergeleken met de input van AZURE en er is geen aanvullende data die in AZURE ontbreekt. De data wordt dus niet opgenomen in het GHM

Bijlage 2 Analyse doorlatendheid Peize Waalre zanden

Uit een recente boring bij de Mineurslaan is het vermoeden gekomen dat de doorlatendheden van de Peize Waalre zanden in REGIS en daarmee ook in het GHM aan de hoge kant zijn. Daarom is een analyse uitgevoerd naar de doorlatendheden in de Peize Waalrezanden. Hiervoor zijn de boringen uit REGIS nader geanalyseerd en is gekeken naar pompproeven van Vitens bij Groenekan, Bunnik en De Meern.

Analyse pompproeven Vitens

In Tabel 10.1 is een overzicht gegeven van de resultaten van pompproeven bij drie drinkwaterwinningen van Vitens. Alle pompproeven zijn uitgevoerd in het tweede watervoerend pakket. Dit betreft de REGIS eenheden PZWAZ2 en PZWAZ3. In Tabel 10.2 is een overzicht gegeven van de doorlatendheden in REGIS ter plaatse van de drinkwaterwinningen van Vitens.

Tabel 10.1: Resultaten pompproeven bij drinkwaterwinningen Vitens

winning	jaar proef	dikte wvp2	kD min	kD max	k min	k max
Groenekan	1983	78	3100	3300	39.7	42.3
Bunnik	1987	50	2500	3200	50.0	64.0
De Meern	1982	39	1900	2000	48.7	51.3

Tabel 10.2: Globale doorlatendheden in REGIS t.p.v. de drinkwaterwinningen van Vitens

winning	K waarde REGIS	K waarde REGIS
	PZWAZ2	PZWAZ3
Groenekan	51	57
Bunnik	58	63
De Meern	61	-

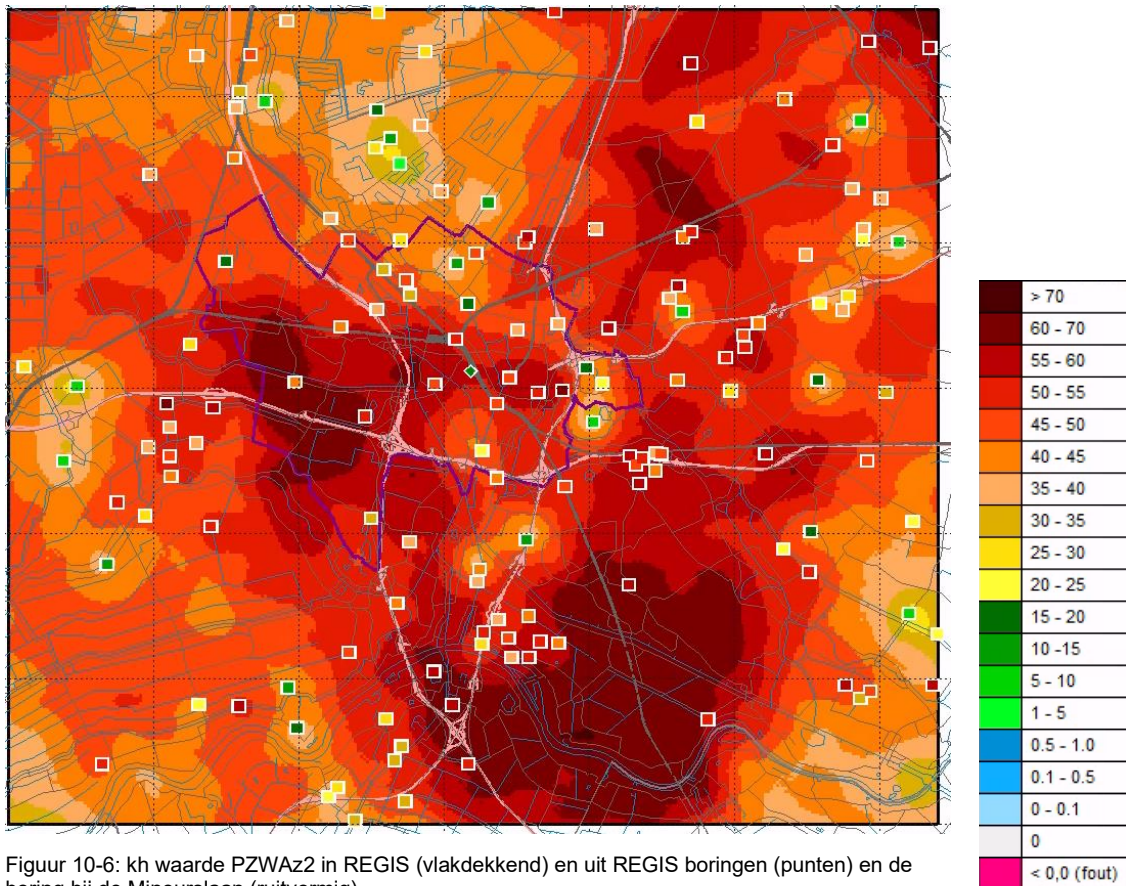
Voor PZWAZ2 ligt de kh-waarde in REGIS bij Bunnik tussen de minimale en maximale kh waarden uit de pompproeven. Voor de winningen Groenekan en De Meern liggen de kh-waarden in REGIS boven de maximale kh-waarden uit de pompproeven. Om op een kh-waarden tussen de minimale en maximale kh uit de pompproeven te komen is vermenigvuldiging met een factor van 0.82 nodig. De waarden liggen dan aan de bovengrens van de maximale kh-waarde uit de pompproeven. (kh Groenekan: $0.82 \cdot 51 = 41.8$ en kh De Meern: $0.82 \cdot 61 = 50.0$).

Voor PZWAZ3 ligt de kh-waarde in REGIS bij Bunnik tussen de minimale en maximale kh waarden uit de pompproeven. Voor de winning Groenekan ligt de kh waarde boven de maximale kh waarde. Door deze kh waarde met een factor 0.73 te vermenigvuldigen zou de kh-waarden onder de maximale kh waarde uit de pompproef komen ($0.73 \cdot 57 = 41.6$). De winputten van De Meern liggen alleen in PZWAZ2, daarom is voor deze winning geen vergelijking uitgevoerd met het pakket PZWAZ3.

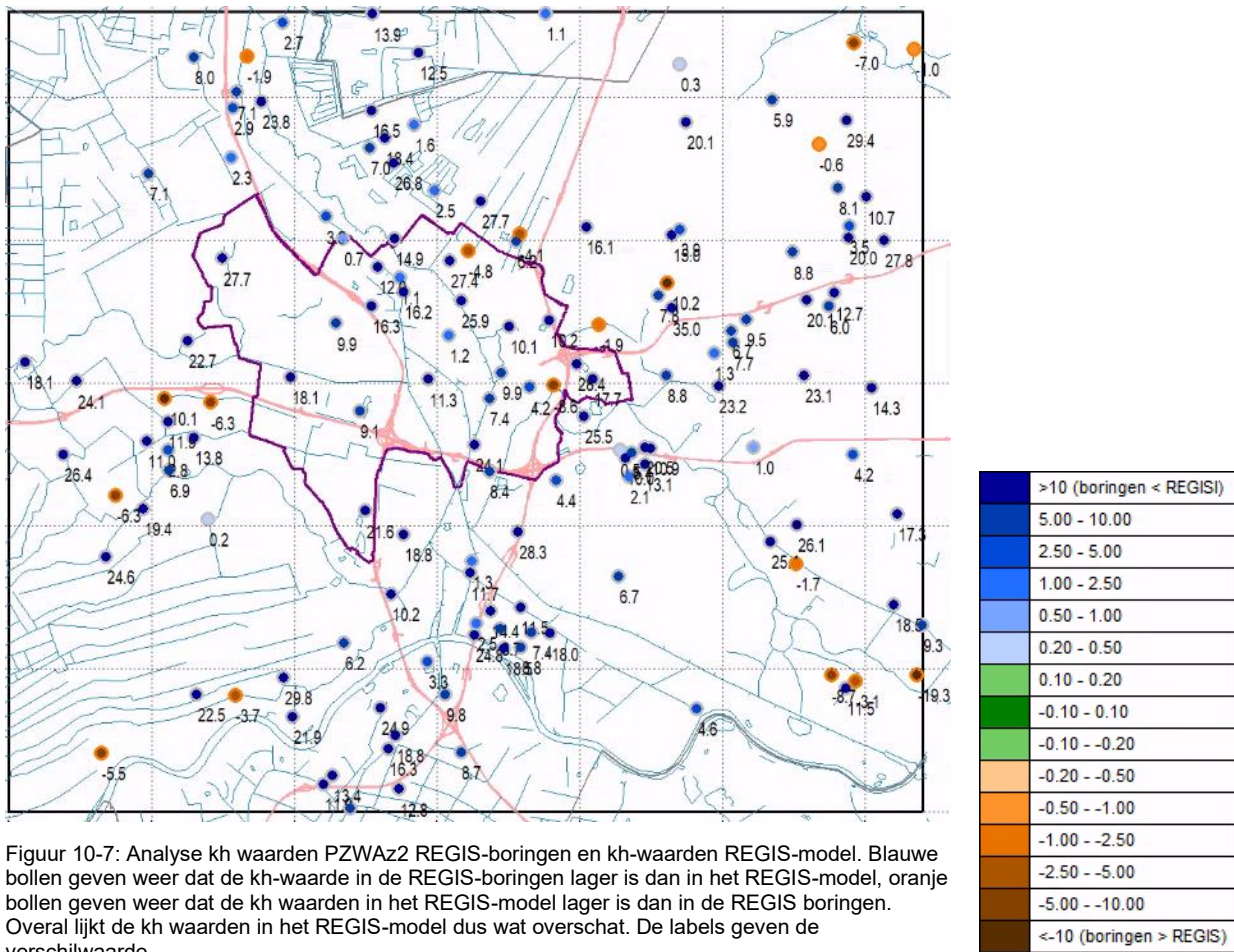
Op basis van de pompproeven liggen de kh-waarden in REGIS liggen deels aan de hoge kant. Een verlaging van de kh-waarden zou niet onrealistisch zijn.

Analyse REGIS boringen PZWaz2

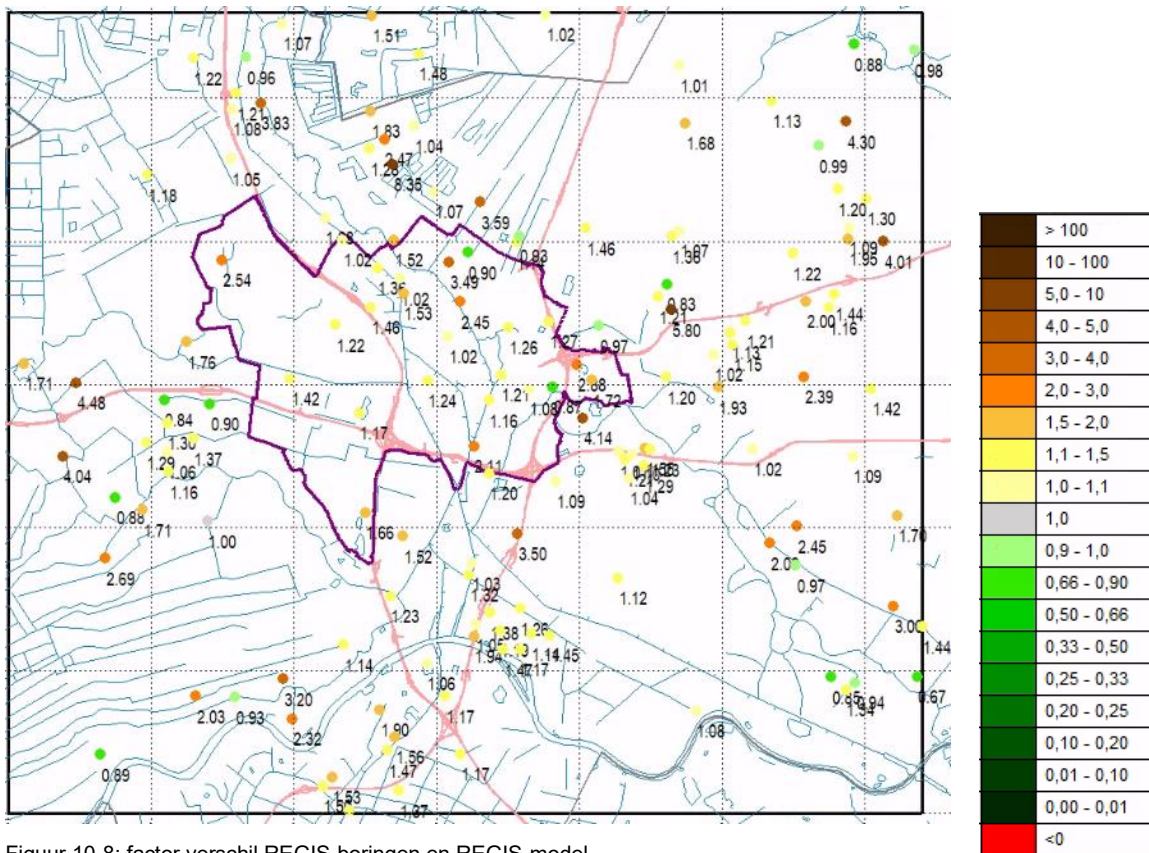
In Figuur 10-6 is de kh-waarden van REGIS weergegeven met daarin ook de kh-waarden uit de REGIS boringen. Wat opvalt is dat de boringen veelal een lagere kh-waarde laten zien dan REGIS. In Figuur 10-7 zijn per boringslocatie de verschillen tussen het REGIS-model en de REGIS-boringen weergegeven.



Figuur 10-6: kh waarde PZWaz2 in REGIS (vlakdekkend) en uit REGIS boringen (punten) en de boring bij de Mineurslaan (ruitvormig).

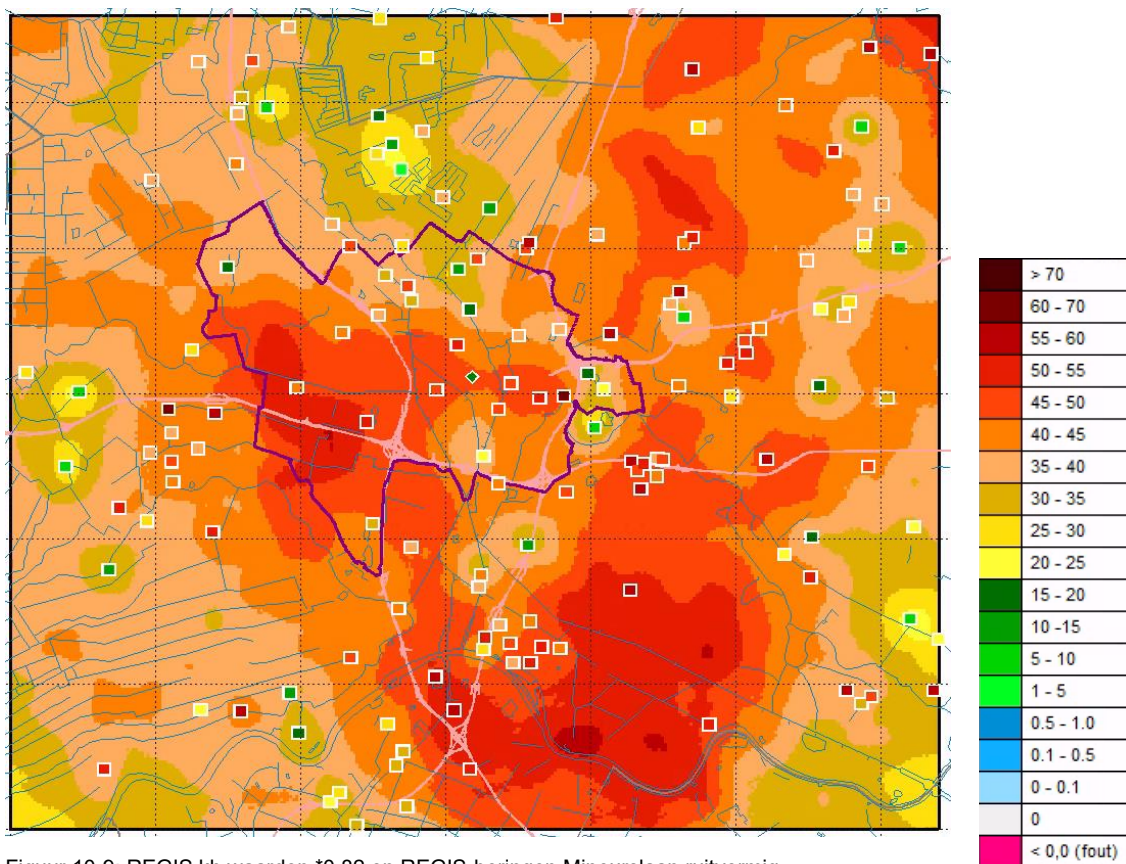


Figuur 10-7: Analyse kh waarden PZWaz2 REGIS-borings en kh-waarden REGIS-model. Blauwe bollen geven weer dat de kh-waarde in de REGIS-borings lager is dan in het REGIS-model, oranje bollen geven weer dat de kh waarden in het REGIS-model lager is dan in de REGIS boringen. Overall lijkt de kh waarden in het REGIS-model dus wat overschat. De labels geven de verschilwaarde.



Figuur 10-8: factor verschil REGIS-boringen en REGIS-model

In Figuur 10-8 is de vermenigvuldigingsfactor per boring opgenomen waarmee de kh uit de REGIS-boring vermenigvuldigt moet worden om op de kh waarde in het REGIS-model te komen. Op basis van al deze factoren is de mediaan factor bepaald. Voor PZWAZ2 is deze mediaan factor 1.23. Dit komt er op neer dat de kh waarden uit het REGIS model gemiddeld met 0.82 moeten worden vermenigvuldigd om deze gemiddelde factor door te rekenen. In onderstaande figuur is Figuur 10-7 nogmaals gemaakt, waarbij het REGIS-model vermenigvuldigd is met 0.82



Figuur 10-9: REGIS kh waarden *0.82 en REGIS-borings, Mineurslaan ruitvormig

Overall lijkt dit een betere representatie van de kh-waarde van PZWaz2. De waarden komen beter overeen met de resultaten uit de pompproeven. Echter zijn er lokaal nog steeds grotere afwijkingen. De zeer lage kh-waarde uit de metingen bij de Mineurslaan wijkt nog steeds af van het regionale beeld na verlaging. Mogelijk is hier een lokale afwijking, die door middel van interpolatie nog in het model kan worden opgenomen. Dit is onderdeel van vervolg validatie en kalibratie na januari.

Om de aanpassingen te kunnen kwantificeren is ook de root mean squared error (RMSE) bepaald, voor de vermenigvuldigingsfactoren 0.9 en 0.82.

Tabel 10.3: RMSE waarden voor de kh-waarde met verschillende factoren.

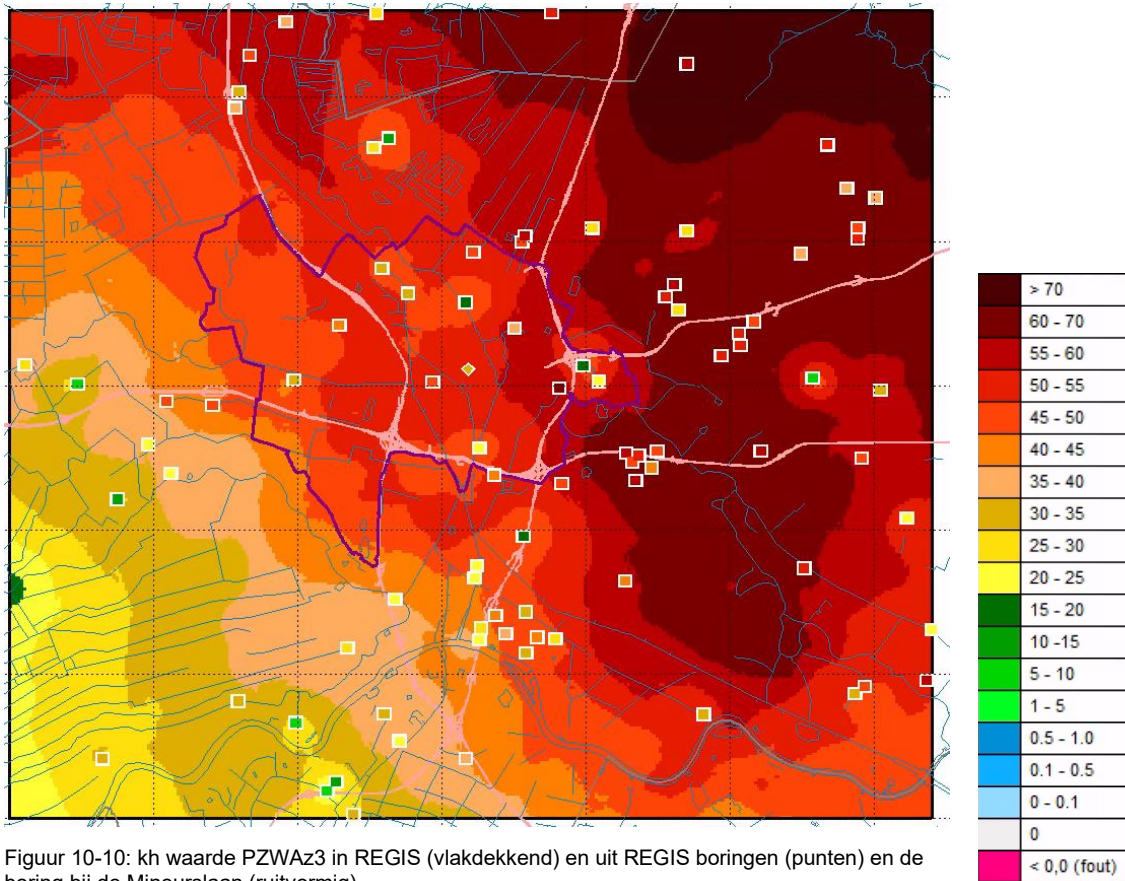
	RMSE kh-waarde REGIS	RMSE kh-waarde *0.9	RMSE kh-waarde *0.82
PZWaz2	14.8	12.0	10.9

Conclusie doorlatendheid PZWaz2

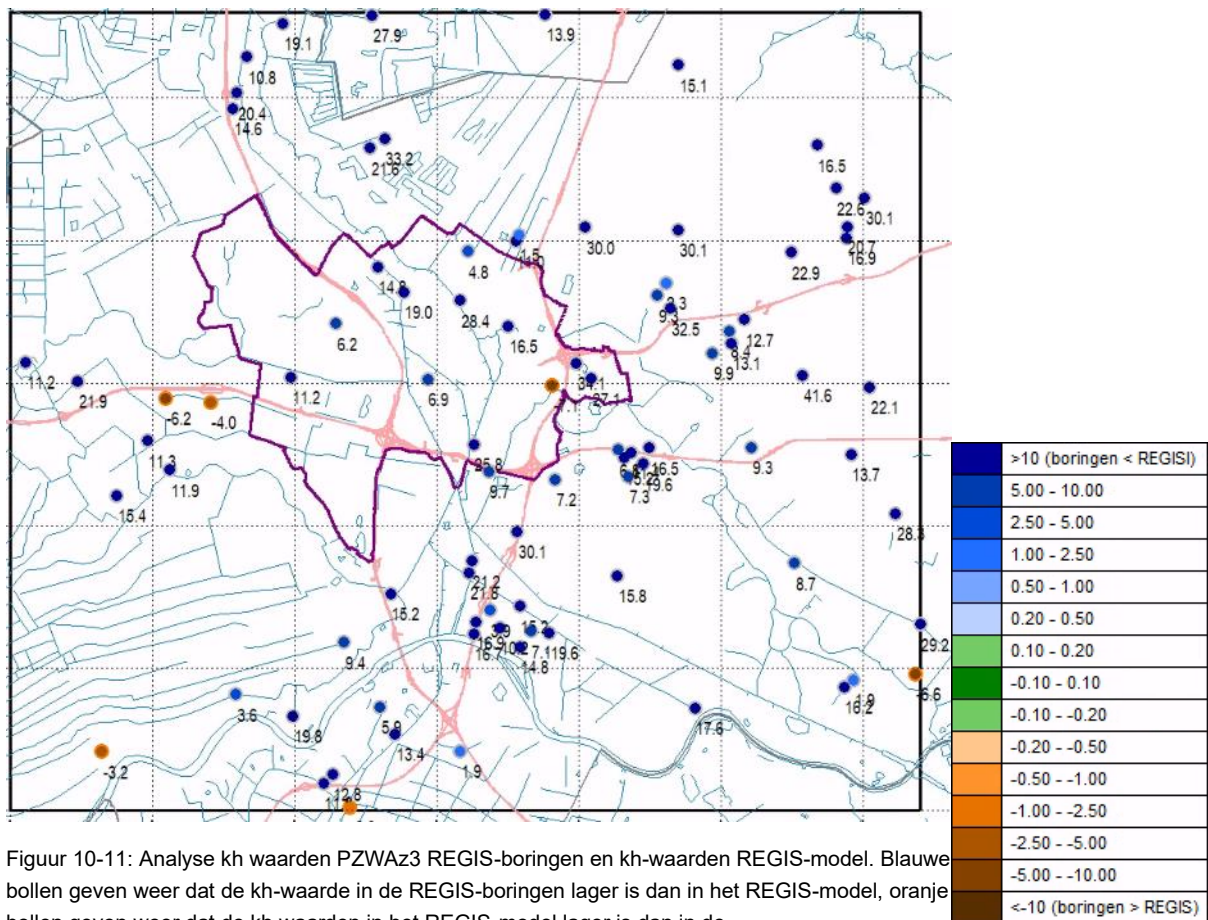
Lagere horizontale doorlatendheden betekent dat verontreinigingen in het tweede watervoerend pakket langzamer verspreiden. Om te voorkomen dat we in deze fase van het project een te optimistisch verspreidingsbeeld presenteren, willen we een iets conservatievere kh-waarde aannemen. Daarom stellen we voor om voor nu de kh-waarde voor PZWaz2 aan te passen met een factor 0.9.

Analyse REGIS boringen PZWaz3

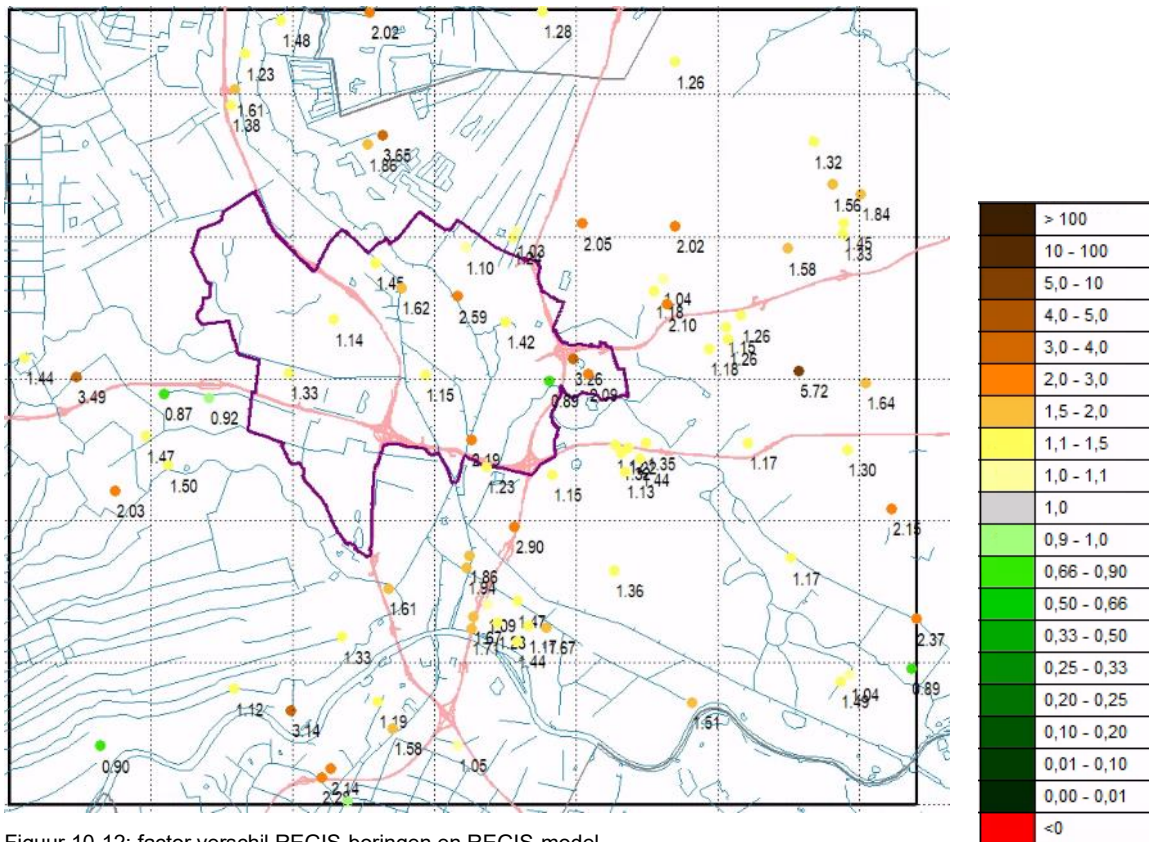
In Figuur 10-10 is de kh-waarden van REGIS weergegeven met daarin ook de kh-waarden uit de REGIS boringen. Wat opvalt is dat de boringen veelal een lagere kh-waarde laten zien dan REGIS. In Figuur 10-11 zijn per boringslocatie de verschillen tussen het REGIS-model en de REGIS-boringen weergegeven.



Figuur 10-10: kh waarde PZWaz3 in REGIS (vlakdekkend) en uit REGIS boringen (punten) en de boring bij de Mineurslaan (ruitvormig).

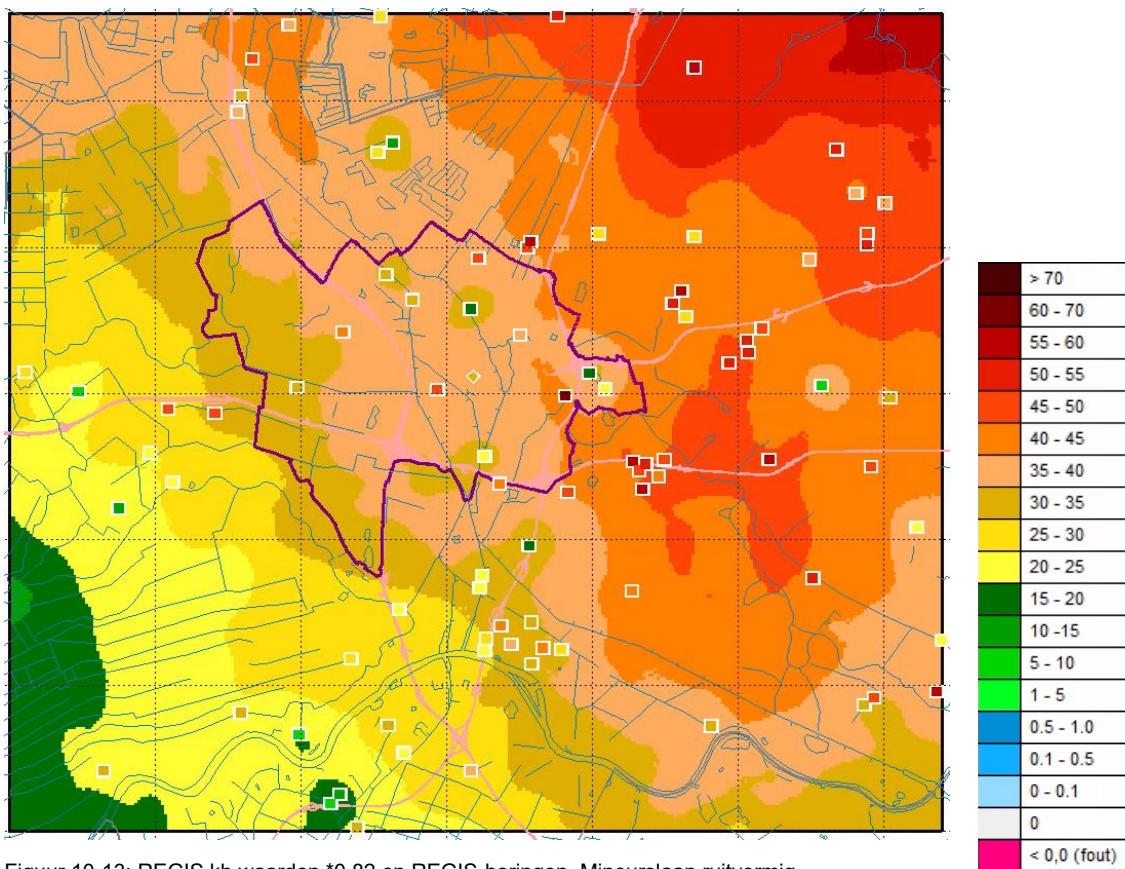


Figuur 10-11: Analyse kh waarden PZWaz3 REGIS-borings en kh-waarden REGIS-model. Blauwe bollen geven weer dat de kh-waarde in de REGIS-borings lager is dan in het REGIS-model, oranje bollen geven weer dat de kh waarden in het REGIS-model lager is dan in de



Figuur 10-12: factor verschil REGIS-boringen en REGIS-model

In Figuur 10-12 is de vermenigvuldigingsfactor per boring opgenomen waarmee de kh uit de REGIS-boring vermenigvuldigt moet worden om op de kh waarde in het REGIS-model te komen. Op basis van al deze factoren is de mediaan factor bepaald. Voor PZWaz3 is deze mediaan factor 1.42. Dit komt er op neer dat de kh waarden uit het REGIS model gemiddeld met 0.71 moeten worden vermenigvuldigd om deze gemiddelde factor door te rekenen. In onderstaande figuur is Figuur 10-10 nogmaals gemaakt, waarbij het REGIS-model vermenigvuldigd is met 0.71



Figuur 10-13: REGIS kh waarden *0.82 en REGIS-borings, Mineurslaan ruitvormig

Overall lijkt dit een betere representatie van de kh-waarde van PZWaz2. De waarde komt beter overeen met de minimale kh uit de pompproef bij Groenekan. Bij De Meern lijkt de kh waarde nu wat onderschat te worden, omdat deze lager is dan de minimale kh-waarde bij Groenekan. De kh-waarde komt in de buurt van de kh waarde bij de boring Mineurslaan respectievelijk 38 en 33.2 m/d.

Om de aanpassingen te kunnen kwantificeren is ook de root mean squared error (RMSE) bepaald, voor de vermenigvuldigingsfactoren 0.9, 0.82 en 0.71.

Tabel 10.4: RMSE waarden voor de kh-waarde met verschillende factoren.

	RMSE kh-waarde REGIS	RMSE kh-waarde *0.9	RMSE kh-waarde *0.82	RMSE kh-waarde *0.71
PZWaz3	17.6	13.6	11.2	9.9

Conclusie doorlatendheid PZWaz3

Lagere horizontale doorlatendheden betekent dat verontreinigingen in het tweede watervoerend pakket langzamer verspreiden. Om te voorkomen dat we in deze fase van het project een te optimistisch verspreidingsbeeld presenteren, willen we een iets conservatievere kh-waarde aannemen. Daarom stellen we voor om voor nu de kh-waarde voor PZWaz3 aan te passen met een factor 0.8.

Bijlage 3 Onderbouwing afbraakconstante

Notitie afbraakconstanten VOCl Gemeente Utrecht

Aanleiding

Gemeente Utrecht heeft Sweco opdracht gegeven voor het opstellen van een nieuw geohydrologisch model (GHM) voor het project 'actualisatie Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer'. Voor parametrisatie van dat GHM is inzicht nodig in de afbraak van de historische grondwaterverontreinigingen met chloorhoudende koolwaterstoffen (VOCl) in de gemeente. Hoe snel afbraak optreedt bepaalt immers het risico dat verontreinigingen op lange termijn kunnen opleveren. In deze notitie stellen we vast welke afbraakconstanten we hanteren in het GHM.

Achtergrond

VOCl's breken af in de ondergrond, waarbij ze stapsgewijs dechloreren van PER → TRI → CIS → VC → ethaan. De snelheid van elk van deze afbraakstappen (die wordt uitgedrukt in een 'afbraakconstante') is van verschillende factoren afhankelijk, waaronder de redoxcondities, en kan lokaal worden afgeleid door de ontwikkeling van een verontreiniging te volgen. De waarde van afbraakconstanten van historische grondwaterverontreinigingen zijn in de praktijk lastig in te schatten. Reden is dat in de bekende gevallen van grondwaterverontreiniging geen gerichte en langdurende pluimmonitoring is uitgevoerd. Daarnaast verspreiden stoffen als gevolg van retardatie met een verschillende snelheid waardoor stoffen in 'lagere concentraties' (eigenlijk in een kleiner grondwatervolume) worden gevonden dan op basis van alleen afbraakconstanten zou worden berekend.

In een eerdere fase van de modellering van de verspreiding van VOCl in het grondwater van de gemeente Utrecht is uitgegaan van literatuurbreedtes (notitie afbraakconstanten Bioclear, 2024, kenmerk 20225906/13664).

Op basis van de bandbreedte is in genoemde notitie van Bioclear specifiek voor gemeente Utrecht nagegaan welke waarde (afbraakconstante) binnen de bandbreedte het best de gevonden concentraties verklaart. Op basis van de waargenomen concentraties van verontreinigingen is geadviseerd voor alle constanten een conservatieve waarde te kiezen: pluimen zouden immers allang zijn verdwenen als 70 jaar oude pluimen een halfwaardetijd zouden kennen van veel minder dan 7 jaar (10 halfwaardetijden, dus $2^{10} = 1024$ keer lagere concentraties dan de bronconcentratie)¹. Voor CIS is een halfwaardetijd van 3,8-7 jaar geschat en voor VC 1,6-5,75 jaar.

In deze studie is verder geconcludeerd dat binnen de gemeente Utrecht geen praktijkcases aanwezig zijn waaruit goede halfwaardetijden zijn te herleiden.

In de onderhavige notitie is onderzocht welke halfwaardetijden voor Utrecht kunnen worden aangehouden op basis van waargenomen concentraties van verschillende VOCl. Dit doen we op basis van de gegevens die binnen de gemeente beschikbaar zijn, namelijk de concentratieverdeling die in pluimen

¹ De halfwaardetijd is vrij gevoelig. Wanneer nog 10 microgram verontreiniging wordt aangetroffen en uitgaande van 10.000 µg/l bronconcentratie zou bij een bron van 70 jaar oud een halfwaardetijd van 7 jaar worden afgeleid. Bij een halfwaardetijd van 6, 5, resp. 4 jaar zou nog slechts 3, 0,6 respectievelijk 0,05 µg/l worden verwacht.

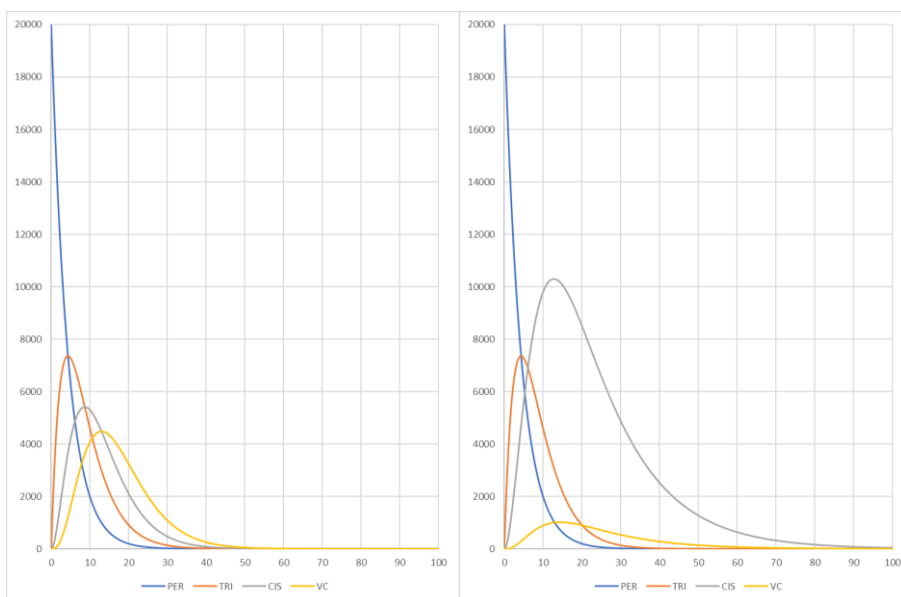
wordt waargenomen. Achtereenvolgens beschrijven wij de theoretische onderbouwing (welke concentratieverdeling mag worden verwacht in welke situatie) om vervolgens van twee verontreinigingen in de gemeente na te gaan welke afbraakconstanten daarbij horen.

1.1 Achtergrond inschatting halfwaardetijden op basis van de concentratieverdeling

Van een PER-pluim van 20.000 µg/l is nog 20 µg/l over na 10 halfwaardetijden. Bij een halfwaardetijd van 3,5 jaar zou van een 70 jaar oude pluim nog 0,02 µg/l (een miljoenste deel) resterend. In dat geval is PER onmeetbaar klein. Echter als de afbraakproducten ook die halfwaardetijd hebben of juist een langere halfwaardetijd kunnen die nog wel in meetbare concentraties worden aangetroffen.

In het geval van VOCL is sprake van sequentiële afbraak van PER → TRI → CIS → VC, waarbij ook VC afbreekt. Elke afbraakstap volgt de vorige op.

In onderstaande figuur is afbraak van een verontreiniging zichtbaar gemaakt met verschillende aannames voor de afbraakconstanten van de 4 afbraakstappen. Te zien is dat beperkte verschillen in de constanten sterk kunnen doorwerken: een langzame stap van CIS naar VC en een kortere halfwaardetijd voor afbraak van VC zorgt voor een heel ander beeld en voor een sterk verschillende concentratieverdeling van de verschillende VOCL in het grondwater: CIS lijkt in dat tweede scenario bijna overal de totale hoeveelheid VOCL te dicteren met vaak hogere concentratieniveaus dan die van TRI, terwijl TRI zelden de stof zal zijn met de hoogst gemeten concentratie, PER hogere uitschieters heeft en iets vaker de hoogst aangetroffen concentratie zal hebben dan TRI en waarbij VC alleen in beduidend lagere concentraties wordt aangetroffen.



Figuur 1: Concentratieverloop van een 20 mg/l (20.000 µg/l) PER - verontreiniging met (links) voor elke afbraakstap een halfwaardetijd van 3 jaar en (rechts) voor de eerste twee stappen een halfwaardetijd van 3 en vervolgens (CIS naar VC) 10 en (afbraak VC) 1 jaar. Bij een continue naleverende bron en 'random bemonstering van de pluim' geeft de grafiek ook de

‘concentratieverdeling’ van de verschillende stoffen, dus hoeveel m³ welke concentratie heeft.

11-09-2025

Wanneer verontreinigingen aanwezig zijn die continue nalevering geven ('bronnen') zullen metingen die willekeurig zijn genomen in het gebied dat is beïnvloed door een verontreiniging een concentratieverdeling geven die vergelijkbaar is met bovenstaande figuur. Let wel: de onderlinge verhouding tussen afbraakconstanten kan daarmee worden ingeschat, maar niet de absolute waarde ervan. Om een waarde te schatten moet in een nadere interpretatie worden bekeken hoe concentraties afnemen met de reistijd vanaf de bron (welke is gemodelleerd).

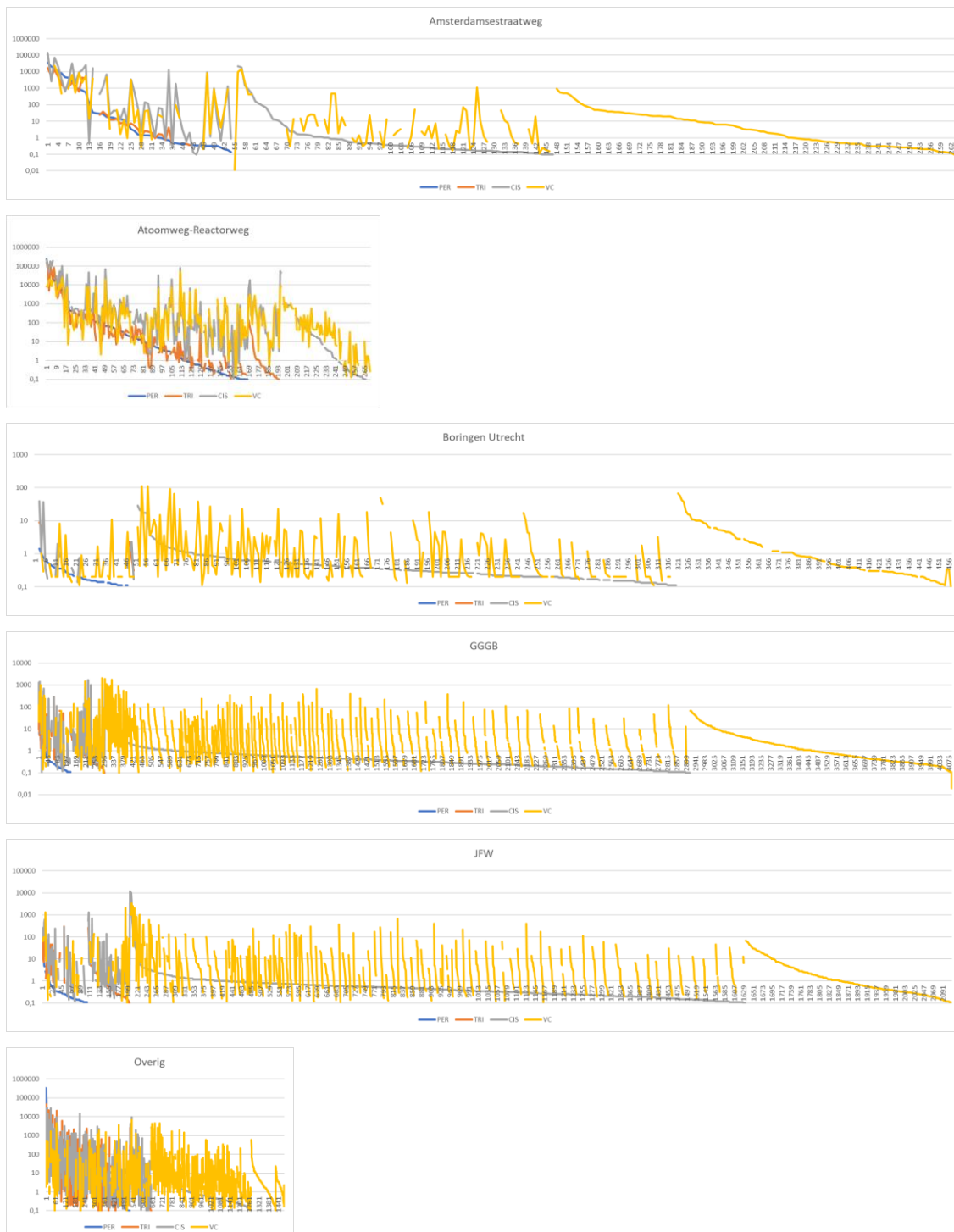
Concentratieverdeling pluimen in Utrecht

Vanuit de gemeentelijke database, waarin 18.000 analyses van de grondwaterkwaliteit voor VOCL zijn opgenomen, kon succesvol de concentratieverdeling van een aantal pluimen in beeld worden gebracht en blijkt ook de concentratieverdeling die wordt waargenomen in het GGGB-meetnet patronen te laten zien die inzicht geven in de verhouding tussen afbraakconstanten. De concentratie in verontreinigde monitoringbuizen van het GGGB-meetnet is immers een 'willekeurige selectie' uit de restanten van historische pluimen (als er iets wordt aangetroffen) en heeft dus minder 'bias' dan wanneer alleen de pluimen zelf is bemonsterd worden op korte afstand van de bron. Zodoende wordt het gehele 'spectrum' door de grafieken bestreken.

In Figuur 2 zijn grafieken gepresenteerd waarin aangetroffen concentraties in verschillende groepen monsters zijn uitgezet.

11-09-2025

Auteur: Marc Visser



Figuur 2 Beeld van gemeten concentraties in monsters genomen in verschillende verontreinigingen / groepen monsters aflopend gesorteerd op respectievelijk PER, TRI, CIS en VC.

11-09-2025

Auteur: Marc Vissers



Figuur 3 Beeld van gemeten concentraties in monsters genomen in verschillende verontreinigingen / groepen monsters met metingen voor elke stof aflopend gesorteerd en gecorrigeerd voor mobiliteit (met voor VC dezelfde correctie als CIS). De grafieken van 'AtoomwegReactorweg' en 'Overig' zijn versmald omdat metingen vrijwel geheel zijn uitgevoerd in de kern van de pluim.

Figuur 2 laat zien dat slechts een klein deel van de monsters PER en TRI bevat. Deze stoffen breken overduidelijk sneller af dan CIS en VC. Bij de verontreiniging Atoomweg / Reactorweg zijn veel metingen in de kern van de pluim gedaan en vrijwel geen metingen liggen in de staart van de pluim. Buiten de kern zijn deze stoffen afgebroken naar CIS en VC en die breken slechter af, waardoor alleen die stoffen worden waargenomen. Dat is bijvoorbeeld zichtbaar in de metingen van de verontreinigingslocatie Amsterdamsestraatweg.

De metingen in de categorie 'overig' (niet gelinkt aan een bekende bronlocatie) in de onderste grafiek laten zien dat er vooral dicht bij bronzones is gemeten, gezien er in deze metingen ook meestal PER en TRI aanwezig zijn.

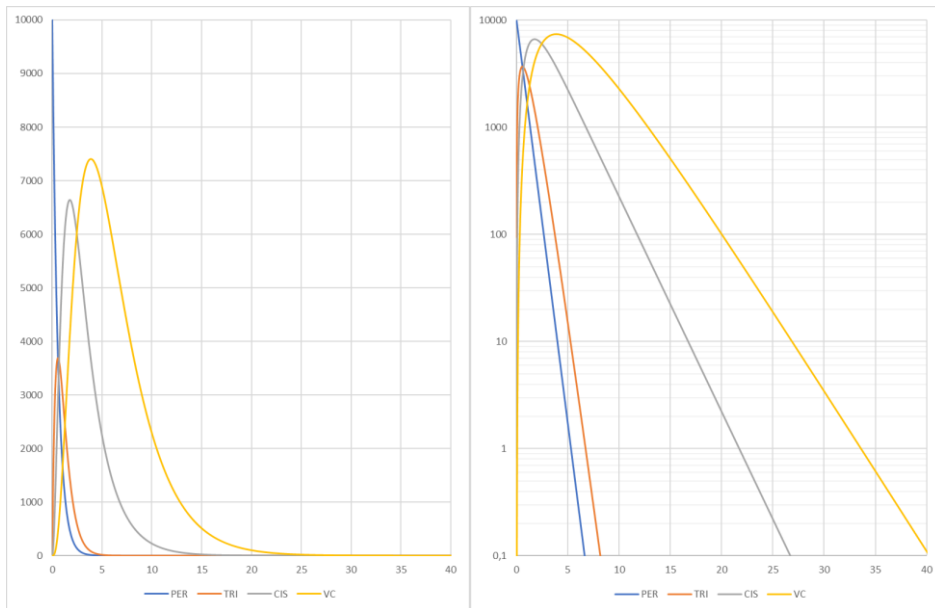
In de monsters van 'GGGB' is zichtbaar dat geen of nauwelijks pluimen zijn aangetroffen dat in veel metingen geen PER en TRI is aangetroffen. Deze metingen zijn dus in (oude) restanten van pluimen gedaan, hetgeen ook te verwachten is voor het 'willekeurige' grid van de peilbuizen van het GGGB. Deze metingen geven hierdoor een gewogen representatie van de door VOCl beïnvloedde monsters in de gemeente. De metingen in 'JFW' en 'Boringen Utrecht' lijken vooral in de pluim te liggen danwel is de bron er uitgedoofd.

Ook is in de grafiek te zien dat zodra TRI is afgebroken er hoge concentraties CIS aanwezig zijn die vergezeld gaan met zeer hoge en lage concentraties VC (ten opzichte van CIS). Hoe lager CIS, hoe duidelijker VC altijd in een hogere concentratie aanwezig is, maar wel met een forse bandbreedte (factor 100!). Tot slot is zichtbaar dat VC ook wordt aangetroffen als alle andere stoffen al weg zijn. Dit geeft al een aanwijzing dat afbraak van VC het langzaamst verloopt maar zal deels ook zijn veroorzaakt door de hoge mobiliteit van deze stof (VC verplaatst zich net zo snel als het water en absorbeert niet aan de bodem).

Genereren concentratieverdeling en afleiding verhouding halfwaardetijden

Om de verhoudingen tussen de afbraakconstanten van de verschillende VOCl af te leiden wordt het verloop van de concentraties van een fictieve pluim gemodelleerd. In dit afbraakmodel worden de concentraties vanaf een constante concentratie PER gemodelleerd. Door de sequentiële afbraak nemen de overige VOCL toe in de afstand tot de locatie van de PER levering. De concentratieverlopen worden gefit aan de waargenomen concentraties van de stoffen in het meetnet van de gemeente Utrecht. Hiermee wordt de verhouding tussen de afbraakconstanten van de verschillende stoffen benaderd.

Met de aanname dat nalevering voor concentraties PER zorgt van 10.000 µg/l is met een afbraakmodel het verloop van de concentraties van PER en haar afbraakproducten in de tijd in beeld gebracht. Daarbij is gecorrigeerd voor de mobiliteit.



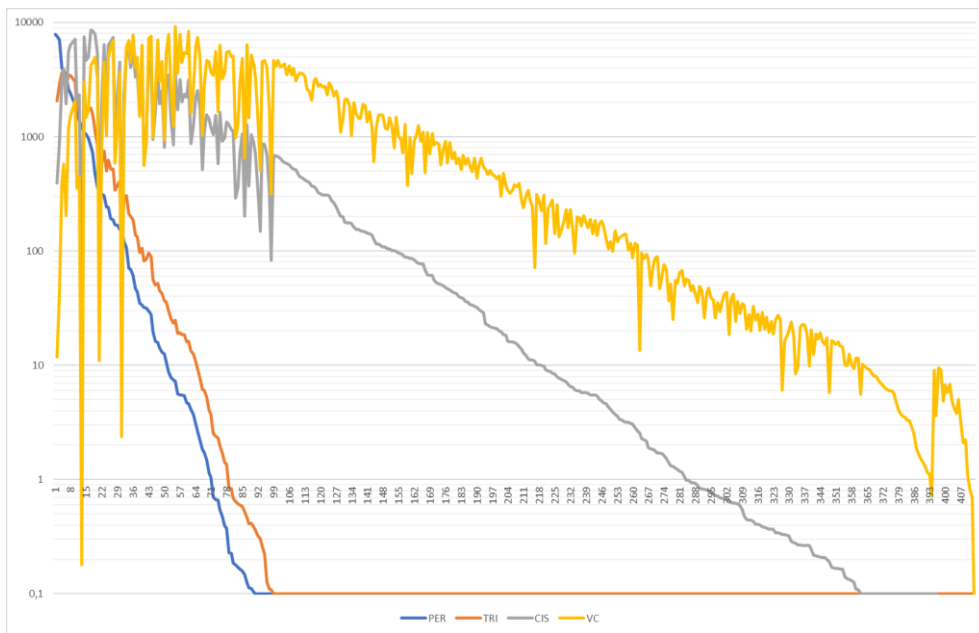
Figuur 4 Gegeneerd concentratieverloop (jaar) vanuit een naleverende bron (10.000 µg/l) met afbraakconstanten van 4 maanden, 3 maanden, 1,5 jaar en 2 jaar voor resp. PER, TRI, CIS en VC op (links) lineaire en (rechts) logaritmische schaal.

Bovenstaand concentratieverloop wordt verkregen wanneer je over de as van de pluim metingen zou hebben en wanneer het systeem in een 'steady state' verkeert.

Bij metingen buiten de as / kern zullen de bronconcentraties echter lager zijn. Daarom is nagegaan wat daar het effect van kan zijn. Het effect van metingen buiten de as is daarom in beeld gebracht door op elke tijdstap een willekeurige fractie van de bronconcentratie te nemen en de resulterende concentraties van andere stoffen te berekenen om vervolgens de metingen te sorteren op PER, zoals ook gedaan is in Figuur 2. Hierdoor wordt een soort 'ruis' geïntroduceerd in de resultaten, die in metingen in de werkelijkheid ook aanwezig is omdat niet alle metingen precies in de stroomlijn vanuit de bron liggen.

Door de gehanteerde halfwaardetijden in het afbraakmodel te 'kalibreren' wordt verdeling benaderd zoals ook in Figuur 2 is gevonden, met in ongeveer een kwart van de monsters alleen VC, in 10% van de monsters PER en TRI en in het overige deel CIS en VC.

Het resultaat van deze simulatie is gegeven in Figuur 4 en vertoont opvallende gelijkenissen met het beeld in Figuur 2 waar het gaat om de variabiliteit van CIS en VC in de kern van de pluim. De hoog blijvende concentraties CIS en VC in de staart van de pluimkern (met PER en TRI onder de 100 µg/l) en de staart van CIS en VC in de restpluimzone (met alleen CIS en VC aangetroffen) worden ook goed nagebootst door het afbraakmodel.



Figuur 4 Gegeneerde concentratieverdeling bij een willekeurige startconcentratie (0-10.000 µg/l) aflopend gesorteerd op het PER-gehalte.

De gebruikte verdeling van halfwaardetijden is echter in eerste instantie alleen de 'verhouding' tussen de halfwaardetijden. De verhoudingen tussen de afbraakconstanten waarmee de beste fit wordt gevonden bedragen:

Tabel 1 Verhoudingen halfwaardetijden VOCL

VOCL	Verhouding halfwaardetijd (-)
PER	0,75
TRI	1
CIS	4,25
VC	6

De werkelijke afbraakcoëfficiënten moeten worden afgeleid uit metingen waarvan de reistijd vanuit de bronzone bekend is.

1.2 Afleiding halfwaardetijden in Utrecht

11-09-2025

Voor de pluimen Amsterdamsestraatweg en Atoomweg/Reactorweg zijn halfwaardetijden afgeleid. In eerste instantie is het concentratieverloop in beeld gebracht ten opzichte van de afstand tot de bron. Vervolgens wordt met de in het geohydrologische model berekende stroomsnelheid de halfwaardetijd afgeleid. Voor CIS en VC kan alleen informatie van de Amsterdamsestraatweg worden gebruikt om halfwaardetijden af te leiden: van Atoomweg/Reactorweg zijn geen metingen meer dan 100 meter van de bron beschikbaar.

Opvallend is dat de grotere halfwaardeafstand bij de locatie Amsterdamsestraatweg gepaard gaat met een grotere stroomsnelheid, waardoor netto de halfwaardetijden nauwelijks lijken te verschillen. Omdat de halfwaardetijd orde 4 á 5 maanden is, lijkt dit een positief beeld op te leveren voor de toekomstige autonome ontwikkeling: verontreinigingen moeten dan op relatief korte termijn zijn afgebroken als de bron is weggenomen.

Tabel 2 Afleiding halfwaardetijden voor de pluimen

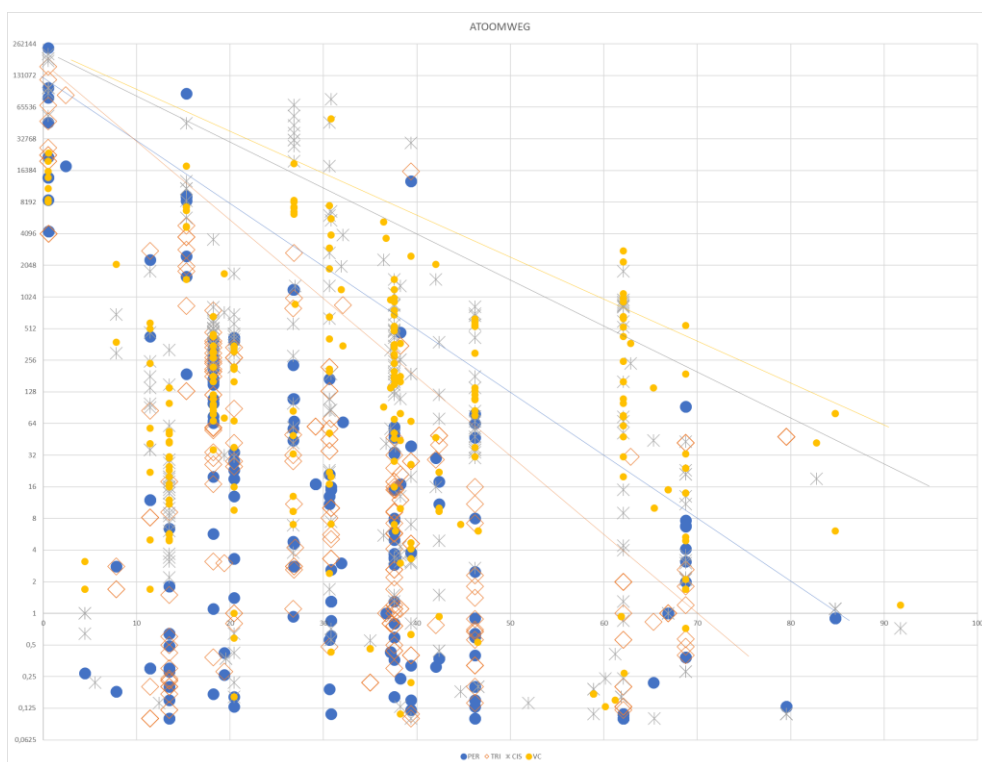
	Atoomweg / reactorweg	Amsterdam- sestraatweg
Stroomsnelheid (min)	9	12
Stroomsnelheid (max)	19	19
Stroomsnelheid (gemiddeld)	14	16
Halfwaardeafstand PER en TRI (m)	5	4,3
Halfwaardeafstand CIS en VC (m) pluimkern	6,6 - 7,5	3,3
Halfwaardeafstand CIS (m) pluimrand	-	100
Halfwaardeafstand VC (m) pluimrand	-	250
Halfwaardetijd PER en TRI (dagen)	130	98
Halfwaardetijd CIS en VC (dagen) pluimkern	172-196	75
Halfwaardetijd CIS (JAAR) pluimrand	-	6,3
Halfwaardetijd VC (JAAR) pluimrand	-	15,6

De afgeleide halfwaardetijd voor PER en TRI ligt tussen de 98 en 130 dagen. Gekozen is voor 146 dagen halfwaardetijd (0,4 jaar) voor PER en TRI. Dat is een worst-case waarde. Voor CIS en VC vindt afbraak met ongeveer dezelfde ordegrrootte plaats in de kern van de pluim. Dit zou co-metabole afbraak kunnen zijn.

In de analyse zijn twee verschillende constanten af te leiden. Bij de bronzone en de kern van de pluim nemen concentraties sneller af dan aan de randen van de pluim. De afbraakconstante voor de modellering (voor CIS en VC) is niet gebaseerd op de waarden aan de pluimrand die volgen uit deze analyse, waarin 6 resp. 15 jaar is afgeleid. Bij hantering van deze constanten in de bronzones hoopt zoveel CIS op dat deze ruim twee keer hogere concentraties moet laten zien dan de hoogste concentratie TRI. Er zou een nog veel groter deel van de CIS-metingen in de zone van de pluimrand (waar geen PER en TRI meer aanwezig is) moeten zitten in het 'GGGB-meetnet'. Nu is dat 10% van de metingen, op basis waarvan een halfwaardetijd is gekalibreerd van 1,5 respectievelijk 2 jaar voor CIS en VC.



Figuur Scatterplot aangetroffen concentraties PER, TRI, CIS en VC tegen de afstand vanaf het brongebied Amsterdamsestraatweg en de lijnen die zijn gebruikt om halfwaarde-afstanden af te leiden.



Figuur Scatterplot aangetroffen concentraties PER, TRI, CIS en VC tegen de afstand vanaf het brongebied Atoomweg/Reactorweg en de lijnen die zijn gebruikt om halfwaarde-afstanden af te leiden

1.3 Conclusie

De gevonden afbraakconstanten lijken niet in de gehele stad representatief, maar gelden wel voor de meest kritische verontreinigingen in het westen van Utrecht. De onderlinge verhouding tussen de constanten ligt vrij vast en zal niet veel (onderling) kunnen afwijken. De waarde zelf ligt niet vast: alle waarden kunnen een vaste factor hoger of lager zijn.

Om deze factor in te schatten is een dataset nodig met de leeftijd vanaf de bronlocatie voor elk verontreinigd meetfilter.

Vooralsnog gaan wij uit van onderstaande getalswaarden voor de halfwaardetijd in jaren en dagen. Voor CIS en VC geldt dat in de pluimkern de afbraakconstante veel hoger ligt als gevolg van cometabolisme, zie Tabel 1.

Voor modellering zijn alleen de hieronder genoemde afbraakconstanten nodig waarbij voor CIS en VC niet met de bronconcentratie moet worden gerekend maar met de concentratie die buiten de kern van de pluim maximaal wordt gemeten, dus als geen PER en TRI meer wordt aangetroffen. De gemiddelde concentratie CIS en VC in de pluimzone is 0,7 resp. 30 µg/l.

Tabel 3 Resultaat voor de in de modellering aan te houden afbraakconstanten en startconcentraties

STAP	Retardatie-factor ²	Halfwaardetijd (jaar)	Halfwaardetijd (dagen)	Afbraak-constante (d ⁻¹)	Koc-waarde
K_PER-TRI	2,38	0,4	146	0,00475	158
K_TRI-CIS	1,87	0,4	146	0,00475	100
K_CIS-VC	1,55	1,5	547,5	0,00127	63
K_VC	1,01	2	730	0,00095	1

Uit deze halfwaardetijden blijkt eens te meer dat pluimen die nu in het grondwater worden aangetroffen afkomstig moeten zijn uit nalevering vanuit bronnen: de pluimen hadden na 70 jaar al 70*15 meter = 1,04 km afstand moeten zijn aangetroffen (VC) en andere stoffen tot 440 – 680 meter afstand van de bron op basis van retardatie. Door afbraak is de pluim van PER en TRI na ongeveer 100 meter van de bron uitgedoofd (6 jaar reistijd vanaf de bronzone). Voor CIS en VC geldt juist dat ze lang blijven bestaan en dat schattingen van de halfwaardetijd niet kan worden gebaseerd op metingen in de pluim. De metingen in het GGGB-meetnet vormden de basis om voor deze stoffen een halfwaardetijd in te schatten doordat kan worden gesteld dat in ongeveer 10% van de metingen met verontreiniging met VOCL ook sporen PER en TRI zijn aangetroffen.

² Retardatiefactor (R) is berekend op basis van de Koc-waarden en standaard gebruikte formules waarbij $R = 1 + f_{oc} \cdot K_{oc}$ (bulkdichtheid/vochtfractie) met vochtfractie 0,35 en bulkdichtheid = 1,5 kg/dm³ en waarbij $f_{oc} = 0,0058$ waarbij om (fractie organische stof) = 0,35%,.

Bijlage 4 Analyse zaklagen

Bijlage 5 beschrijving data 3D-ondergrondmodel

De data uit het 3D-ondergrondmodel vormt naast het AZURE model een belangrijke basis voor het GHM. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de data uit het 3D-ondergrondmodel wordt omgezet naar het grondwatermodel. Uitgangspunten ten aanzien van de data komen in volgend paragrafen aan bod.

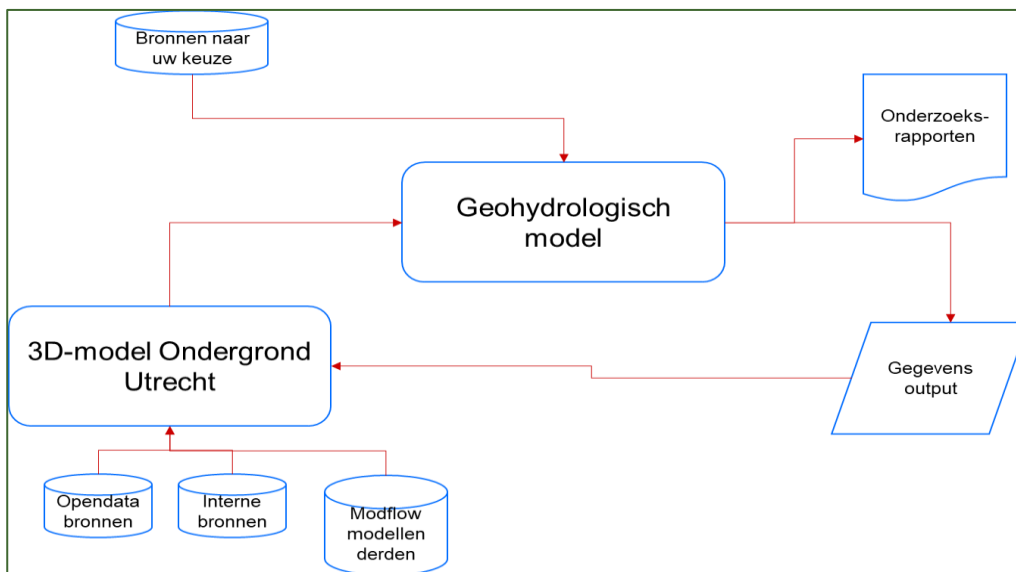
3D-ondergrondmodel

Het 3D-ondergrondmodel is een database van de gemeente Utrecht waarin zij alle data rondom de ondergrond in opslaat en verwerkt. Hierbij wordt data uit verschillende bronnen beoordeelt op kwaliteit en vervolgens in de database opgeslagen. Door gebruik te maken van actieve koppelingen wordt ook nieuwe data direct toegevoegd aan het 3D-ondergrondmodel. In Figuur 10-14 is een eenvoudig overzicht van dit proces opgenomen.



Figuur 10-14 De stappen voor het toevoegen van data aan de 3D-ondergrond database

In Figuur 10-15 is een stroomschema opgenomen waarin ook het GHM is weergegeven. Uit dit figuur komt duidelijk de link tussen het GHM en de 3D-ondergrondmodel naar voren. Het GHM gebruikt data uit onder andere het 3D ondergrondmodel. Tegelijkertijd zullen de resultaten uit het model toegevoegd worden aan het 3D ondergrondmodel. Door de opzet van het GHM (met workflows) is het ook mogelijk om nieuwe data uit het 3D-ondergrond toe te voegen aan het GHM.



Figuur 10-15 Koppeling tussen het 3D-ondergrondmodel en het GHM

Omzetten data naar GHM

Om de gegevens van de gemeente te kunnen verwerken in het model worden twee bewerkingsstappen uitgevoerd. De gegevens (brondata) van de gemeente zijn onder andere beschikbaar als shapefiles, Excel of PDF bestanden. Deze gegevens worden omgezet naar basisdata. De basisdata zijn grid-bestanden die kunnen worden ingelezen en bewerkt met iMOD (denk hierbij aan .IDF, .IPF en .GEN bestanden).

De gemeente actualiseert haar gegevens buiten het GHM om via het 3D-ondergrondmodel. Om het GHM actueel te houden is het van belang dat de data in het 3D-ondergrondmodel ook in de basisdata van het GHM wordt geactualiseerd. Voor het omzetten van de gegevens uit het 3D-ondergrondmodel naar basisdata, de model pre-processing, zijn workflows ontwikkeld. Dit maakt het mogelijk om van een export uit het 3D-ondergrondmodel op ieder gewenst moment nieuwe basisdata te genereren.

De eerste opzet van het GHM is gebaseerd op een 3D-ondergrondmodel dataset uit Q2 2024. Onderdelen van deze dataset zijn wel geupdated, waaronder de open bodemenergiesystemen.

Een belangrijke voorwaarde voor een correcte werking van de workflows is dat de gegevens altijd op eenzelfde manier worden verwerkt en geëxporteerd. Bij het ontwikkelen van de workflows maken we afspraken met de gemeente over het data formaat. Indien bij het omzetten van de data onbruikbare gegevens worden gevonden, dan worden deze niet meegenomen in de omzetting. Om achteraf te kunnen bepalen welke gegevens niet meegenomen zijn, worden per workflow logfiles bijgehouden waarin deze onbruikbare data benoemd wordt.

Sommige gegevens zijn niet via workflows om te zetten naar basisdata, zoals bijvoorbeeld informatie in PDF-bestanden (denk aan informatie over de proefboringen). Daarnaast zijn er gegevens die niet of nauwelijks wijzigen en waarvoor de inspanning voor het opzetten van workflows niet in verhouding staat tot de mate waarin ze wijzigen (bijvoorbeeld de afbraakconstante van PER en TRI of de vervangingcyclus van het riool). Deze gegevens hebben we eenmalig omgezet naar

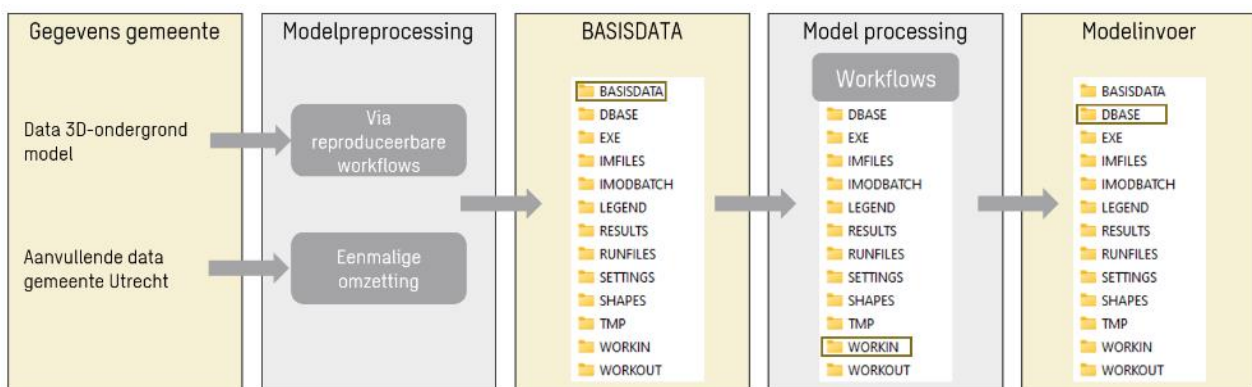
basisdata, zonder ontwikkeling van workflows. Aanpassen van deze data kan de gemeente later handmatig in iMOD of geautomatiseerd met de SIF-basis tools.

Na de eerste bewerkingstap waarin de gemeentelijke gegevens worden omgezet naar basisdata volgt de tweede bewerkingstap. Deze tweede stap is het omzetten van de gemeentelijke basisdata naar modelinvoer. Voor de nieuw gegenereerde basisdata hebben we workflows opgezet. Op deze wijze zijn aanpassingen aan het model eenvoudig te realiseren met aangepaste basisdata of aangepaste instellingen voor de workflows (zoals de celgrootte of standaardwaarden). Deze workflows zijn toegevoegd toe aan de bestaande workflow voor het AZURE-model (workflow in de WORKIN map).

De stappen om van de gegevens van de gemeente tot modelinvoer te komen zijn gevisualiseerd in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

In dit document zijn in hoofdstuk 5 per paragraaf een aantal tabellen opgenomen. De tabellen geven weer welke gegevens van de gemeente ontvangen zijn (naam, toelichting en type). Er is opgenomen welke informatie nodig is om de gegevens te kunnen omzetten naar basisdata en of deze informatie beschikbaar is (beoordeling data kwaliteit). Daarna is opgenomen of de data handmatig of via reproduceerbare workflows is omgezet naar basisdata. Als laatste is in de tabel een voorstel gedaan voor het omzetten van basisdata naar modelinvoer.

In bijlage 1 is een tabel opgenomen met alle voor dit project ontvangen data. Hierin is ook de ontvangen data opgenomen die niet zal worden verwerkt in het GHM (inclusief toelichting).



Figuur 10-16 De stappen die genomen worden om de gegevens van de Gemeente om te zetten naar modelinvoer. De vlakken met een gele achtergrond representeren data, de vlakken met een grijze achtergrond representeren de bewerkingstappen.

Bijlage 6 Openstaande ondergrondse assets

Riolering

Alle riolering wordt opgenomen als RIV-systeem in het GHM-model. Hierbij maken we onderscheid tussen DWA, HWA en gecombineerde riolen. Voor de RIV-package zijn per cel vier parameters nodig:

- het bodemniveau; Het niveau voor de onderkant komt daar van de b.o.b. (niveau t.o.v. maaiveld).
- het waterniveau; Voor het waterniveau gaan we uit van:
 - o gecombineerde en DWA-riolen; het riool staat in een gemiddelde situatie leeg staat. Als default nemen we voor het peil daarom hetzelfde niveau als de bodem (b.o.b.).
 - o HWA-riolen; we gaan hierbij uit van het nabij gelegen oppervlaktewaterpeil.
- de conductance; De conductance wordt afgeleid aan de hand van het buisoppervlak (lengte en diameter) en de weerstand. De weerstand is afhankelijk van de mate van lekheid van het riool. De mate van lekheid van de riolen van de gemeente is nog niet⁸ in kaart gebracht. De weerstand wordt daarom bepaald op basis van het aanlegjaar van het riool:
 - o Na 2014: 10.000 dagen
 - o Tussen 2004 en 2014: 5.000 dagen
 - o Tussen 1994 en 2004: 1.000 dagen
 - o Tussen 1984 en 1994: 500 dagen
 - o Voor 1984: 100 dagen
 - o Jaartal onbekend: 500 dagen
- de infiltratiefactor; De infiltratiefactor definieert het verschil tussen de doorlatendheid bij drainage en infiltratie. Dit is afhankelijk van het type riolering. Een lekkend DWA riool kan zowel draineren als infiltreren. In de modellering gaan we ervanuit dat een HWA alleen draineert (de korte perioden tijdens neerslag zijn te kort om in de modellering effect te hebben), daarom hanteren we voor een HWA een infiltratiefactor van 0. Voor de overige riolen hanteren we een infiltratiefactor van 1. Dit kan in een latere fase aangepast worden.

In onderstaande tabel is opgenomen hoe we de aangeleverde informatie opnemen in het model.

Tabel 10.5 Ontvangen data riolering vanuit het 3D-ondergrondmodel inclusief voorstel voor opnemen in GHM.

Naam	Toelichting	Type	Benodigde informatie voor basisdata	Beoordeling datakwaliteit (is alle benodigde informatie bekend)	Omzetten naar basisdata (via workflow of eenmalig)	Voorstel voor omzetten basisdata naar modelinvoer
ONDERGRONDM ODEL_RIOLERING _LEIDINGEN_line	Verschillende riolering: gemengd, HWA en infiltratie	SHP	Ligging, type riolering, b.o.b., diameter buis mate van lekheid	Voldoet	Workflow	Opnemen in de RIV package

⁸ We gaan ervan uit dat deze analyse in Q4 van 2025 door de gemeente wordt opgepakt.

Naam	Toelichting	Type	Benodigde informatie voor basisdata	Beoordeling datakwaliteit (is alle benodigde informatie bekend)	Omzetten naar basisdata (via workflow of eenmalig)	Voorstel voor omzetten basisdata naar modelinvoer
RioolLeidingDoorsnijdingSlecht DoorlatendeLaagGemBOBVariant1	Geeft beeld waar de gemeente het vermoeden heeft dat het riool in verbinding staat met het 1 ^{ste} WVP. Het veld met de juiste analyse is DoorsnVa_1 met (ja=doorsnijding, nee=geen doorsnijding).	SHP	Mate van doorsnijding	Mate van doorsnijding bekend (ja of nee)	Workflow	Mogelijk gebruiken voor optimaliseren infiltratiefactor
Rioolvervangingsplan annging: https://geo.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1c414925d2744c39bf5dec1920709332	Geeft overzicht op kaart welke riolen de komende 10 jaar worden vervangen	Website (URL)	ligging	Kaart geeft inzicht in locatie oude riolen en daarmee hoge kans op lekheid	Eenmalig	Meenemen in bepalen weerstand
Infiltratieriool	Locatie van infiltratieriolen	SHP	Ligging, type riolering, b.o.b.	Informatie bekend	Workflow	Opnemen in RIV package

Drainage

Verticale en horizontale drainage wordt opgenomen in de DRN-package. Hiervoor zijn de volgende gegevens nodig:

- de ligging; de ligging is bekend
- diepte/b.o.b; de diepte/b.o.b. is bekend
- een conductance; De conductance wordt afgeleid aan de hand van het buisoppervlak (lengte en diameter) en de weerstand. Voor de weerstand van de buisdrainage wordt 100 dagen aangenomen, dit komt overeen met de weerstanden voor buisdrainage in de basisdata van het LHM v4.1 en het NHI grondwater data en tooling.

Daarnaast is informatie aangeleverd over de groenvoorziening binnen de gemeente. Deze informatie kan gebruikt worden bij het optimaliseren van het landgebruik. Hiervoor dient eerst bekeken te worden in hoeverre deze informatie van meerwaarde is voor de modelresultaten. Hiervoor dient de groenkaart vergeleken te worden met het LGN.

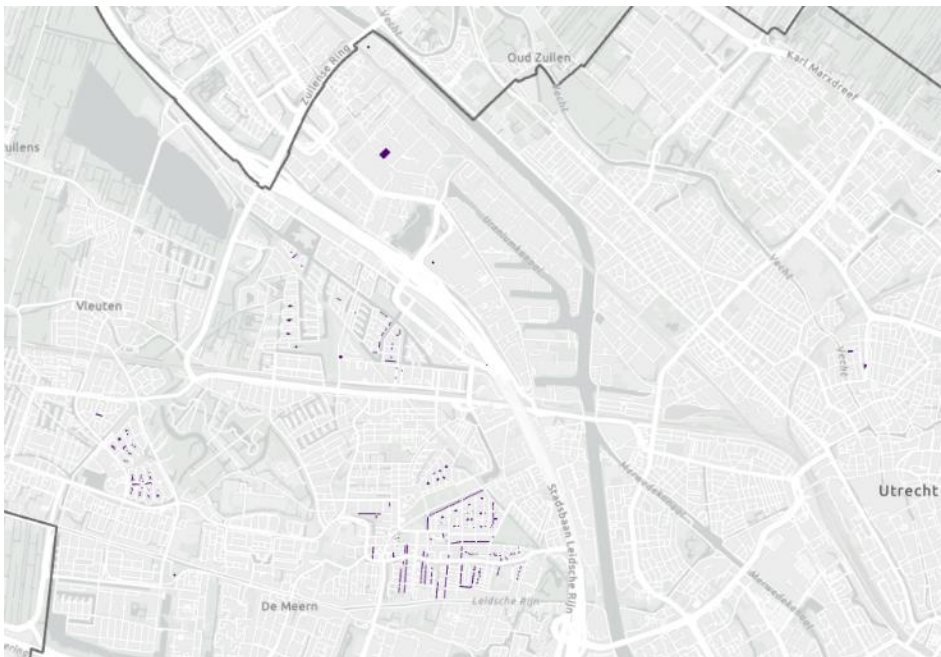
Infiltratiekratten

Infiltratievoorzieningen ((Wadi's, infiltratiekratten en waterdoorlatende verharding) worden gemodelleerd als bakje (d.m.v. de Lake package) die interactie heeft met het grondwater. Het waterpeil in het bakje wordt berekend op basis van een instroom- (neerslag) en uitstroomdebiet (naar grondwater of over een overstort). Voor dit proces is de locatie van de infiltratievoorziening, het afgekoppelde oppervlak, oppervlakte van voorziening, de diepteligging van de voorziening en de hoogte van een eventuele overstort benodigd. Voor deze schematisatie hanteren wij dezelfde methode als bij de

stedelijke modellering voor de gemeenten Amersfoort, Baarn en Soest. De beschreven aanpak wordt op dit moment toegepast en verfijnd in het project Amersfoort, Baarn en Soest. Na de verfijning wordt de methode ook toegepast op het GHM.

In Figuur 10-17 is een overzicht weergegeven van de locatie van infiltratiekratten. Met name in Leidsche Rijn zijn de infiltratiekratten aanwezig. Om de infiltratiekratten te kunnen opnemen in het model is de locatie van de infiltratievoorziening, het afgekoppelde oppervlak, oppervlakte van voorziening, de diepteligging van de voorziening en de hoogte van een eventuele overstort benodigd. Over de infiltratiekratten is weinig informatie bekend. De locatie en oppervlakte van de voorzieningen zijn aangeleverd. Er is geen informatie bekend over het afgekoppelde oppervlak, de diepteligging en overstortniveau per infiltratiekrat. In overleg met de gemeente hanteren we voor de diepteligging een vaste waarde van 60cm beneden maaiveld en voor het overstortniveau 10 cm boven het oppervlaktepeil (hiervoor wordt het dichtstbijzijnde oppervlakte peil genomen).

Het afgekoppelde oppervlak van de infiltratiekratten is op dit moment niet bekend.



Figuur 10-17: Ligging infiltratiekratten. Met name in Leidsche Rijn zijn infiltratiekratten aanwezig.

Tabel 10.6 Ontvangen data grondwateraanvulling inclusief voorstel voor opnamen in GHM.

Naam	Toelichting	Type	Benodigde informatie voor basisdata	Beoordeling datakwaliteit (is alle benodigde informatie bekend)	Omzetten naar basisdata (via workflow of eenmalig)	Voorstel voor omzetten basisdata naar modelinvoer
Handboek openbare ruimte (blz 284)	Informatie over meest gangbare profielen van wadi's	PDF	Ligging, (afgekoppeld) oppervlak, diepte ligging, overstortniveau	Profiel wadi met diepte, max waterniveau	Workflow	Opnemen in LAKE-package
Begroeid Terreindeel MetWadi Functie	Locatie wadi's	SHP	Ligging, (afgekoppeld) oppervlak, diepte ligging, overstortniveau	Locatie en oppervlak	Workflow	Opnemen in LAKE-package
Infiltratie krattenveld	Locatie infiltratiekratten	SHP	Ligging, (afgekoppeld) oppervlak, diepte ligging, overstortniveau	Diepte ligging en overstortniveau ontbreekt	Workflow	Opnemen in LAKE-package
Waterdoorlatende Verharding NonKolk Overlap	Waterdoorlatende (poreuze) verharding. Waterpasserende verharding zit hier niet bij	SHP	Ligging, (afgekoppeld) oppervlak, diepte ligging, overstortniveau	Ligging bekend. Diepte en overstortniveau gelijk stellen aan maaiveld. Afgekoppeld oppervlak n.t.b.	Workflow	Opnemen in LAKE-package
Verticale Drainage Put		SHP	Ligging, diepte, diameter, weerstand	Ligging en diepte bekend, weerstand	Workflow	Opnemen in DRN package
Horizontale Drainage		SHP	Ligging, b.o.b, diameter, weerstand	Ligging en b.o.b. bekend, weerstand	Workflow	Opnemen in DRN package
Cobra_groen_op_maaiveld_binnen_GU_v		SHP	Ligging, ??	Eerste stap kijken of groenkaart van meerwaarde is boven LGN.	Eenmalig	Mogelijk optimaliseren LGN

Damwanden

Damwanden worden opgenomen in de HFB-package. Daarvoor is de ligging, de bovenzijde, onderzijde en weerstand van het object benodigd. Voor volledig ondoorlatende damwanden wordt een weerstand van 100.000 dagen aangenomen. Voor niet volledig dichte damwanden nemen we een weerstand van 10.000 dagen aan. deze keuze is gebaseerd op de aangeleverde data (zie onderstaande tabel)

Het damwanden bestand aangeleverd door de gemeente bevat veel korte damwanden. Om convergentieproblemen te voorkomen zijn damwanden met een lengte van 5 meter of minder verwijderd uit de basisdata. Door deze aanpak kunnen damwanden bestaand uit korte damwandensegmenten uit het model verdwijnen. Dit is een aandachtspunt bij een eerstvolgende aanpassessie .

Ten aanzien van ondergrondse barrières zijn vier bestanden aangeleverd uit het 3D-ondergrond model (zie onderstaande tabel).

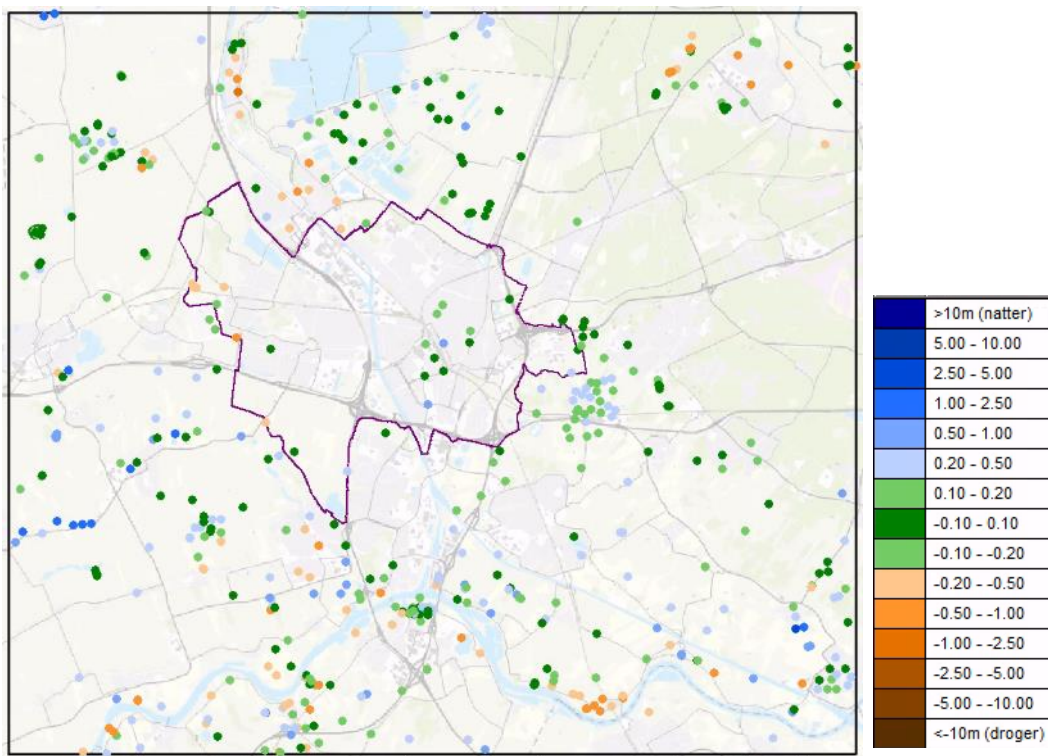
Tabel 10.7 Ontvangen data ondergrondse barrières inclusief voorstel voor opnemen in GHM.

Naam	Toelichting	Type	Benodigde informatie voor basisdata	Beoordeling datakwaliteit (is alle benodigde informatie bekend)	Omzetten naar basisdata (via workflow of eenmalig)	Voorstel voor omzetten basisdata naar modelinvoer
ONDERGRONDM ODEL_ KELDER_PARKEE RKELDERS _polygon	Parkeerkelders (polygonen)	SHP	Ligging, bovenkant, onderkant	Ligging bekend. Bovenkant = maaiveld. Onderkant = bouwlaag x 3m	Workflow	Opnemen als UDL met kh en kv waarde van 0 m/d
ONDERGRONDM ODEL_ WERVEN_WERFK ELDERS_ polygon	Werfkelders (polygonen)	SHP	Ligging, bovenkant, onderkant	Ligging bekend. Bovenkant = z_waarde_boven (=50cm onder maaiveld). Onderkant = z_waarde onder (hoogte aangrenzend werf of 50 cm NAP)	Workflow	Opnemen als UDL met kh en kv waarde van 0 m/d
ONDERGRONDM ODEL_ KELDER_BAGKEL DERS_ polygon	BAG kelders (polygonen)	SHP	Ligging, bovenkant, onderkant	Ligging bekend. Bovenkant = maaiveld niveau. Onderkant = 2,5 m onder maaiveld	Workflow	Opnemen als UDL met kh en kv waarde van 0 m/d
Damwanden - Polyline	Damwanden (bevat damwanden en beschoeiingen)	SHP	Ligging, bovenkant, onderkant, weerstand	Ligging bekend. Bovenkant = maaiveld. Onderkant = 3x (maaiveld – waterdiepte)	Workflow	Damwanden opnemen als HFB. Weerstand 10.000 dagen (niet volledig dichte damwand) en 100.000 dagen (volledig dicht)
Tunnels ⁹	Details ontbreken nog					
Oude putten ⁹	Details ontbreken nog					

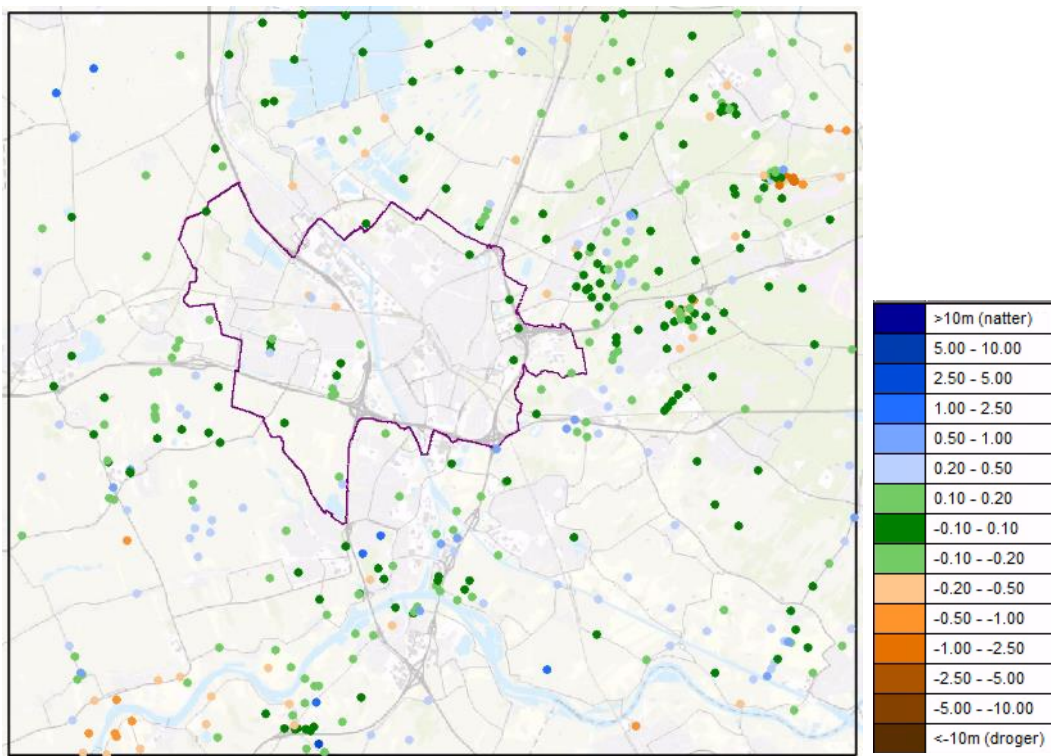
⁹ Worden in 2025 toegevoegd

Bijlage 7 Modelprestatie waterkwantiteit

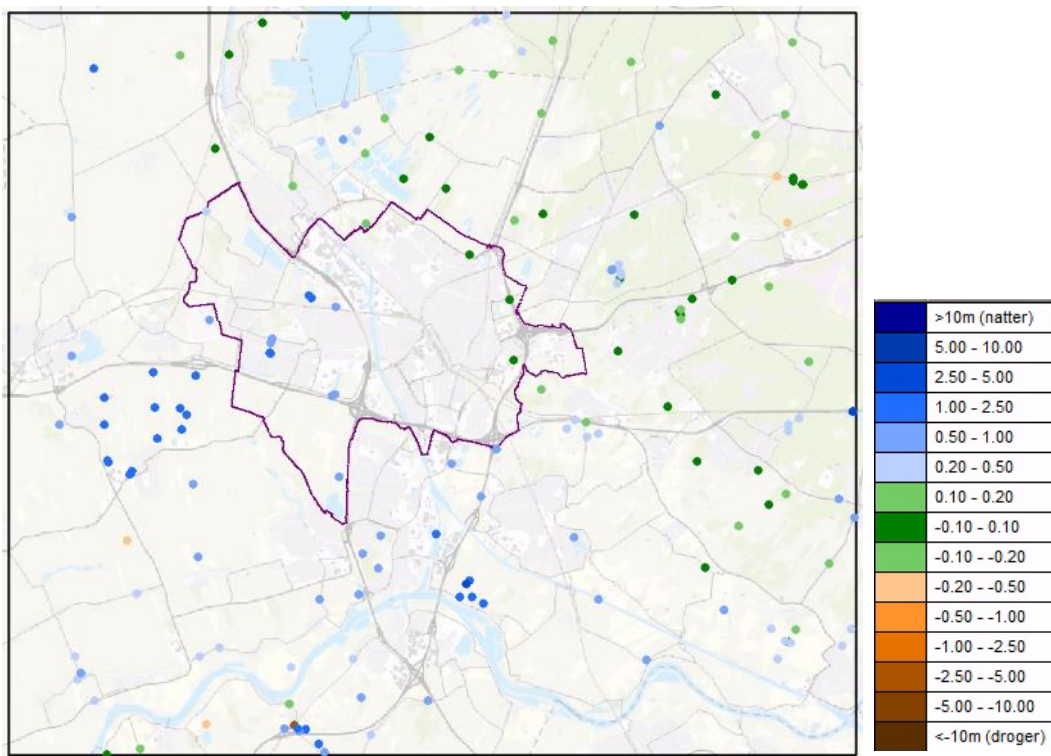
BASIS1 model stationair



Figuur 10-18: Modelresiduen (m) Validatie en Kalibratieset freatische pakket (modellagen 1-2) BASIS1 model 25x25m stationair binnen regiomodel-extent (blauw: berekende stijghoogte is meer dan 20cm hoger dan gemeten; oranje/bruin: berekende stijghoogte is meer dan 20 cm lager dan gemiddeld).



Figuur 10-19: Modelresiduen (m) Validatie en Kalibratieset eerste watervoerend pakket (modellagen 3-14)
BASIS1 model 25x25m stationair binnen regiomodel-extent (blauw: berekende stijghoogte is meer dan 20cm hoger dan gemeten; oranje/bruin: berekende stijghoogte is meer dan 20 cm lager dan gemiddeld.

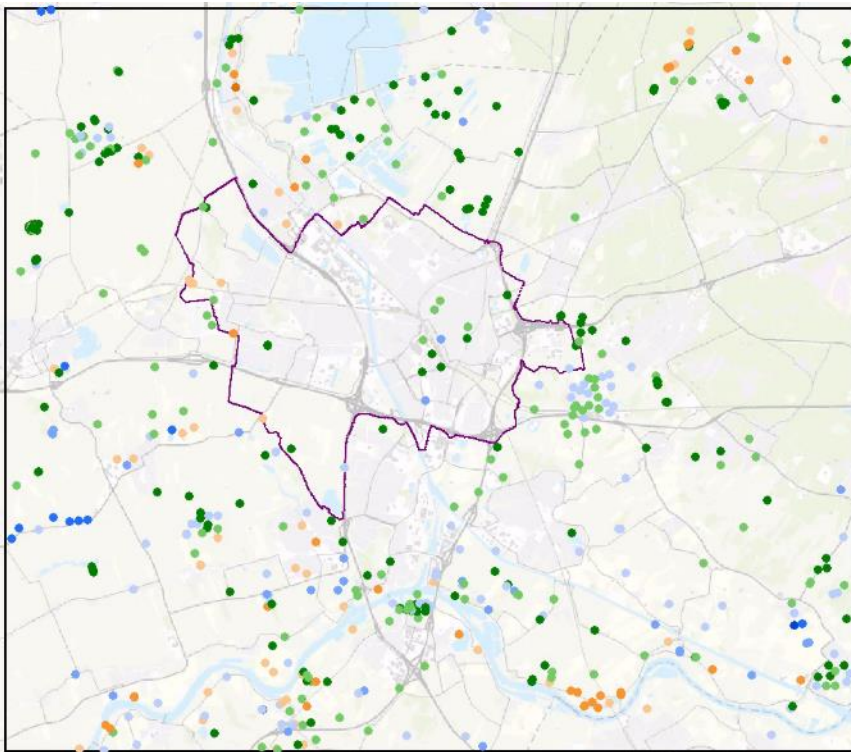


Figuur 10-20 Modelresiduen (m) Validatie en Kalibratieset tweede watervoerend pakket (modellagen 15-27)
BASIS1 model 25x25m stationair binnen regiomodel-extent (blauw: berekende stijghoogte is meer dan 20cm hoger dan gemeten; oranje/bruin: berekende stijghoogte is meer dan 20 cm lager dan gemiddeld).

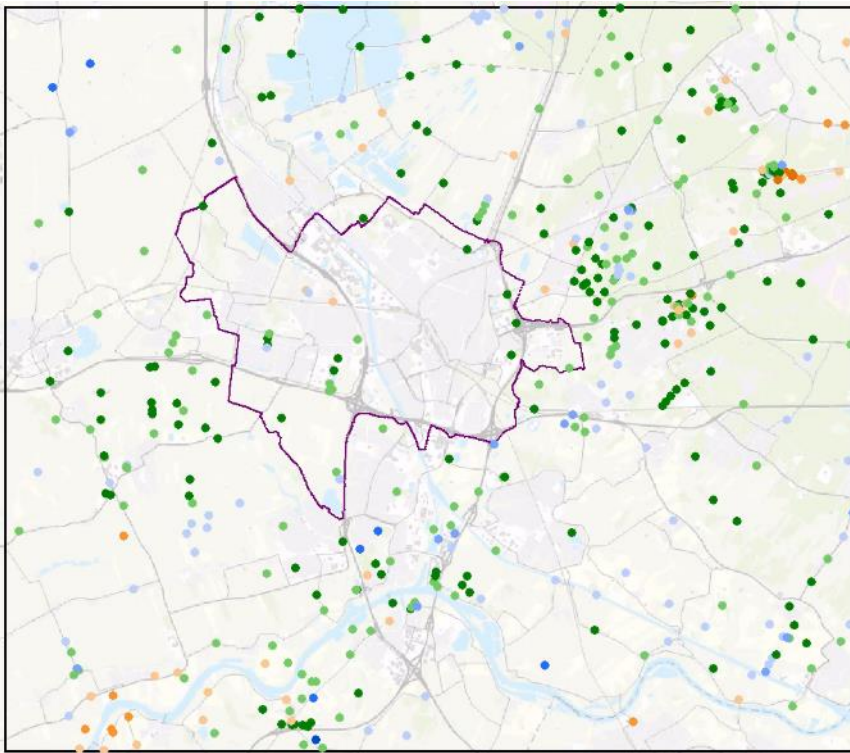
In onderstaande tabel zijn de mean error en de mean absolute error weergegeven van het BASIS1 model. Ook hierin is duidelijk te zien dat het model met name diep te hoge grondwaterstanden modelleert.

Layer	N	ME	MAE
1	229	0,09	0,32
2	107	-0,13	0,26
3	69	0,01	0,21
4	31	0,10	0,21
5	1	-0,46	0,46
6	68	0,02	0,15
7	11	0,12	0,15
8	11	-0,20	0,32
9	58	-0,05	0,36
10	22	0,04	0,14
11	8	-0,04	0,24
12	13	0,08	0,11
13	16	0,04	0,21
14	35	0,12	0,46
15	10	0,62	0,66
16	9	0,29	0,34
17	29	0,59	0,60
18	30	0,58	0,60
19	12	0,27	0,37
20	16	0,42	0,53
21	20	0,56	0,59
22	8	0,23	0,29
23	12	0,51	0,51
24	4	0,61	0,66
25	8	0,17	0,30
26	23	0,78	0,80
27	29	0,57	0,58
Total	889	0,14	0,34

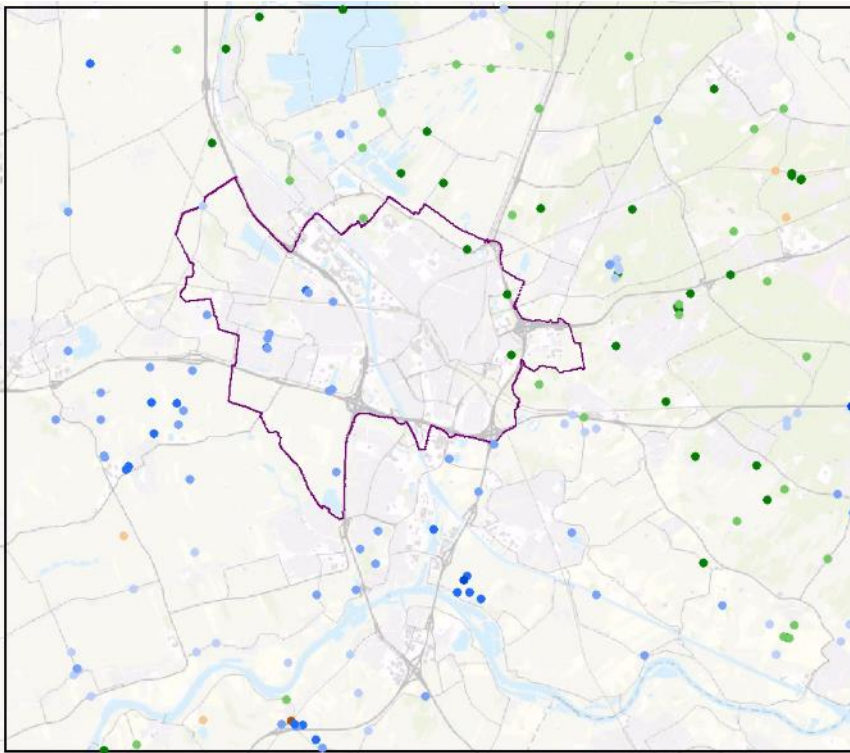
BASIS2 model stationair



Figuur 10-21 Modelresiduen (m) Validatie en Kalibratieset freatische pakket (modellagen 1-2) BASIS2 model 25x25m stationair binnen regiomodel-extent (blauw: berekende stijghoogte is meer dan 20cm hoger dan gemeten; oranje/bruin: berekende stijghoogte is meer dan 20 cm lager dan gemiddeld).

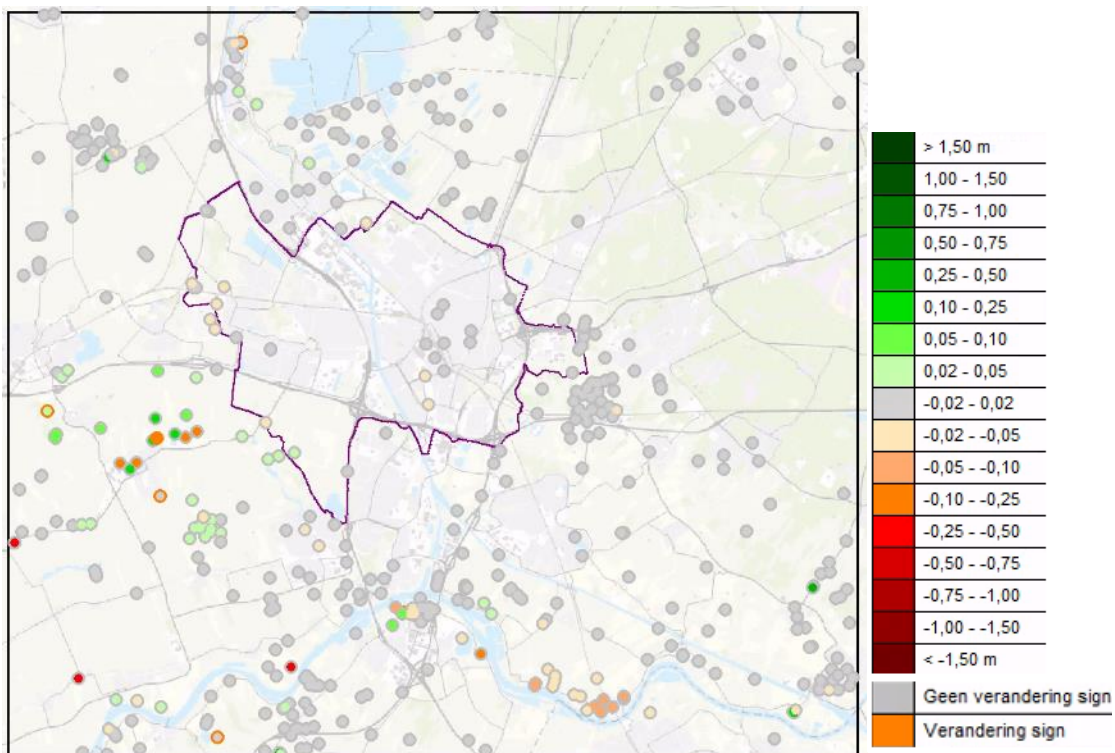


Figuur 10-22 Modelresiduen (m) Validatie en Kalibratieset eerste watervoerend pakket (modellagen 3-14)
BASIS2 model 25x25m stationair binnen regiomodel-extent (blauw: berekende stijghoogte is meer dan 20cm hoger dan gemeten; oranje/bruin: berekende stijghoogte is meer dan 20 cm lager dan gemiddeld.

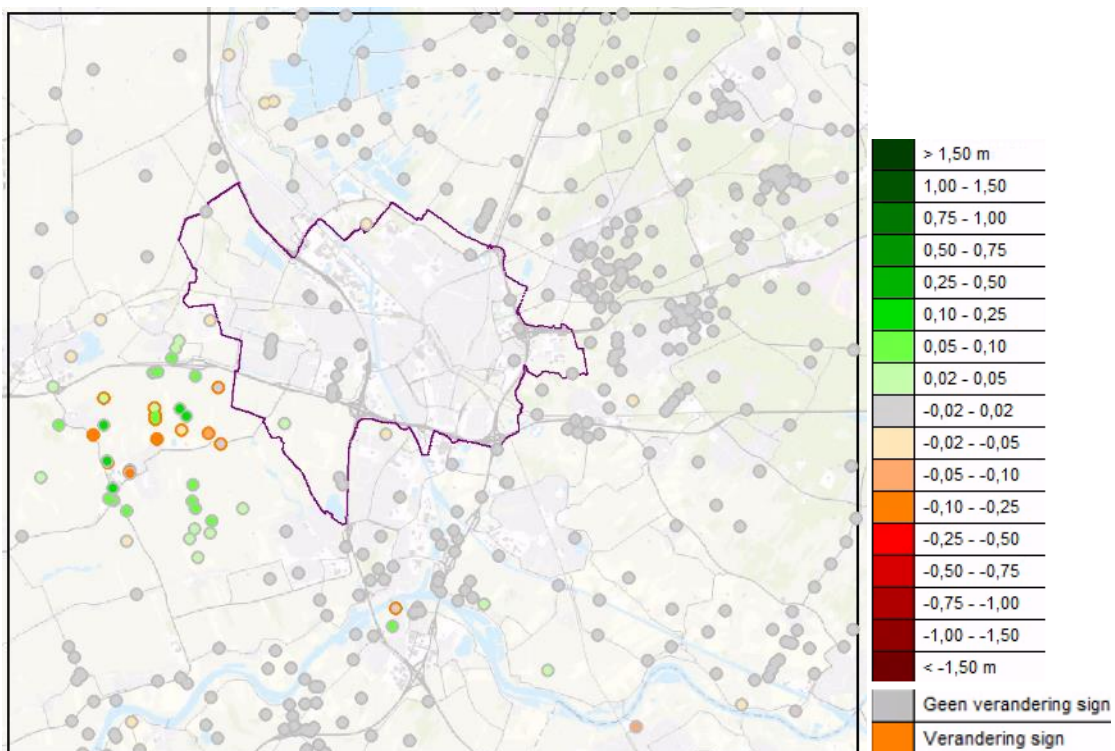


Figuur 10-23 Modelresiduen (m) Validatie en Kalibratieset tweede watervoerend pakket (modellagen 15-27)
BASIS2 model 25x25m stationair binnen regiomodel-extent (blauw: berekende stijghoogte is meer dan 20cm hoger dan gemeten; oranje/bruin: berekende stijghoogte is meer dan 20 cm lager dan gemiddeld.

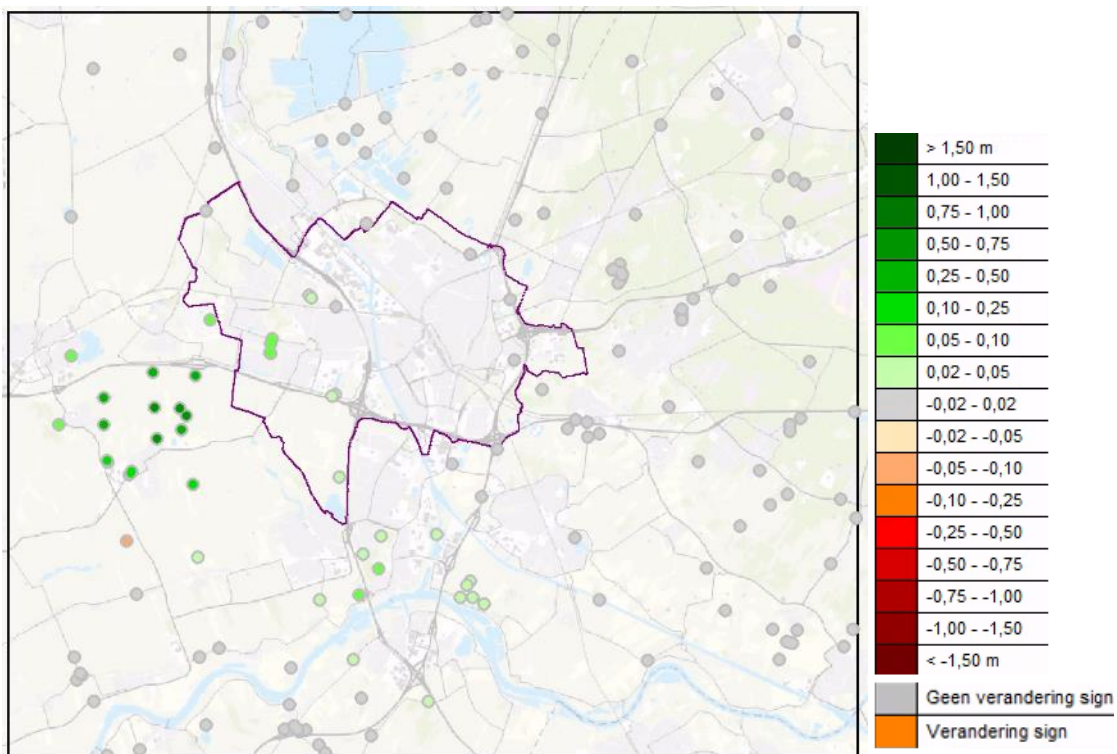
Modeleffect BASIS2 stationair



Figuur 10-24 Effect modelaanpassigen BASIS2 tov BASIS1 voor het freatische pakket (modellagen 1-2).



Figuur 10-25 Effect modelaanpassigen BASIS2 tov BASIS1 voor het eerste watervoerend pakket (modellagen 3-14).



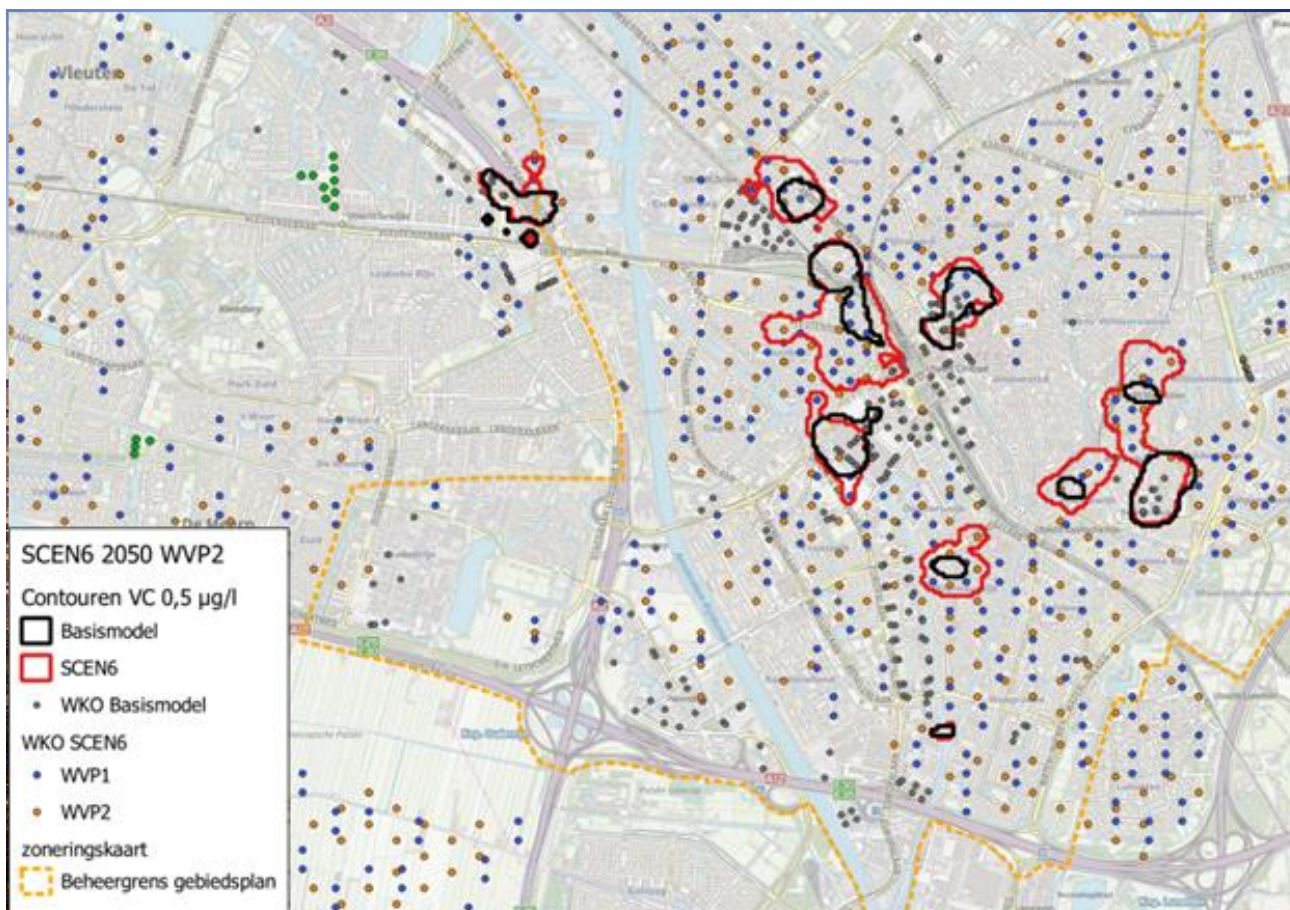
Figuur 10-26 Effect modelaanpassigen BASIS2 tov BASIS1 voor het tweede watervoerend pakket (modellagen 15-27).

Together with our clients and the collective knowledge of our 22,000 architects, engineers and other specialists, we co-create solutions that address urbanisation, capture the power of digitalisation, and make our societies more sustainable.

Sweco – Transforming society together

Scenarioberekening

Waterkwaliteitsberekeningen GHM



Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging	Herzien	Vrijgegeven door
C1	Maart 2026	Opzet eerste versie		
C2	Maart 2026	Aanpassingen na opmerkingen gemeente		
D1	April 2026	Definitieve versie	SH	WN

Sweco Nederland B.V.

Onderwerp

Projectnummer

Klant

Auteur

Datum

Versie

Documentreferentie

Handelsregister 30129769

GHM Gemeente Utrecht

51017819

Gemeente Utrecht

Wilmer Noome

07-04-2026

D1

NL26-648800269-GHMscenario

Gecontroleerd door

Stijn Hekhuis

Vrijgegeven door

Wilmer Noome

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	6
1.1 Aanleiding en doel	6
1.2 Leeswijzer	7
2 Het GHM en de Scenario's	8
2.1 Modelbeschrijving GHM	8
2.2 Afbraakconstanten gemeente Utrecht	8
2.3 Aandachtspunten gebruik GHM	9
2.3.1 Totstandkoming scenario's	9
2.4 Koppeling PlanMER varianten	14
3 Resultaten grote schaal	16
3.1 Vergelijking GHM en model 2015	16
3.2 Horizontale verplaatsing verontreinigingen	19
3.3 Verticale verplaatsing verontreinigingen	21
3.4 Oppervlaktewater en verontreinigingen	22
3.5 Drinkwaterwinning Leidsche Rijn en Bethunepolder	25
3.6 Afleiding afbraakconstanten VOCl	26
3.7 Verspreiding tot 2200	29
4 Resultaten kleine schaal	32
4.1 Atoomweg en impact op de drinkwaterwinning	32
4.1.1 Verontreiniging Atoomweg eerste watervoerend pakket	33
4.1.2 Verontreiniging Atoomweg tweede watervoerend pakket	34
4.1.3 Conclusie	36
4.2 Merwedekanaal overspringen verontreiniging	36
4.3 VOCl in het tweede watervoerende pakket	38
4.3.1 Jaarbeurs, VOCl in het tweede watervoerende pakket	38
4.3.2 Doorslaan VOCl naar watervoerende pakket 2	39
4.3.3 Effect verspreiding over de gebiedsgrenzen	41
4.3.4 Beoordeling effecten	42
4.4 OBES in Nieuwegein (scenario 5)	42
5 Verontreinigingen in Utrecht	45
5.1 Gevoelighedsanalyse en resultaten	45
5.2 Advies	47

Samenvatting

De gemeente Utrecht werkt aan een actualisatie van het *Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer (GGB)*. Om beter inzicht te krijgen in de verplaatsing, afbraak en risico's van de verontreinigingen binnen het gebiedsplan is het Geohydrologisch Model Utrecht (GHM) ontwikkeld. Dit model combineert grondwaterkwantiteit met waterkwaliteit en maakt het mogelijk om effecten op verspreiding van verontreinigd grondwater bij verschillende toekomstscenario's door te rekenen, waaronder groei van open bodemenergiesystemen (OBES) en veranderingen in drinkwaterwinning

Kernbevindingen

1. Vergelijking met de modelstudie 2015

De resultaten en verspreiding van de verontreinigingen uit dit onderzoek verschillen van de oude studie uit 2015. Enkele belangrijke punten zijn:

- Pluimen zijn kleiner dan gedacht.
- Stromingsrichting is beter gedetailleerd.

Dit is belangrijk als achtergrond voor keuzes in het nieuwe gebiedsplan: de bestuurlijke boodschap is "de risico's zijn anders (en kleiner) dan in 2015 werd aangenomen".

2. Invloed drinkwaterwinning Leidsche Rijn

- De drinkwaterwinning Leidsche Rijn heeft een dominante sturende werking op de regionale grondwaterstroming binnen Utrecht.
- Grondwater vanuit bronlocaties stroomt uiteindelijk richting de winning, maar de reistijd van een waterdruppel bedraagt 150–500 jaar, afhankelijk van de locatie.
- Door afbraak van VOCl (met hogere afbraaksnelheden dan literatuurwaarden) zijn verontreinigingen volledig afgebroken ruim voordat ze de winning zouden kunnen bereiken.
- In geen enkel scenario (basisscenario, +30% winning, 0% winning) bereikt verontreinigd grondwater de winning.
- Wel is de Atoomweg-pluim door ligging in de bufferzone de kritische locatie, maar ook daar bereikt de verontreiniging de winning niet.

De drinkwaterwinning Leidsche Rijn trekt verontreinigingen aan, maar vormt geen risico omdat afbraak sneller gaat dan de aanvoer.

3. Doorslag van verontreinigingen naar het tweede watervoerende pakket (WVP2)

- Doorslag naar tweede watervoerende pakket treedt in het model op door een combinatie van:
 - Zaklagen (worst-case, oneindige nalevering tot op de Waalreklei),
 - Mogelijke lekken of slechter afgedichte boringen,
 - Natuurlijke afzetting/heterogeniteit in de Waalreklei,
 - OBES in tweede watervoerende pakket.
- Modelleren laat zien dat op meerdere locaties VOCl-pluimen kunnen doorslaan naar tweede watervoerende pakket, maar de omvang en snelheid zijn sterk afhankelijk van lokale weerstand van de kleilaag.
- De verplaatsing in tweede watervoerende pakket blijft beperkt in scenario's zonder OBES in het diepe pakket; transport wordt vooral bepaald door de regionale stroming richting het westen (Leidsche Rijn).

- Bij de Jaarbeurs is een daadwerkelijke verontreiniging in WVP2 vastgesteld, dit bevestigt de modeluitkomsten dat doorslag realistisch is.
- Geen van de doorgeslagen pluimen bereikt in welk scenario dan ook de drinkwaterwinning.

Verticale doorslag is mogelijk en wordt door het model conservatief ingeschat, maar leidt niet tot risico's voor de drinkwaterwinning; wel is verifiërende monitoring in het tweede watervoerende pakket noodzakelijk.

4. Effecten van OBES

OBES zijn in het model de meest invloedrijke factor op de lokale verspreiding van verontreinigingen.

Effecten in WVP1

- sturen lokaal de grondwaterstroming,
- kunnen verspreiding vertragen of versnellen, afhankelijk van positionering,
- voorkomen in sommige situaties verspreiding richting de gebiedsgrens (zoals bij Atoomweg).

Effecten in WVP2

- vergroten de kans op verticale doorslag,
- verontreinigingen verplaatsen sneller en verder,
- pluimen worden in omvang groter,
- effect is sterk afhankelijk van diepte van de filters (dieper = minder invloed op kleilaag).

Grote systemen of clusters van systemen

- Grote systemen (zoals het 16-doubletten OBES bij Merwedekanaalzone) kunnen verontreinigingen overspringen, waardoor pluimen zich snel uitbreiden.
- Dit effect treedt vooral op bij grote, gekoppelde systemen; bij kleinere systemen alleen als bronnen dicht op elkaar liggen.

OBES hebben een impact op verspreiding van verontreinigingen, zowel in het eerste als in het tweede watervoerende pakket. Wel is sturing met deze systemen mogelijk.

5. Belang van afbraakconstanten

De afbraakconstanten die in Utrecht zijn afgeleid, wijken af van literatuurwaarden en hebben grote invloed op de uiteindelijke omvang van de pluimen.

Waarom dit belangrijk is:

1. Ze verklaren waarom de verspreiding kleiner is dan in 2015-modelberekeningen.
2. Ze bepalen of verontreinigingen een kwetsbare functie zoals de drinkwaterwinning wel of niet kunnen bereiken.
3. Ze zijn locatieafhankelijk, maar niet overal goed onderbouwd.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In stedelijk Utrecht is het grondwater door bedrijfsactiviteiten in het verleden sterk verontreinigd over een groot oppervlak en tot grote diepte. De gemeente Utrecht heeft daarom in 2015 een Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer (GGB) vastgesteld. In dit Gebiedsplan neemt de gemeente voor een lange periode de verantwoordelijkheid op zich voor de benutting, bescherming en verbetering van de grondwaterkwaliteit van historische bodemverontreinigingen in het grondwater.

In 2022 is de gemeente gestart met een actualisatie van het gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer. Een belangrijk onderdeel bij deze update is het in beeld brengen van de verspreiding van de verontreinigingen. In het Gebiedsplan van 2015 is een gebiedsbeheergrens opgenomen. Het beleid vanuit het Gebiedsplan is erop gericht dat de verontreinigingen niet over deze gebiedsbeheergrens heen gaan.

Wat is het Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer?

Het Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer van de gemeente Utrecht is een gebiedsgericht (sanerings)plan gebaseerd op artikel 55 van de Wet bodembescherming. Het geeft hierbij de kaders gericht op het beschermen en duurzaam gebruiken van het grondwater in de stad.

Het plan is opgesteld vanwege de historische verontreiniging van het grondwater en de noodzaak om dit goed te beheren in het kader van stedelijke ontwikkeling en energietransitie. Het gebiedsplan bevat daarom beleidsregels voor het gebruik van grondwater, zoals bij open bodemenergie (OBES), nieuwbouw en grondwateronttrekking.

Beleidsdoelen van het Gebiedsplan zijn:

- Voorkomen van verspreiding van vervuild grondwater naar schonere gebieden.
- Bevorderen van duurzaam gebruik van de ondergrond, bijvoorbeeld voor bodemenergie, en daarmee het ondersteunen van de stedelijke ontwikkeling.
- Beschermen van drinkwaterbronnen.

Om beter in beeld te brengen hoe de verspreiding van de aanwezige verontreinigingen is, is in de periode 2023-2025 een grondwatermodel opgezet. Dit model combineert een kwantitatief model met een kwaliteitsmodule. Hierdoor is het mogelijk om de verplaatsing en afbraak van de verontreinigingen in beeld te brengen. Beide modellen samen vormen het Geohydrologische Model Utrecht (GHM).

Met het nieuwe GHM zijn verschillende toekomstscenario's doorgerekend om het effect van toekomstige ontwikkelingen en de afbraak voor de verspreiding in beeld te brengen. Dit rapport bevat de resultaten van verschillende doorberekende scenario's en is geschreven voor beleidsmakers. De technische

uitgangspunten van het GHM en hoe dit model is opgebouwd is opgenomen in het Achtergronddocument van het grondwatermodel GHM Utrecht (ref: NL26-648800269-GHM).

De grondwatermodellering is een onderdeel van de actualisering van het huidige Gebiedsplan. In dit kader worden de resultaten uit de scenarioberekeningen gebruikt in de PlanMER en in gesprekken met de betrokken partijen. De in dit rapport opgenomen resultaten zijn ondersteunend voor de te maken besluiten en actualisatie van het nieuw op te stellen Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer.

1.2 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de resultaten van verschillende scenarioberekeningen om effecten van verschillende mogelijkheden voor stedelijke ontwikkelingen op de grondwaterkwaliteit te kunnen duiden. De rapportage begint in hoofdstuk 2 met een beschrijving van de doorgerekende scenario's. Hierbij is kort benoemd wat elk scenario inhoudt en waarom deze is doorgerekend. In hoofdstuk 2 wordt ook de koppeling tussen de scenario's en de PlanMER toegelicht.

Hoofdstuk 3 en 4 gaan vervolgens in op de resultaten van de verschillende scenario's. Hoofdstuk 3 bevat een toelichting op de grootschalige (gemeentelijke) resultaten, we beschrijven op gemeenteniveau wat de resultaten van de scenario's inhouden. In hoofdstuk 4 worden vervolgens enkele specifieke locaties in meer detail beschreven.

De rapportage eindigt in hoofdstuk 5 met een korte conclusie en enkele aandachtspunten bij de resultaten.

2 Het GHM en de Scenario's

In dit hoofdstuk gaan we in op de berekende scenario's met de verschillende stedelijke ontwikkelingen en de verspreiding van verontreiniging in het grondwater. We beschrijven welke scenario's zijn doorgerekend en hoe deze zijn ontstaan. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk de koppeling gelegd met de alternatieven zoals in het PlanMER worden besproken.

We starten met een korte toelichting op het GHM.

2.1 Modelbeschrijving GHM

Voor de scenarioberekening is gebruik gemaakt van een kwantiteit- en kwaliteitsmodel. Gezamenlijk vormen beide modellen het Geohydrologische model Utrecht (GHM Utrecht)¹. Een volledige beschrijving van werking en modelmatige opbouw van het GHM is opgenomen meest recente achtergronddocument van het grondwatermodel GHM Utrecht¹.

Het kwantiteitsmodel (grondwatermodel) is een uitsnede van het regionale AZURE-model. Deze uitsnede is verder verfijnd op gemeenteniveau met gemeente-specifieke data. Onder deze verbeteringen vallen onder andere:

- Een verbeterde toplaag (bodempopbouw),
- Ondergrondse infrastructuur (o.a. damwanden, kelders)
- Toevoegen van open bodemenergiesystemen

Met behulp van een waterkwaliteitsmodule zijn de bekende verontreinigingen aan het model toegevoegd en is doorgerekend welk effect de OBES en afbraak hebben op de vorming van de verontreinigingspluimen in de tijd.

Een meer uitgebreide en technische versie van de gebruikte modellen en de gekozen uitgangspunten is te vinden in het Achtergronddocument van het grondwatermodel GHM Utrecht¹.

2.2 Afbraakconstanten gemeente Utrecht

Tijdens het opstellen van het GHM zijn in samenwerking met de gemeente de afbraakconstanten vastgesteld. Uit de validatie van de eerste berekeningen met literatuur-afbraakconstanten (met de meest recente monitoringsresultaten) bleek dat de verspreiding van verontreinigingen binnen Utrecht niet goed benaderd werd. Op basis van de meetreeksen uit de monitoring van pluimen en het meetnet in Utrecht zijn nieuwe afbraakconstanten afgeleid. Deze analyse is opgenomen in de notitie Afbraakconstanten VOCl GHM².

De uitkomst van de analyse is dat de omzetting van PER en TRI naar CIS sneller verloopt dan volgens de literatuurwaarden. De afbraak van CIS naar VC verloopt sneller dan verwacht wordt op basis van literatuurstudie³. De afbraak van VC naar etheen ligt qua snelheid binnen de range van literatuurconstanten. Deze hogere afbraaksnelheid naar CIS zorgt voor een het minder ver verspreiden van de verontreinigingen.

¹ Achtergrondrapport GHM C1 (feb 2026)

² Deze notitie is opgenomen als bijlage bij het achtergronddocument GHM.

³ Afbraakconstanten t.b.v. grondwatermodel GGB Utrecht, Bioclear (okt 2024)

2.3 Aandachtspunten gebruik GHM

Bij het beoordelen van de resultaten van het grondwatermodel is het belangrijk te weten tot welk detail het GHM de werkelijkheid benaderd. In deze paragraaf zijn enkele aandachtspunten van het grondwatermodel beschreven. De eerste belangrijke opmerking is dat dit een model is, en daarmee altijd de werkelijkheid benaderd en niet volledig nabootst.

Enkele andere aandachtspunten zijn:

- De afbraakconstanten zijn bepaald op basis van twee verontreinigingslocaties in Utrecht. Deze twee locaties hadden een meetnet van voldoende lengte en kwaliteit. Hoewel de validatie toont dat de modellering goed de werkelijkheid benaderd, is onbekend of ruimtelijke verschillen in afbraak aanwezig zijn. Van het tweede watervoerende pakket is minder data beschikbaar, hierdoor was het niet mogelijk om afbraakconstanten voor het tweede watervoerende pakket af te leiden. Op dit moment is gekozen om de afbraakconstanten vanuit het eerste pakket over te nemen voor het tweede watervoerende pakket.
- Klimaatverandering is niet meegenomen in de berekeningen. Hoewel het klimaat verandert, is het niet duidelijk hoe zich dat vertaalt naar de grondwateraanvulling. Zal meer water infiltreren, of vallen voornamelijk zwaardere buien, en stroomt het merendeel van het water oppervlakkig af. Ook is niet bekend hoe de klimaatveranderingen zich vertalen naar jaarlijkse neerslag en verdampingspatronen. Als laatste heeft de grondwateraanvulling een beperkte invloed op de waterkwaliteitsberekeningen. De andere parameters (afbraak, onttrekkingen, e.d.) zijn van groter belang. Daarom is gekozen om de waterkwaliteitsberekeningen uit te voeren met een vast neerslagpatroon (van 2017).
- De celgrootte is 25x25 m. Dit houdt in dat het model vooral bruikbaar is op grotere schaal, en niet op straatniveau. Wanneer een verontreiniging verspreidt naar de naastgelegen cel, dan is de visualisatie van de pluim direct 25 m groter. Deze nauwkeurigheid is niet voldoende om op straatniveau uitspraken te doen.
- De bodemopbouw in het grondwatermodel is gebaseerd op REGIS⁴. Hoewel REGIS door TNO regelmatig wordt bijgewerkt, kan het zijn dat de lokale situatie anders is dan in REGIS is opgenomen. Een voorbeeld hiervan is de dikte en weerstand van de Waalreklei. Uit boringen in Utrecht blijkt dat deze regionale kleilaag mogelijk zandlagen bevat. Deze details zijn niet meegenomen in de huidige modellering.

2.3.1 Totstandkoming scenario's

Om inzichten in wijze en mate van verspreiding in de stedelijke ontwikkeling beter te kunnen duiden zijn in overleg met de belangrijkste stakeholders in de integrale projectgroep (afdelingen Water en Energie van gemeente Utrecht, provincie Utrecht, waterschappen HDSR en AGV én Vitens) enkele scenario's met diverse stedelijke ontwikkelingen vastgesteld en doorgerekend.

Hieronder is een overzicht van deze scenario's opgenomen, inclusief het doel van het scenario.

⁴ Gebruikte versie: REGIS 2.2.3

0. Basisscenario;

In dit scenario is de verspreiding op basis van de huidige situatie doorgerekend tot 2100 en 2200. Hierbij is uitgegaan van de beschikbare data en afgeleide verontreinigingssituatie met als startpunt voor berekening het jaar 2024, zijn de drinkwaterwinningen niet gewijzigd en zijn alleen de bestaande open bodemenergiesystemen in het model opgenomen.

1. Scenario drinkwaterwinning op 130%;

In scenario 1 is het debiet van alle drinkwaterwinningen binnen het modelgebied verhoogd tot 130%. Omdat onbekend is waar eventuele nieuwe drinkwaterwinputten geplaatst worden, is gekozen om het debiet van de alle huidige winputten met 30% te vergroten en geen nieuwe winputten te plaatsen.

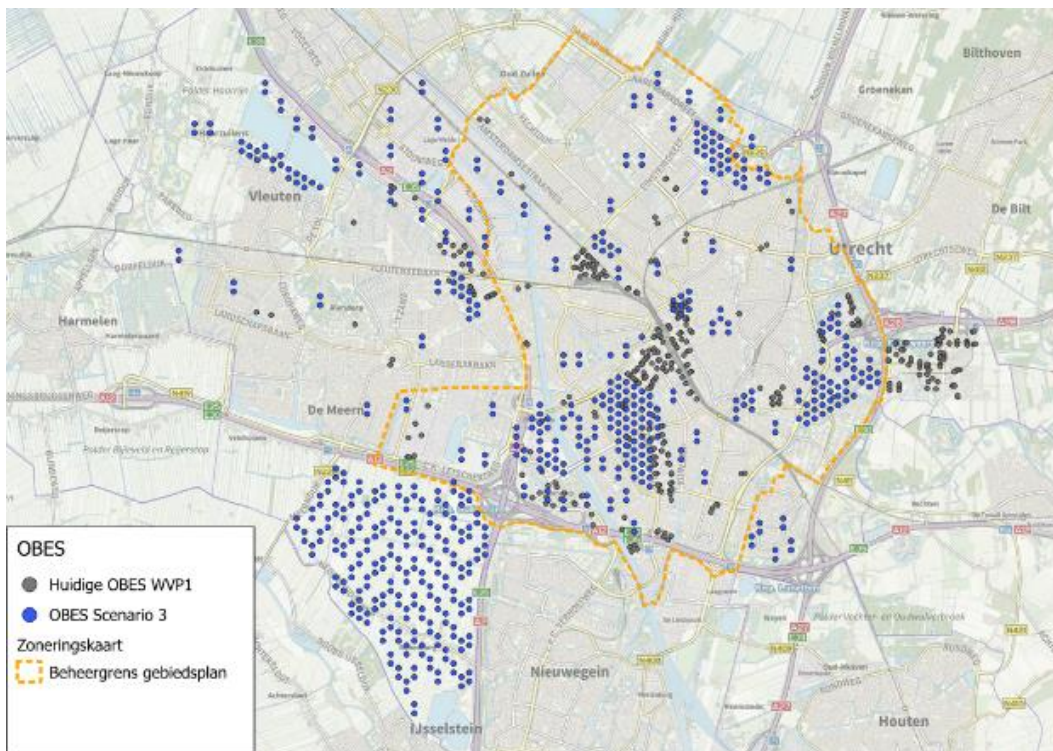
2. Scenario drinkwaterwinning op 0%;

Als aanvulling op scenario 1 is ook een scenario doorgerekend zonder drinkwaterwinningen. Dit scenario is niet realistisch, maar geeft wel een beeld van de natuurlijke verplaatsing van de verontreinigingen. In dit scenario worden de verontreinigingen enkel door bestaande onttrekkingen en de OBES beïnvloed. Afbraak van de verontreinigingen wordt wel gemodelleerd.

3. Scenario groei open bodemenergiesystemen (OBES) in watervoerend pakket 1

In scenario 3 is een grote groei van OBES in het eerste watervoerende pakket, gebaseerd op de nieuwbouwopgave, doorgerekend. Hierbij zijn 307 bodemenergie systemen toegevoegd in het eerste watervoerende pakket. De locaties van de systemen zijn, rekening houdend met interferentie afstanden, hierbij willekeurig bepaald.

Wel zijn bij enkele bekende nieuwbouwlocaties meer systemen geplaatst (onder andere Papendorp). In Figuur 1 is een overzicht toegevoegd van de locatie van de OBES in dit scenario.

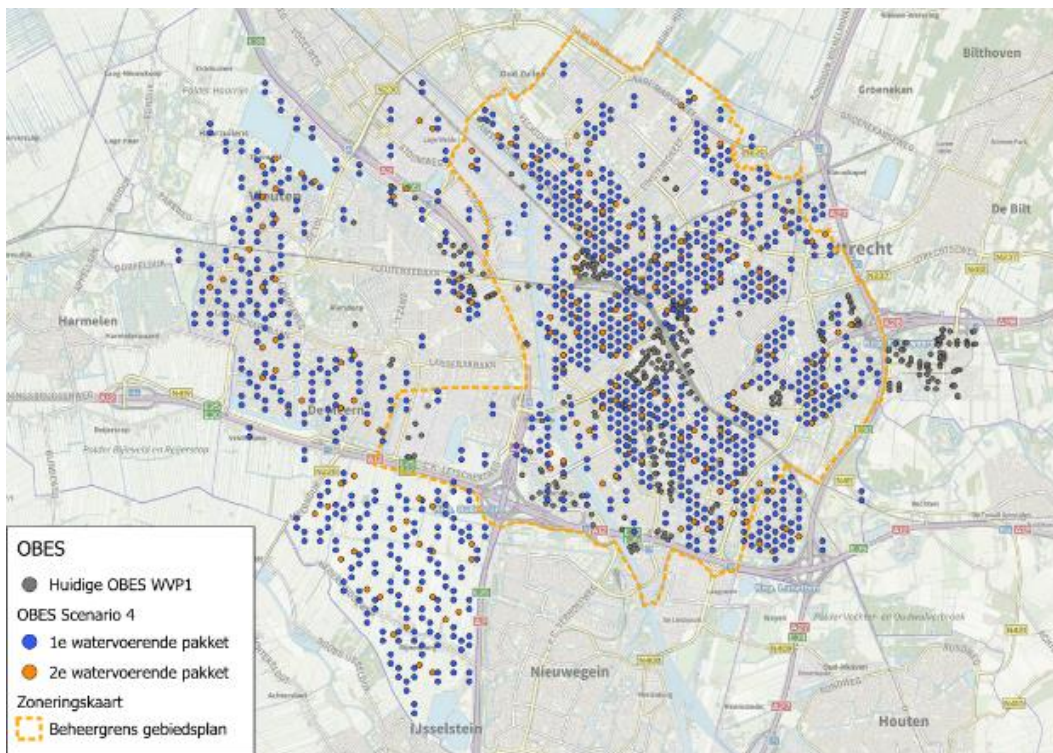


Figuur 1; bodemenergiesystemen in het eerste watervoerende pakket, scenario 3

4. Scenario groei OBES in watervoerende pakket 1 en 2 (verhouding 70% / 30%)

Scenario 4 is een variatie op scenario 3. Hierbij is het aantal nieuwe OBES verdeeld over het eerste en tweede watervoerende pakket én is de warmtevraag opgenomen van zowel nieuwbouw als bestaande bouw. Hierbij is een verhouding van circa 70% OBES in watervoerende pakket 1 (blauwe bolletjes) en 30% in watervoerende pakket 2 toegepast (oranje bolletjes). Tevens is de uitrol van systemen hierbij afgeleid van de bestaande bouw en toekomstige (geplande) nieuwbouw.

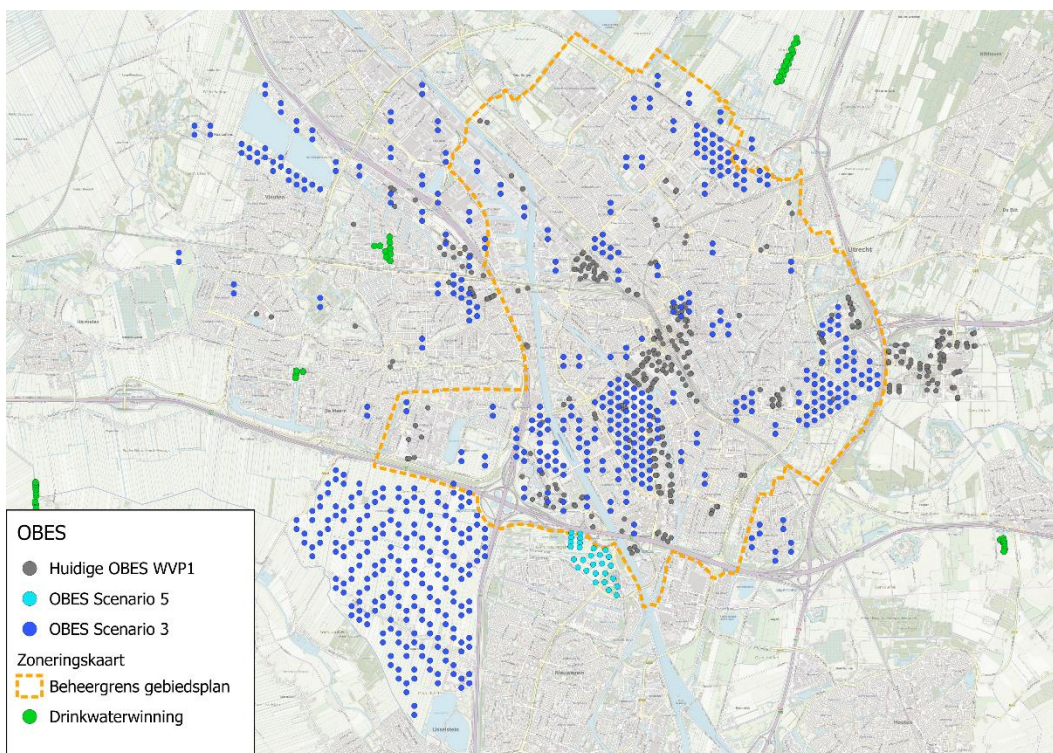
Hoewel op dit moment het juridisch, binnen het huidige Gebiedsplan, niet is toegestaan om OBES in het tweede watervoerende pakket te plaatsen, geeft dit scenario wel inzicht in de mogelijke verspreidingseffecten als gevolg van OBES in het tweede pakket. In Figuur 2 is een overzicht toegevoegd van de locaties van de OBES in eerste en tweede watervoerend pakket.



Figuur 2; bodemenergiesystemen in het eerste en tweede watervoerende pakket. Scenario 4

5. Scenario groei OBES in Nieuwegein in watervoerende pakket 1

Uit gesprekken met de gemeente Nieuwegein kwam naar voren dat de gemeente Nieuwegein een toename van OBES op de grens met de gemeente Utrecht verwacht. Om de effecten van deze OBES op de aanwezige (zuidelijk gelegen) verontreinigingen in beeld te brengen, is hiervoor een scenario ingericht. In Figuur 3 zijn deze OBES opgenomen (lichtblauw). Hierbij is uitgegaan van een gelijke groei van OBES in het eerste watervoerende pakket in Utrecht (scenario 3). Er is gekozen voor het eerste watervoerende pakket om de eventuele effecten te zien op de dichtstbijzijnde verontreiniging in het eerste watervoerende pakket.



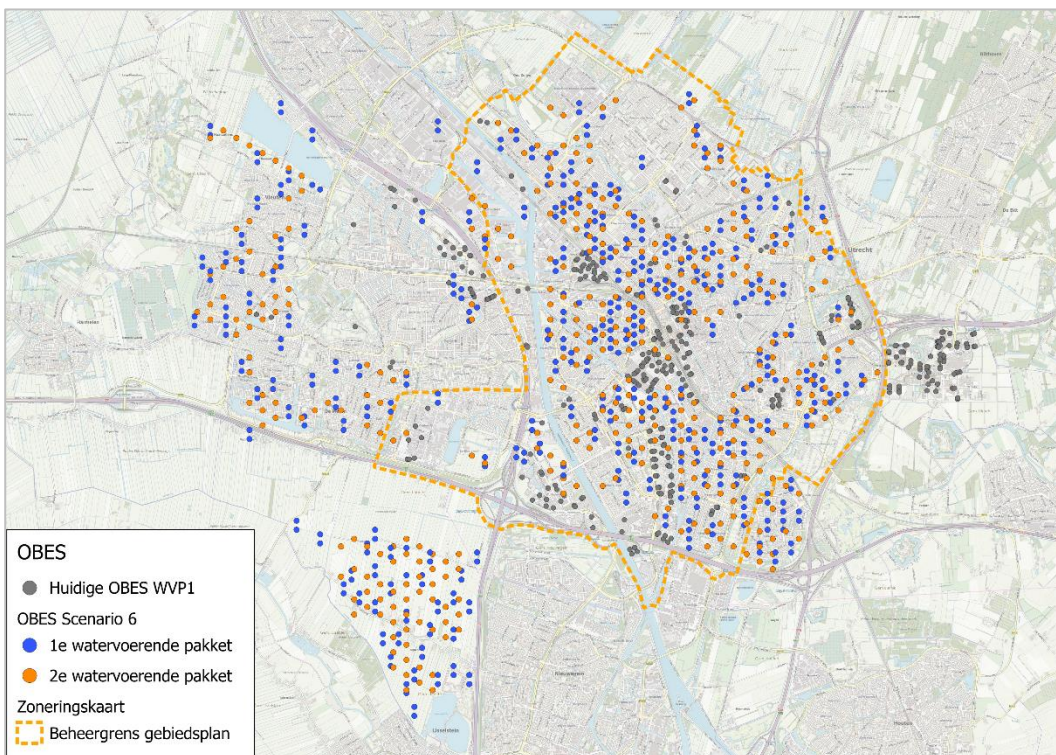
Figuur 3; bodemenergiesystemen in Nieuwegein en Utrecht. Scenario 5

6. Scenario groei OBES in watervoerende pakket 1 en 2 (verhouding 30% / 70%)

Op verzoek van de provincie Utrecht, waterschappen en Vitens is in scenario 6 een meer extreme variant van gebruik van bodemenergie vanuit het tweede watervoerend pakket voor bestaande en toekomstige bouwopgaven doorgerekend.

In dit scenario is de verhouding van OBES tussen het eerste en tweede watervoerende pakket aangepast naar 30% in het eerste pakket en 70% in het tweede pakket. Dit scenario is niet realistisch maar wordt als een worst-case scenario voor effect beoordeling meegenomen.

De uitkomsten geven wel een goed beeld van de mogelijke impact van veel bodemenergiesystemen in het tweede watervoerende pakket. In Figuur 4 zijn de OBES van scenario 6 weergegeven.



Figuur 4; bodemenergiesystemen in het eerste en tweede watervoerende pakket. Scenario 6

2.4 Koppeling PlanMER varianten

Het opstellen van het GHM is onderdeel van de actualisatie van het Gebiedsplan. In dit project wordt opnieuw gekeken naar de mate en wijze van verspreiding en het beschermen en benutten van het grondwater uit het eerste (en tweede) watervoerend pakket. Om de belangen voor de stad Utrecht en de drinkwaterwinning met elkaar te wegen is een ook een PlanMER studie in uitvoering. De uitkomsten uit de scenario's van het GHM zijn hierbij input voor de beoordeling van varianten uit de PlanMER.

De gemeente stelt een milieueffectrapport (MER) op omdat het Gebiedsplan naar verwachting formeel 'PlanMER-plichtig' is. Het geactualiseerde Gebiedsplan kan namelijk kaders (gaan) stellen aan toekomstige activiteiten. Denk hierbij aan randvoorwaarden voor het realiseren van diepe boringen voor bodemenergiesystemen en/of het onttrekken en infiltreren van grondwater. Omdat deze activiteiten formeel MER-(beoordelings)plichtig zijn, is de formele lijn dat het plan of programma dat kaders stelt voor deze activiteiten, in dit geval het Gebiedsplan, PlanMER-plichtig.

Aanvullend vindt de gemeente dat een PlanMER meerwaarde biedt bij de bestuurlijke afweging bij een complex en gevoelig traject als de actualisatie van het Gebiedsplan. Het draagt bij aan de zorgvuldigheid van het lopende proces van de actualisatie van het Gebiedsplan.

Binnen de PlanMER worden eveneens enkele scenario's voor afweging op milieueffecten in beeld gebracht. Deze worden in de PlanMER alternatieven genoemd. De scenario's uit de GHM zoals in dit rapport benoemd zijn, komen deels overeen met de alternatieven uit de PlanMER. Hieronder is een koppeltabel (Tabel 1) opgenomen voor de scenario's uit dit rapport en de alternatieven uit de PlanMER.

Tabel 1: koppeling alternatief PlanMER en scenario's GHM

Alternatief PlanMER	Scenario's GHM	Omschrijving
Referentiesituatie	Basismodel	Huidige situatie
Alternatief 1, Actieve bescherming	Basismodel*	Doorrekening met waterwinning + 130% en waterwinning 0%
Alternatief 2, Benutten en sturen	Scenario 3 en 4	Bodemenergie in eerste en tweede watervoerend pakket met restricties
Alternatief 3, Maximaal benutten	Scenario 6	Bodemenergie in eerste en tweede watervoerend pakket met restricties
	Scenario 5	Doorrekening effecten bodemenergie in combinatie met ontwikkeling Nieuwegein

* Optionele/ vergunde toestemming voor plaatsing OBES meegenomen in model

Niet alle scenario's zijn meegenomen in de PlanMER alternatieven. De scenario's 1 en 2 (aanpassing debiet drinkwaterwinningen) zijn beide geen onderdeel van de alternatieven. Wel zijn deze scenario's goed bruikbaar in het gesprek met Vitens en andere partijen om de invloed van een verhoogd drinkwaterdebiet op de verontreinigingen te bespreken.

3 Resultaten grote schaal

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de scenarioberekeningen. Niet alle scenarioberekeningen en -resultaten worden toegelicht. Dit rapport gaat vooral in op het algemene beeld wat de berekeningen tonen. Hierbij kijken we in hoofdstuk 3 naar alle scenario's op gemeenteniveau. In hoofdstuk 4 bespreken we enkele aandachtsgebieden binnen de gemeente.

Bij de scenarioberekeningen is met name gekeken naar de afbraak van Chloorhoudende Koolwaterstoffen (VOC)-verontreinigingen. De afbraak van de stof Tetrachlooretheen (PER) verloopt volgens tussenproducten. Dit zijn Trichlooretheen (TRI), Dichlooretheen (CIS) en vinylchloride (VC). VC kan worden afgebroken tot onschadelijke stoffen. Bij elke stap gaat de afbraak langzamer, omdat de micro-organismen die de stoffen afbreken minder energie uit de latere stoffen kunnen halen. In de notitie Afbraakconstanten VOCI GHM (opgenomen in uitgangspuntenrapport met ref: NL26-648800269-GHM) is het afbraakproces nader beschreven.

In dit rapport hebben we ons gericht op de afbraakproducten die het meest mobiel zijn; CIS en VC. De afbraak van deze stoffen gaat het minst snel en zorgen voor de grootste verontreinigingspluimen.

3.1 Vergelijking GHM en model 2015

Bij het opstellen van het Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer Utrecht in 2015 zijn eveneens verspreidingsberekeningen uitgevoerd. Deze modelstudie had een andere insteek dan de huidige modelstudie, de studie uit 2015 is op basis van stochastische berekeningen⁵. Hierbij is in beeld gebracht wat de kans is op de het aantreffen van een verontreiniging. De resultaten van deze modellering zijn opgenomen in Figuur 5. In deze figuur zijn de resultaten van de berekeningen tot 2043 en 2113 opgenomen. De figuur toont de kans dat de T-waarde (1/2 interventiewaarde Wbb en als grenswaarde gehanteerd) wordt overschreden. Hierbij toont de groene kleur een kans van minder dan 25% en de oranje kleur een kans van 50-75%. De rode kleur is groter dan 75%. In Figuur 6 zijn de modelresultaten voor het basismodel 2025 voor VC opgenomen.

Wanneer de resultaten van beide modelleringen bekeken worden, is duidelijk een verschil in de vorm van de pluimen en stromingsrichting te zien. De belangrijkste oorzaak hiervan is enerzijds de beschikbare data. In het GHM is:

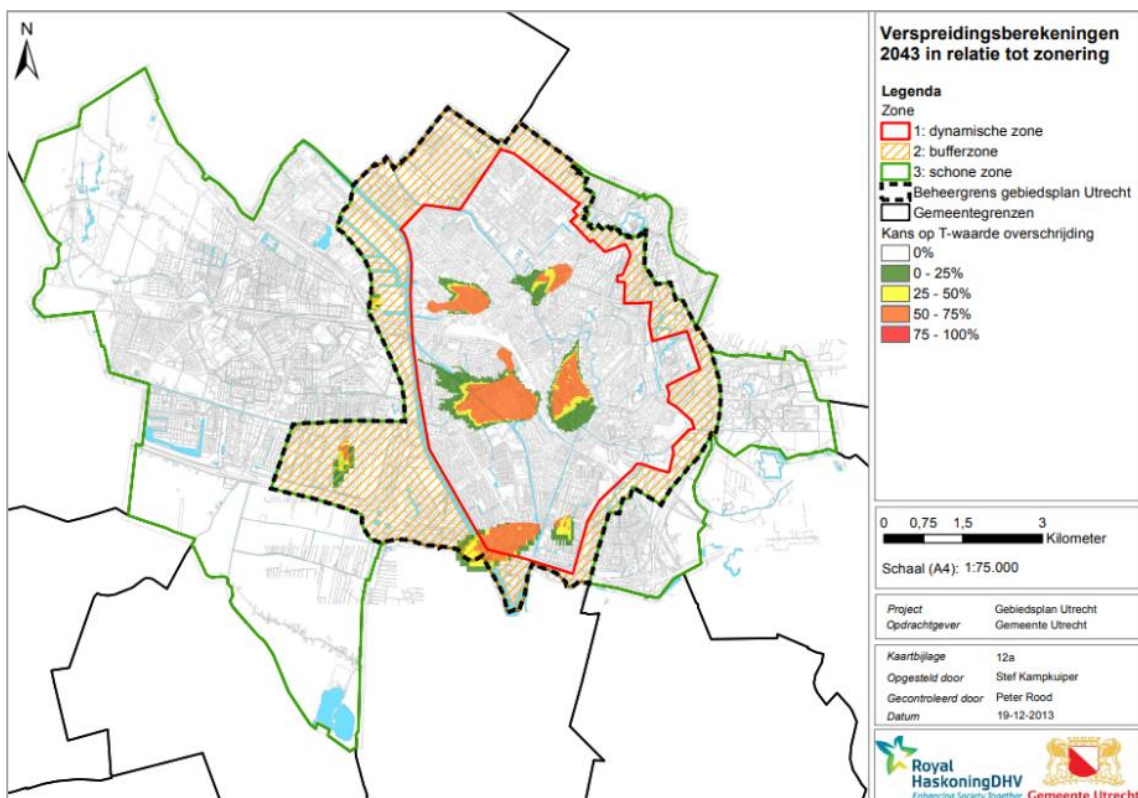
- meer dan 10 jaar extra data toegevoegd van de verontreinigingen,
- zijn aangepaste afbraakconstanten van de VOCI gebruikt,
- is de bodemopbouw in meer detail toegevoegd.

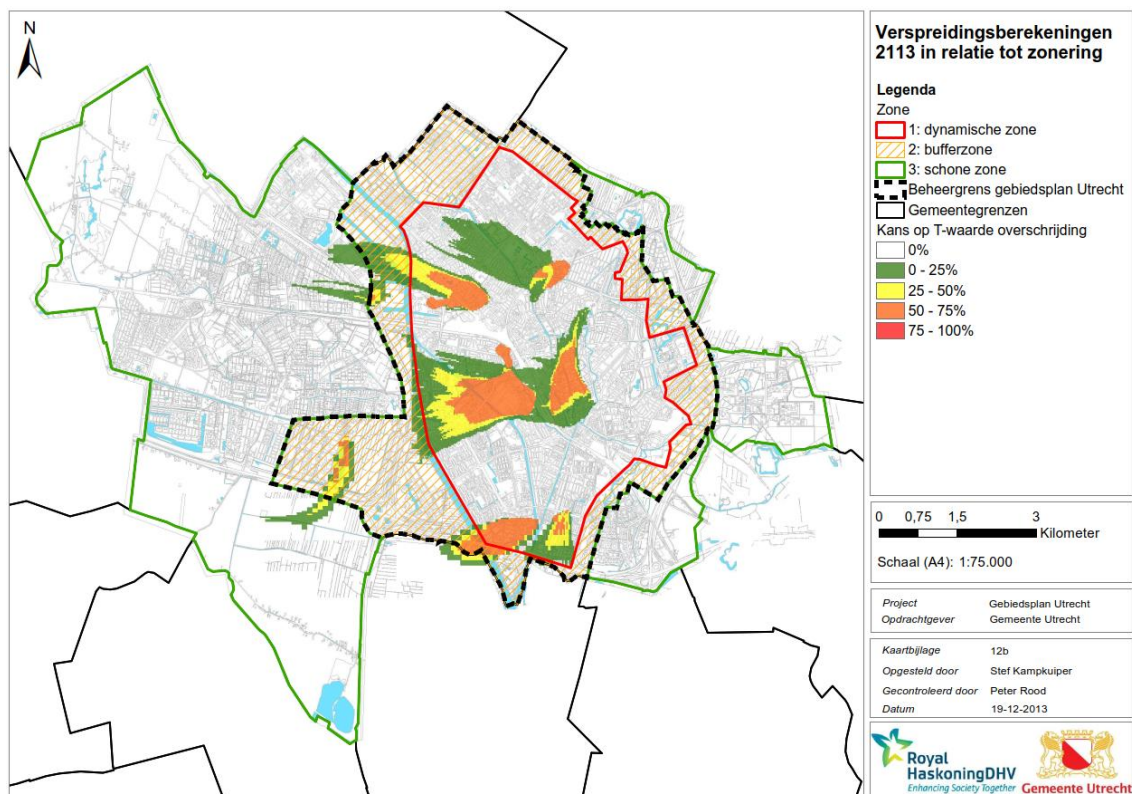
Anderzijds zorgen verschillen in de modelleringsmethode voor verschillen in de resultaten:

⁵ Een stochastische berekening gebruikt kans en toeval om iets te berekenen dat onzeker is. Bij een stochastische berekening verandert het resultaat, doordat er willekeurige elementen in zitten.

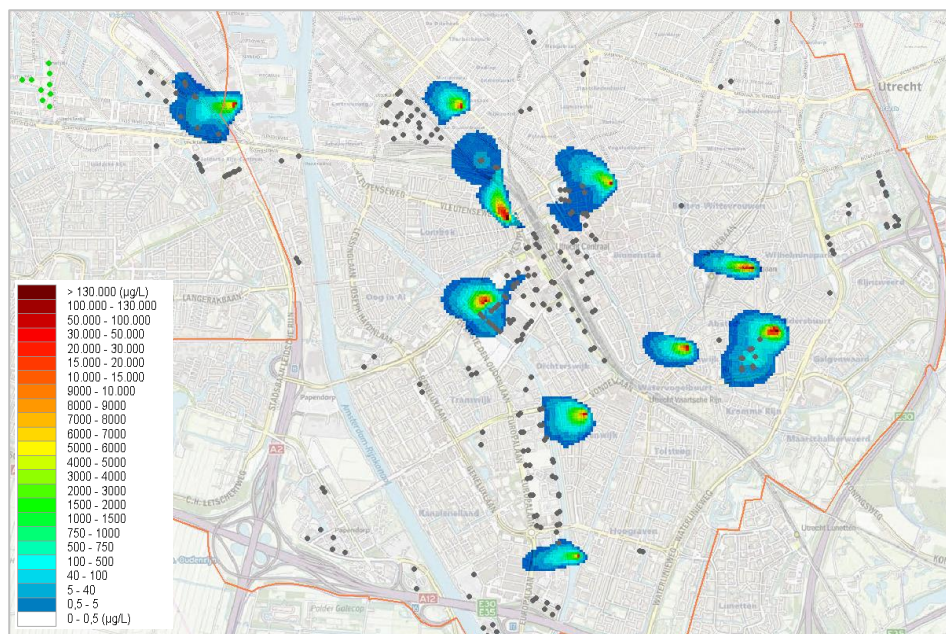
- het GHM berekent op basis van de data de 'daadwerkelijk'-modelmatige verplaatsing.
- Het stochastische model (2015) berekent een kans op een mogelijke overschrijding.

Doordat de modelleermethode zodanig van elkaar verschillen, kunnen beide resultaten niet 1-op-1 met elkaar vergeleken worden. Een vergelijking op het verwacht risico van verspreiding van de verontreinigingen over de gebiedsgrenzen is wel mogelijk.





Figuur 5; Modelresultaten uit 2015, stochastische berekening 2043 (boven) en 2113 (onder)



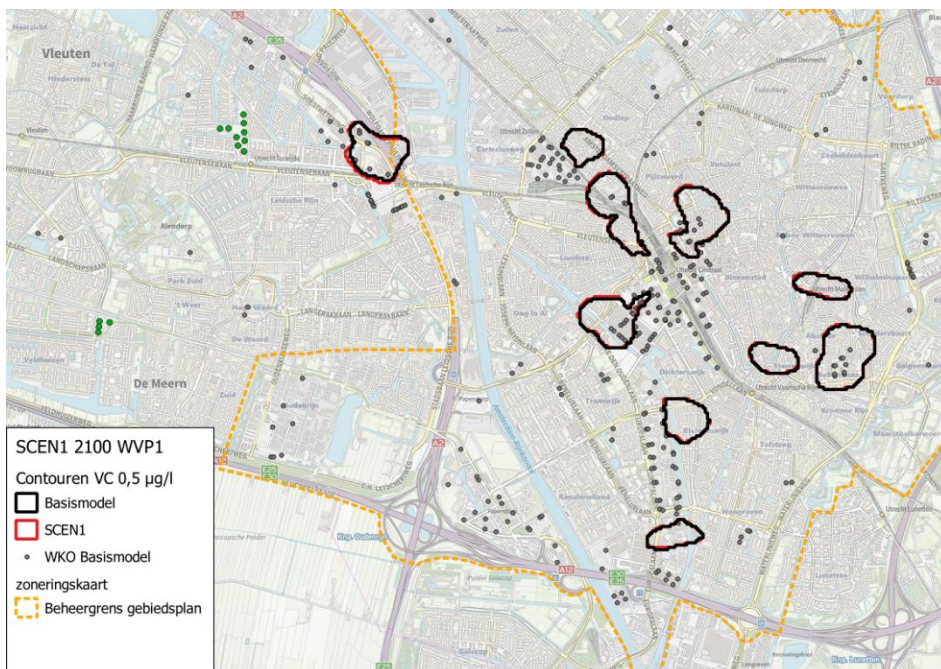
Figuur 6; Modelresultaten uit 2026, basisscenario VC doorgerekend tot 2100

3.2 Horizontale verplaatsing verontreinigingen

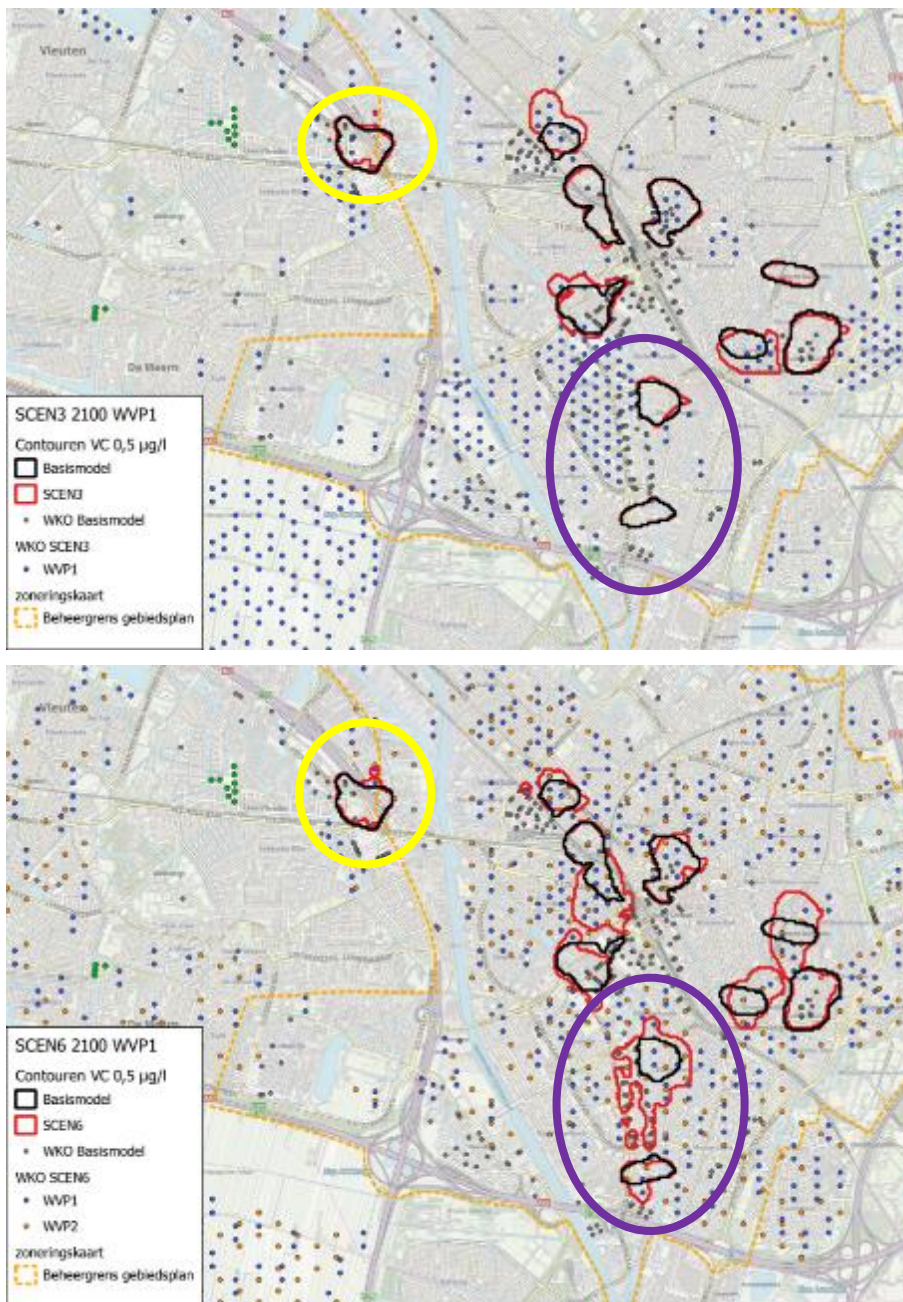
Verspreiding van grondwaterverontreinigingen worden beïnvloed door de natuurlijke grondwaterstroming of door de aanwezigheid van onttrekkingen zoals een drinkwaterwinning en/of infiltraties zoals bij een OBES. Figuur 7 en Figuur 8 toont het verschil in pluimen tussen enkele scenario's en het basismodel tot 2100.

De belangrijkste resultaten hierbij zijn:

- 1) Uit Figuur 7 komt naar voren dat het effect van het vergroten van de drinkwaterwinning (scenario 1) beperkt is. De pluimen in scenario 1 komen grotendeels overeen met de pluimen in het basisscenario. Bij de verontreiniging Atoomweg is wel een groter verschil zichtbaar, dit ontstaat door de nabijheid van de drinkwaterwinning.
- 2) In Figuur 8 zijn de pluimen in de scenario's (3 en 6) met een toename van OBES weergegeven. Hieruit blijkt dat lokaal de OBES een groter effect kunnen hebben op de verplaatsing van de verontreinigingen. De pluimen zijn omvangrijker dan in het basismodel uit Figuur 7. Uit deze scenario's blijkt dat de putten van OBES dusdanig geplaatst kunnen worden, dat de OBES een sturende werking kunnen hebben op de verontreinigingen.
- 3) Als we de verspreidingen toetsen met de modelresultaten uit 2015 blijkt dat de verspreiding kleiner is dan uit de 2015-modellering. Enkele verontreinigingslocaties laten een dusdanige afname zien dat in 2050 geen verontreiniging meer zichtbaar is. De verontreiniging is volledig afgebroken.



Figuur 7; horizontale verplaatsing (VC, 2100, scenario 1)



Figuur 8; horizontale verplaatsing (VC, 2100, scenario 3 en 6)

In Figuur 8 zijn de effecten van bodemenergiesystemen op de verspreiding zichtbaar. Zo is bij de locatie Merwedekanaalzone (paarse cirkel) zichtbaar dat verontreinigingen kunnen worden 'overgepompt' (overspringen van de verontreiniging, zie paragraaf 4.2 voor een aanvullende toelichting). Ook is hier zichtbaar dat de locaties van de OBES-putten zeer bepalend kunnen zijn voor de verspreiding van de verontreiniging. De locatie van de OBES in scenario 6 is anders dan in scenario 3, waardoor de cumulatieve effecten van de OBES op de verontreinigingen in beide scenario's anders zijn. Hierdoor is bij scenario 6 wel het overspringen zichtbaar (de verontreiniging wordt net voldoende aangetrokken) en in scenario 3 niet.

Bij de bronlocatie Atoomweg (gele cirkel) is zichtbaar dat de verspreiding juist wordt beheerst door de aanwezige bodemenergie systemen.

3.3 Verticale verplaatsing verontreinigingen

VOCI-verontreinigingen zijn zwaarder dan water, hierdoor zakken deze verontreinigingen van nature naar beneden. Hierbij zullen ze zich verzamelen op aanwezige kleilagen en vormen ophopingen van verontreiniging tot concentraties boven de oplosbaarheid van stoffen (zogenaamde zaklagen⁶).

Zaklagen

In het Achtergronddocument (ref: NL26-648800269-GHM) gaan we in op de locaties en concentraties van de zaklagen binnen de gemeente Utrecht. Enkele belangrijke punten zijn:

1. Zaklagen zijn gemodelleerd op locaties waar PER of TRI is aangetroffen met een grotere concentratie dan de 5%-oplosbaarheidsgrens (7.500 µg/l). In de monitoring zijn alleen metingen van PER boven de 5%-oplosbaarheid aangetroffen
2. De concentratie van deze zaklagen is gebaseerd op de meest recente meting boven de 5%-oplosbaarheid van PER
3. Bij elke locatie met een zaklaag is deze tot op de kleilaag (Waalreklei) gemodelleerd (worst-case aanname)
4. De concentratie wordt vastgezet op zaklaaglocaties. Er wordt aangenomen dat de zaklagen oneindig lang naleveren

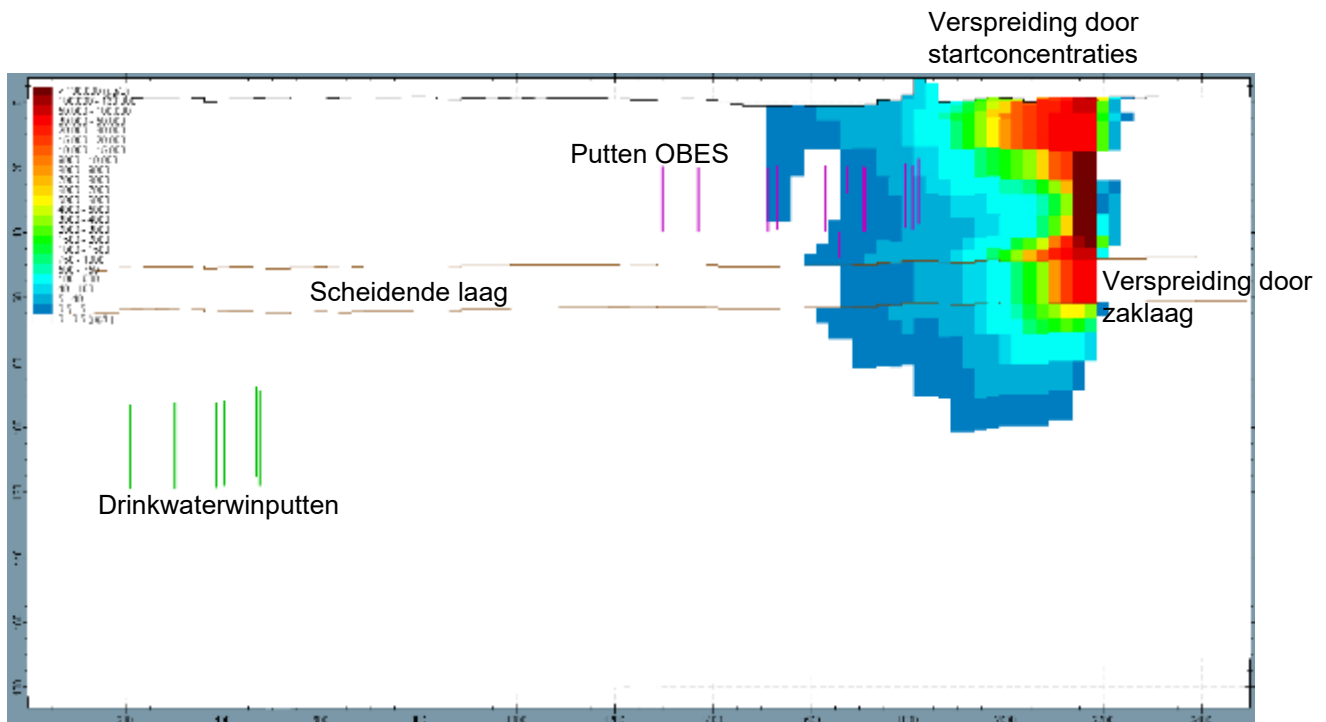
Deze aanpak is een worst-case aanpak van de zaklagen. De exacte diepte en concentratie van de zaklagen is onbekend.

In Figuur 9 is een dwarsdoorsnede van de verontreinigingen nabij de Atoomweg in 2050 (VC) weergegeven. In de figuur is in de rode kleur (hoge VOCI-concentratie) een zandloperfiguur zichtbaar. De bredere bel/verspreiding aan de bovenkant komt door de startconcentraties. In de database van de gemeente Utrecht is bekend hoe het concentratieverloop van de ondiepe verontreiniging is. Op diepte (ter hoogte van de kleilaag) zijn geen concentraties bekend, op basis van de waarde uit de bovenliggende meetpunten is bij de bron tot aan de kleilaag een zaklaag als startpunt opgenomen (zie kader zaklagen voor gehanteerde afleiding bij ontbreken afperkingen). De modellering toont het verder uitzakken (verspreiding onderin) van deze zaklaag. Of deze zaklaag ook daadwerkelijk zo gevormd is hangt af van de lokale omstandigheden en beschikbare gegevens.

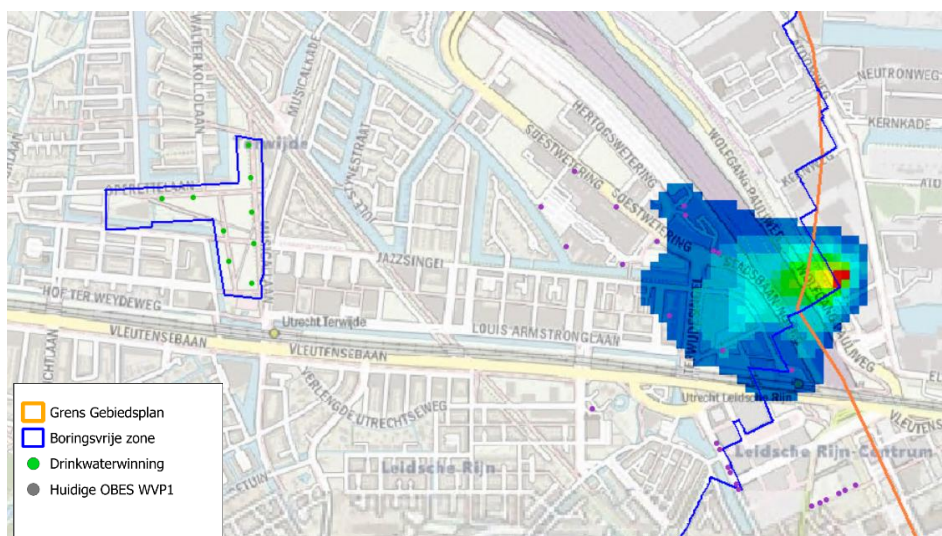
Een belangrijk bijeffect van zaklagen is de vergrote kans dat op de locatie ook een verontreiniging in het tweede watervoerende pakket aanwezig is. De hoge concentratie(s) aan (afbraak)product, vergroot de kans dat de verontreiniging door de kleilaag stroomt naar het diepere pakket. Het doorslaan naar het tweede watervoerende pakket is ook zichtbaar in de Figuur 9. In paragraaf 4.3.2 gaan we hier verder op in.

De aanwezigheid van een OBES in het tweede watervoerende pakket vergroot ook deze kans. Ook dit punt wordt verder toegelicht in paragraaf 4.3.2.

⁶ Een andere, veelgebruikte term voor zaklagen is DNAPL's



Figuur 9; verticale verspreiding van een verontreiniging (VC, 2050). In paars OBES, in groen drinkwaterwinning



Figuur 10; Bovenkantverspreiding van een verontreiniging (VC, 2050). In paars OBES, in groen drinkwaterwinning.

3.4 Oppervlaktewater en verontreinigingen

In het huidige Gebiedsplan (2015) is bepaald dat verspreiding van verontreinigd grondwater naar het oppervlaktewater geen risico's voor de kwaliteit van het oppervlaktewater zal opleveren. Met het GHM is ook gekeken naar de invloed van het oppervlaktewater op de verontreinigingssituatie in Utrecht⁷.

⁷ In het GHM zijn de oppervlaktewaterpeilen van de waterschappen overgenomen, het gaat hierbij om de vaste peilen en niet om de dagelijkse (fluctuerende) waterstand. Hierdoor is het GHM niet optimaal geschikt voor het bepalen van de invloed van het oppervlaktewater op de verontreinigingen.

Of en in hoeverre oppervlaktewater effect heeft op een verontreiniging hangt af van meerdere variabelen:

1. De omvang van de watergang

Binnen de gemeente Utrecht zijn meerdere watergangen aanwezig. Zowel enkele grote als het Amsterdam-Rijnkanaal en het Merwedekanaal, als veel kleine (stedelijke) watergangen. Het invloedsgebied van een watergang op het grondwater wordt grotendeels veroorzaakt door de afmetingen van de watergang. De kleine (stedelijke) watergangen hebben dus een beperkte invloed op de omgeving.

Het Amsterdam-Rijnkanaal en Merwedekanaal hebben een groter invloedsgebied.

2. De eigenschappen van de verontreiniging

Een VOCI verontreiniging is zwaarder dan water, hierdoor zal deze van nature zakken. Als grondwater aan een verontreiniging trekt, dan zal de richting worden beïnvloed door de grondwaterstroming, maar zal de verontreiniging blijven zakken.

De grondwaterstromingen nabij grotere watergangen zal richting het oppervlaktewater zijn, direct rondom de watergang kan deze stroming zelfs naar boven gericht zijn. Doordat een VOCI verontreiniging zwaarder is dan water, zal een omhooggerichte grondwaterstroming het wegzakken van een verontreiniging afremmen. Alleen bij de grote watergangen (Amsterdam-Rijnkanaal en Merwedekanaal) kan de stroming sterk genoeg zijn om de verontreiniging verticaal naar het oppervlaktewater te trekken.

3. De diepte van de verontreinigingen

De verontreinigingssituatie is in de vorige eeuw ontstaan. Dit houdt in dat de VOCI verontreinigingen minimaal 20 jaar de tijd hebben gehad om te zakken. Het effect van de kleine (stedelijke) watergangen is beperkt. Het overgrote deel van de verontreinigingen zal tot onder het invloedsgebied van deze kleine watergangen zijn gezakt.

Op basis van bovenstaande punten, is de conclusie dat het risico dat oppervlaktewater de verontreinigingen aantrekt beperkt. In stedelijk gebied is het effect van de watergangen op de verontreinigingen door de afmetingen, diepte en eigenschappen van de verontreinigingen zeer beperkt.

Verontreinigingen nabij grotere watergangen

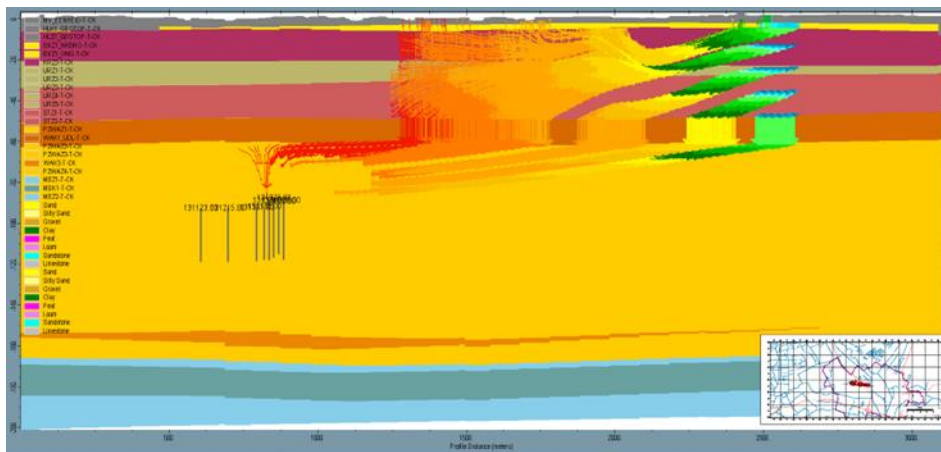
Binnen de gemeente liggen twee verontreinigingslocaties nabij grotere watergangen. De Jutfaseweg ligt bij het Amsterdam-Rijnkanaal en het Merwedekanaal. De Atoomweg ligt ten westen en stroomafwaarts van het Amsterdam-Rijnkanaal. Uit stroombaanberekeningen, zie Figuur 11, blijkt dat de winning een groter effect heeft dan het oppervlaktewater. We zien daar dus ook geen invloeden het oppervlaktewater op de verontreiniging.

In het verleden is al onderzoek uitgevoerd naar het effect van het Amsterdam-Rijnkanaal op de verontreiniging Jutfaseweg (ref: CSM Jutfaseweg 226, Sweco, 05-06-2018). Uit dit onderzoek kwam naar voren dat het effect van het Amsterdam-Rijnkanaal beperkt is. In vergelijking met die studie is bij het GHM gerekend met aangepaste (gunstigere) afbraakconstanten, hierdoor zijn de pluimen minder groot dan toen. Eventuele effecten zijn met de verbeterde

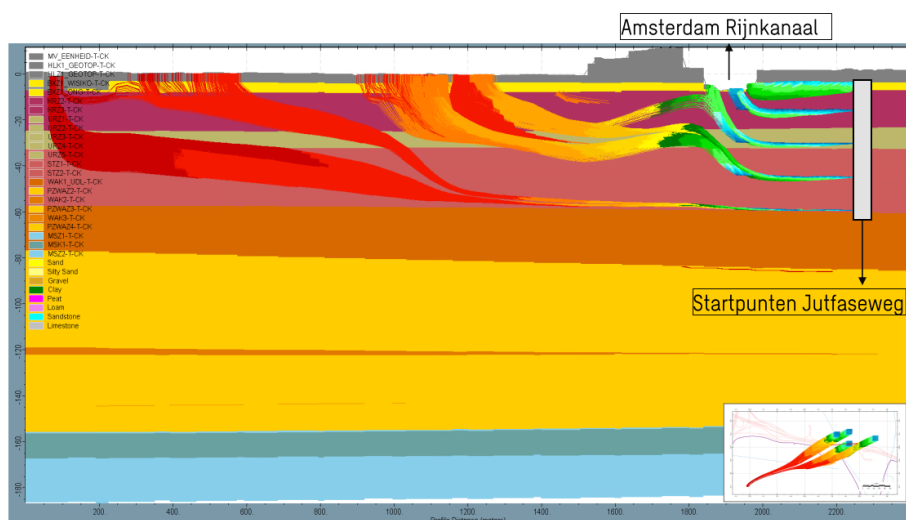
afbraakconstanten minder groot. Op basis hiervan concluderen wij dat de mate van instroom van verontreiniging in het oppervlaktewater kleiner is dan in 2018 verwacht.

In Figuur 12 zijn de stroombanen vanuit de Jutfaseweg naar het oppervlaktewater opgenomen. Deze figuur geeft een indicatie van stroombanen, en of deze (en daarmee mogelijk een verontreiniging) in het Amsterdam-Rijnkanaal aankomen. In de studie van 2018 is geanalyseerd wat het effect is op het oppervlaktewater. Een deel van de stroombanen komt in het Amsterdam-Rijnkanaal uit, en voeren mogelijk ook verontreinigingen mee. Toch zal door de effecten van biologische afbraak in de sliblaag van het kanaal geen meetbare gehalten VOCl optreden in het water van het kanaal. In het Gebiedsplan is daarom geconcludeerd dat er geen meetbare concentraties kunnen opkwellen in het Amsterdam-Rijnkanaal.

De huidige modellering toont eveneens aan dat de verontreinigingspluim (VC, 2100) van de Jutfaseweg niet tot aan het Amsterdam-Rijnkanaal reikt (Figuur 15). Op basis van deze berekening wordt geen verontreiniging vanuit de Jutfaseweg in het Amsterdam-Rijnkanaal verwacht.



Figuur 11; stroombaanberekeningen Atoomweg (stroombanen vanuit de verontreiniging)



Figuur 12; Stroombanen vanaf verontreinigingslocatie Jutfaseweg

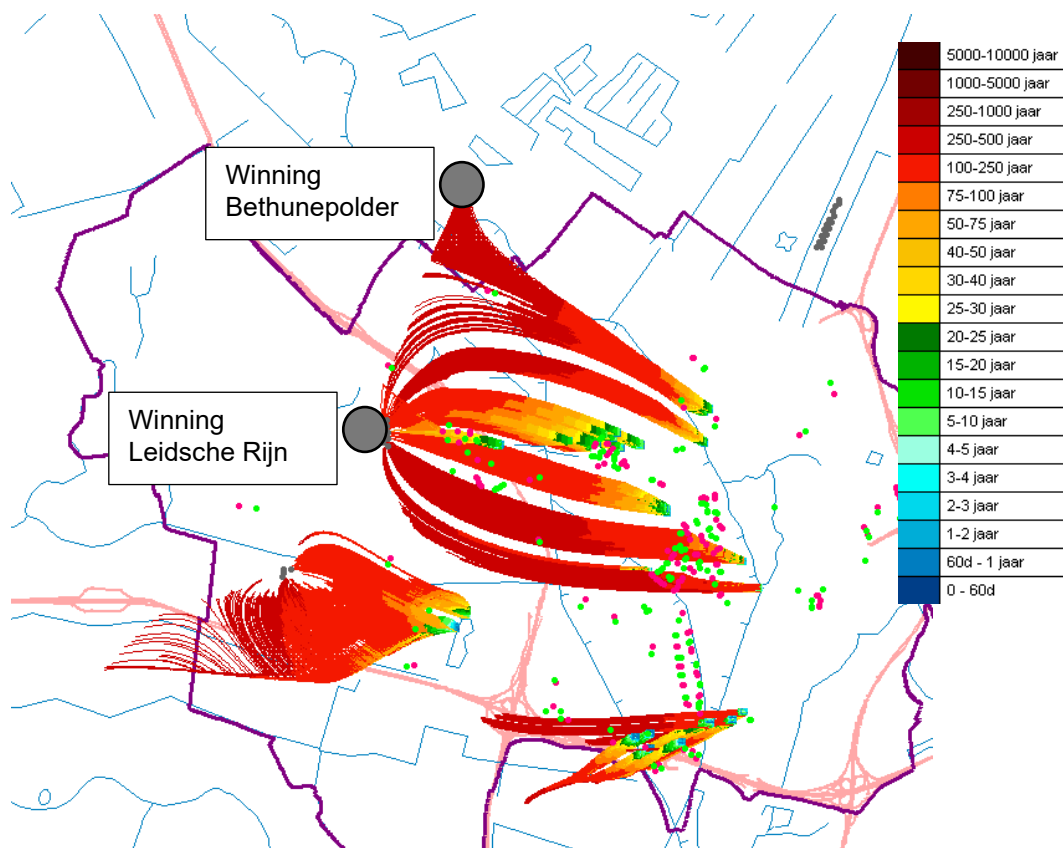
3.5 Drinkwaterwinning Leidsche Rijn en Bethunepolder

De drinkwaterwinningen in en rondom de gemeente Utrecht hebben een belangrijk effect op grondwaterstroming en daarmee ook op verspreiding van verontreinigingen. Om dit eenvoudig in beeld te brengen is een stroombaanberekening uitgevoerd met het geohydrologische model. In Figuur 13 is een stroombaanberekening weergegeven, waarbij in beeld is gebracht hoe lang een waterdruppel erover doet om in een drinkwaterwinning terecht te komen. De figuur toont niet de reistijd van een verontreiniging, bij stroombaanberekeningen wordt geen rekening gehouden met de retardatie en afbraak.

Uit figuur 13 blijkt dat de drinkwaterwinning Leidsche Rijn en (in mindere mate) Bethunepolder een grote invloed hebben op de verspreiding van verschillende verontreinigingen. Grondwater vanuit de bekende bronlocaties uit het centrumgebied doen meer dan 500 jaar over om de winning Leidsche Rijn of Bethunepolder te bereiken. Grondwater dat vanaf bronlocatie Atoomweg stroomt doet er naar verwachting meer dan 150 jaar over om de drinkwaterwinning Leidsche Rijn te bereiken. In paragraaf 4.1 gaan we in meer detail in op deze verontreiniging en het effect op de drinkwaterwinning.

In het zuiden van de gemeente worden verontreinigingen vanaf de locatie Strijkviertel aangetrokken door de waterwinning de Meern.

Hoewel het water uiteindelijk door de winning wordt opgepompt, houdt dit niet in dat ook de verontreiniging in de winning beland. Door de gehanteerde afbraakconstanten is de afbraaksnelheid van de verschillende VOCl-stappen (PER-TRI-CIS-VC) dusdanig dat de verontreiniging afgebroken is voordat deze door de winning wordt opgepompt.



Figuur 13; Stroombaanberekeningen (bronlocaties met verontreinigingen) als startpunt. De figuur toont de reisduur van een waterdruppel, niet de reistijd van een verontreiniging. Bij de stroombaanberekeningen is geen rekening gehouden met afbraak en de invloed van open bodemenergiesystemen (paarse en groene puntjes zijn bestaande OBES putten in eerste watervoerend pakket)

3.6 Afleiding afbraakconstanten VOCl

Bij het GHM is gebruik gemaakt van de specifieke afbraakconstanten binnen de gemeente Utrecht (zie paragraaf 2.2 voor meer informatie). Uit de uitgevoerde analyse van de meetgegevens binnen de gemeente Utrecht is bepaald dat de afbraaksnelheid van VOCl hoger is dan uit de literatuur blijkt. Met name de afbraak van CIS naar VC verloopt sneller dan volgens de gebruikelijke literatuurwaarden. Dit betekent dat PER en TRI nauwelijks buiten de bronzones bij verontreinigingslocaties worden aangetroffen. Er ontstaan pluimen van CIS en VC, waarbij VC over het algemeen meer zal verspreiden, doordat de afbraak langzamer gaat en deze stof zich sneller door de bodem verplaatst. In de metingen van verontreinigingen is dit zichtbaar omdat VC in verhouding tot CIS meer en in hogere concentraties wordt aangetroffen.

Verschillen in de afbraakconstanten zijn bepalend voor de verspreiding van de VOCl-verontreiniging. Om een beter beeld te krijgen van de invloed van de gemeente specifieke constanten hebben we een berekening van het basismodel (scenario 0) uitgevoerd met de literatuur-afbraakconstanten voor CIS en VC. In Tabel 2 zijn de afbraakconstanten voor de gemeente Utrecht en de literatuurwaarden opgenomen. Ook zijn de afbraakconstanten uit 2015 toegevoegd.

Tabel 2: halfwaardetijden afgeleid voor Utrecht en range uit literatuur

Stof VOCI	Range halfwaardetijd literatuur (jaren)*	Halfwaardetijd huidig gebiedsplan (2015) **	Halfwaardetijd afgeleid in Utrecht (jaren)*
PER (-> TRI)	0,4	0,23	0,4
TRI (-> CIS)	0,6	0,68	0,4
CIS (-> VC)	3,8 – 6,93	0,32	1,5
VC (-> Etheen)	1,58 – 5,75	0,52	2

* deze waarden zijn in de modellering vergeleken

** deze waarden zijn gebaseerd op basis van de gegevens van één verontreinigingslocatie.

Afbraakconstanten

Er zijn meerdere studies geweest waarin de afbraak van VOCI wordt benaderd. In dit hoofdstuk worden drie beschouwd.

1. Afbraakconstanten t.b.v. grondwatermodel GGB Utrecht, Bioclear (okt 2024). Hierin is gekeken naar studies in omliggende gebieden en de modellering hierbij. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de literatuur-afbraakconstanten.
2. In het huidige gebiedsplan (2015) zijn afbraakconstanten gehanteerd voor de modellering van de verspreiding. In het gebiedsplan wordt uitgegaan van een snellere afbraak dan in de literatuur of de huidige studie.
3. De notitie Afbraakconstanten VOCI GHM. Hierin zijn de afbraakconstanten afgeleid met de metingen in de verontreinigingslocaties en de rest van het meetnet GGB. Dit geeft voor nu de meest realistische waarden voor de afbraak in Utrecht.

Voor de modellering wordt uitgegaan van de afgeleide waarden voor Utrecht (punt 3). Dit geeft met de huidige kennis het beste beeld van de verspreiding en de eventuele vorming van een stabiele situatie van de verontreinigingen.

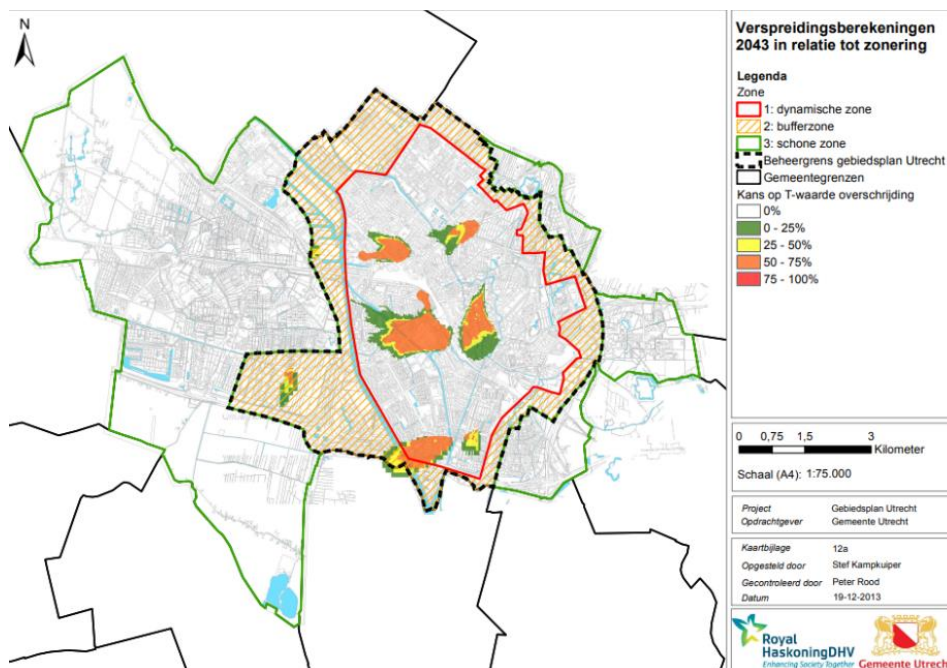
Om een beeld te krijgen van de verschillen in verspreiding is het Basisscenario (scenario 0) doorerekend met de laagste waarde van de literatuur-afbraakconstanten (meest langzame afbraak, hoogste halfwaardetijd). In Figuur 14 en Figuur 15 zijn figuren opgenomen van het verschil in pluimvorming in 2050 en 2100 voor VC. In Figuur 15 is te zien hoe de literatuur-afbraakconstanten in gemeente Utrecht zorgen voor grotere pluimen. De verontreinigen breken langzamer af, waardoor ze zich vanaf de locaties met verhoogde startconcentraties en locaties met nalevering verder verspreiden met de grondwaterstroming. Het verspreidingseffect van verontreinigingen door de OBES is bij het scenario met de literatuur-afbraakconstanten groter dan bij het basisscenario. Pluimen doven minder uit doordat CIS en VC langzamer afbreken. Ook bij locaties waar geen nalevering plaatsvindt wordt in de modellering tot 2100 een pluim berekend.

Op basis van de figuren concluderen we dat indien de literatuur-afbraakconstanten aangehouden worden, de verspreiding van verontreinigingen groter is dan met de specifieke afbraakconstanten afgeleid in gemeente Utrecht (aangehouden in scenario 1 t/m 6). Vergelijken we het resultaat van de

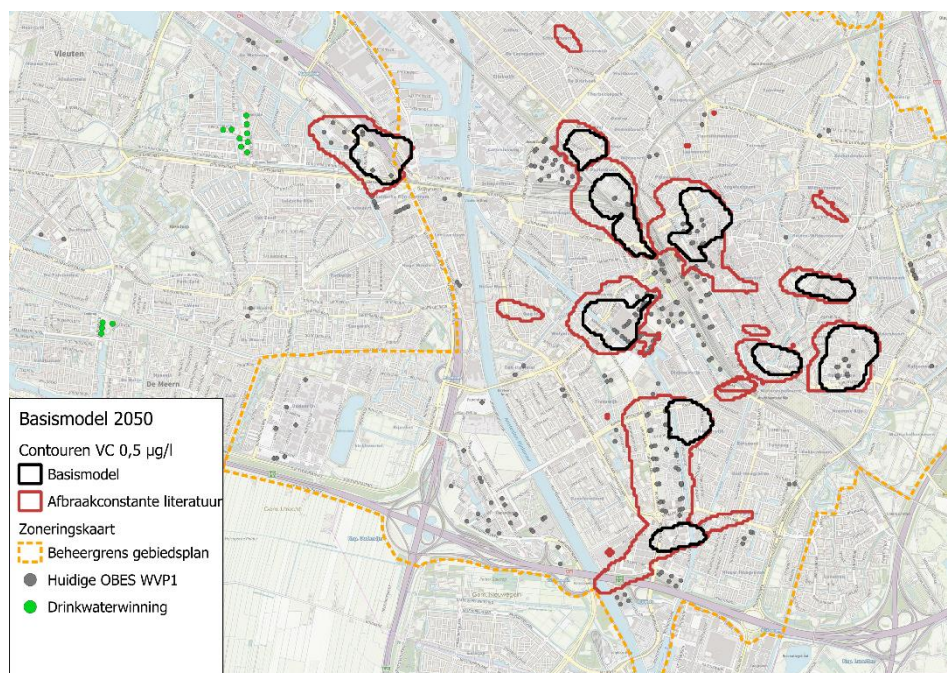
specifieke afbraakconstanten met de literatuur-afbraakconstanten en de modelresultaten uit 2015, dan blijkt dat:

- De resultaten van de stochastische berekeningen (2013) en de literatuur-afbraakconstanten enigszins met elkaar overeenkomen. Toch is de verspreiding met de literatuur-afbraakconstanten minder groot dan in 2015 gemodelleerd (kijkend naar de oranje kleur, meer dan 50% kans).
- De resultaten van de stochastische berekeningen (2013) niet overeenkomen met de resultaten met de afgeleide afbraakconstanten, zowel niet met de afbraakconstanten uit de studie 2015, als niet uit de studie van 2026 (GHM).
- Er sprake is van een zichtbaar effect op de verspreiding door de plaatsing van de OBES. In de situatie met de literatuur-afbraakconstanten is dit effect beter zichtbaar dan in de modellering met de gemeente specifieke afbraakconstanten. Doordat de verontreinigingen verder verspreiden komt een groter gedeelte uit in OBES.
- De verontreinigingen met de literatuur-afbraakconstanten en gemeente specifieke afbraakconstanten niet buiten de gebiedsgrenzen komen. De verontreiniging Jutfaseweg eindigt in 2050 nabij de grens. Uitzondering hierop is de verontreiniging Atoomweg. De startconcentraties van deze verontreiniging bevinden zich al buiten het beheersgebied.
- De verschillen in de mate van verspreiding zijn verklaarbaar door:
 - o Het verschil in modelmethode;
 - o De doorlatendheid van de scheidende laag en meer inzicht in de horizontale doorlatendheid van het 1^e en 2^e watervoerend pakket;
 - o Actueel en beter inzicht in de bodemopbouw, huidige verontreinigingssituatie en regionale grondwaterstroming.

Deze berekeningen geven vooral de noodzaak aan om meer inzicht te krijgen in de afbraakconstanten. Een belangrijke vraag is of dezelfde constanten voor het gehele gebied gelden, of dat ruimtelijke verschillen mogelijk zijn. Voor het tweede watervoerende pakket gaan we uit van dezelfde afbraakconstanten, door gebrek aan (voldoende) gegevens over de verdeling van verontreinigingen en de afbraakproducten uit het tweede watervoerende pakket.



Figuur 14; pluïmvorming met verschillende afbraaksnelheden en modelmethode (boven; stochastische berekening, 2043)



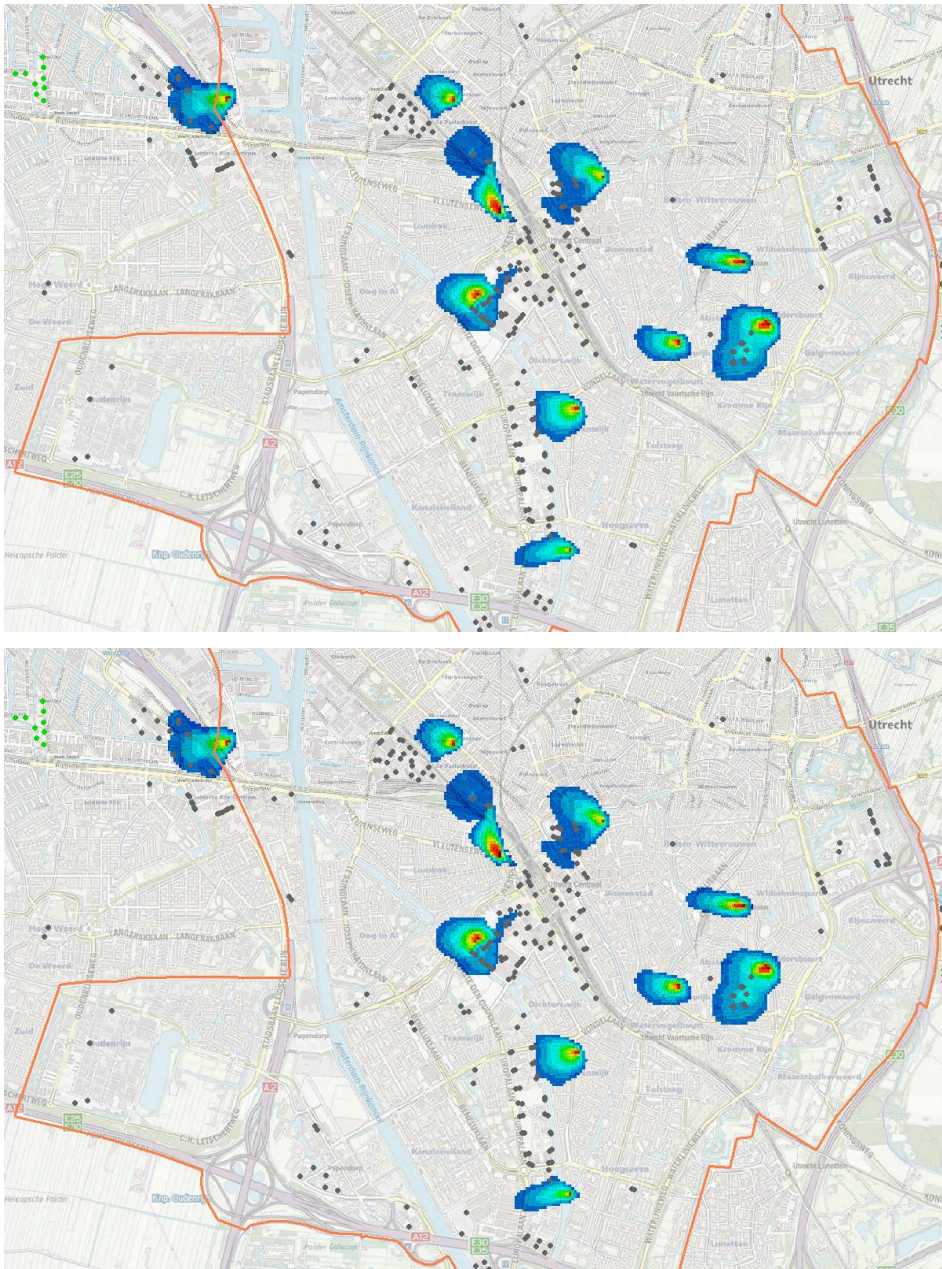
Figuur 15; pluïmvorming met verschillende afbraaksnelheden (VC, wvp1, 2100)

3.7 Verspreiding tot 2200

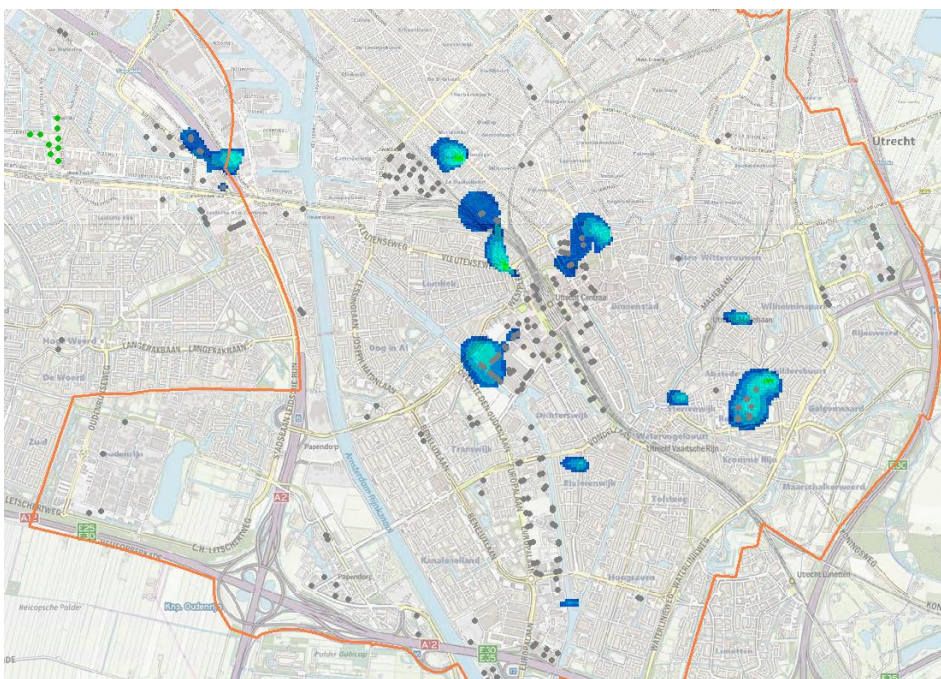
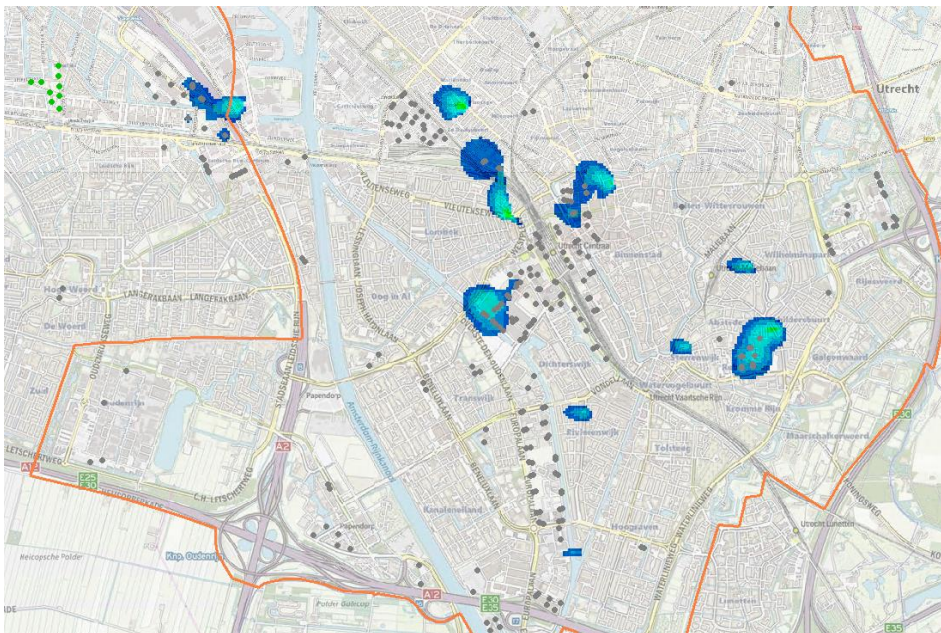
In Figuur 16 en Figuur 17 zijn de resultaten van de verspreiding van VOCl in het eerste en tweede watervoerend pakket van het basisscenario tot 2100 en 2200 getoond. Uit de figuur blijkt dat de pluïmen na 2100 niet meer in afmetingen toenemen. Dit komt doordat rond 2100 een evenwichtssituatie is ontstaan tussen de aanvoer van CIS vanuit de zaklagen en de verdunning en afbraak

van de verontreinigingen. In elke tijdstap wordt evenveel verontreiniging afgebroken aan de buitenzijde van de pluim als verontreiniging toegevoegd bij de kern van de pluim.

In de modellering gaan we uit van een oneindige nalevering vanuit de zaklagen. In werkelijkheid zal de aanwezige vracht verontreinigingen in de bronnen afnemen. De resultaten tot 2200 kunnen daardoor nabij de verontreinigingslocaties ook als een worst-case benadering worden beschouwd.



Figuur 16; basisscenario (VC, 2100 en 2200, wvp1)



Figuur 17; basisscenario (VC, 2100 en 2200, wvp2)

4 Resultaten kleine schaal

In dit hoofdstuk bespreken we enkele specifieke locaties om gedetailleerder te kunnen duiden wat de berekeningen tonen en hoe de resultaten zich verhouden tot diverse onderwerpen uit het Gebiedsplan. De focus voor dit hoofdstuk ligt daarom op:

- Locaties die op basis van de resultaten uit hoofdstuk 3 een verspreiding tot buiten de gebiedsgrenzen laten zien. Dit zijn: Atoomweg in samenhang met de drinkwaterwinning Leidsche Rijn en Jaarbeursplein met een aangetoonde verontreiniging in het 2^e watervoerend pakket.
- Effecten van OBES op verspreiding; specifiek kijken we hier naar Merwedekanaalzone en de Atoomweg. Daarnaast beschrijven we de mogelijke effecten door inzet van OBES in de Gemeente Nieuwegein ten zuiden van de A12.
- Verspreiding van verontreinigingen vanuit het eerste naar tweede watervoerende pakket onder natuurlijke omstandigheden

4.1 Atoomweg en impact op de drinkwaterwinning

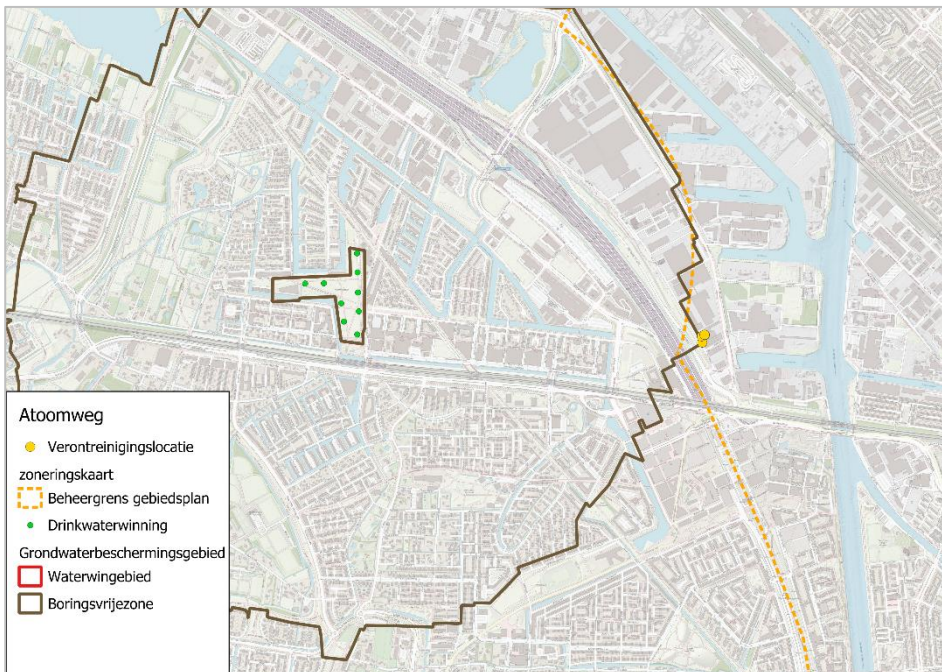
De VOCL-verontreiniging bij de Atoomweg bevindt zich aan de noordwestzijde van Utrecht en is gelegen op de gebiedsgrens van de buffer- en schone zone. Deze verontreiniging is vanuit de drinkwaterwinningen gezien, de meest kritische verontreiniging als we het hebben over mogelijke verspreiding van verontreiniging naar het tweede watervoerende pakket (richting de drinkwaterwinning). De bronlocatie van deze verontreiniging ligt in de bufferzone en net ten oosten van de boringsvrije zone van drinkwaterwinning Leidsche Rijn (zie Figuur 18 voor een overzicht van de boringsvrije zone en verontreiniging) .

Bij de Atoomweg is de verontreiniging, tot op heden, alleen in het eerste watervoerende pakket aangetroffen. De verontreiniging kan, op basis van de theoretische aanwezigheid van een zaklaag, modelmatig doorslaan naar het tweede watervoerend pakket. Dit is dus een worst case benadering.

Onderzoek naar de aanwezigheid en verspreiding van verontreinigingen in het tweede watervoerend pakket heeft alleen in noordwestelijke richting (langs A2) plaatsgevonden. De peilbuizen van dat onderzoek staan buiten directe lijn tussen de bronlocatie en drinkwaterwinning en bevatten geen verhoogde waarden aan VOCL. Hierdoor is onduidelijk of sprake is van doorslag van verontreiniging vanuit de bronlocatie naar het tweede watervoerende pakket.

Een onderzoek in de boringvrije zone is door de restrictie doorboren van de scheidende kleilaag (nog) niet uitgevoerd.

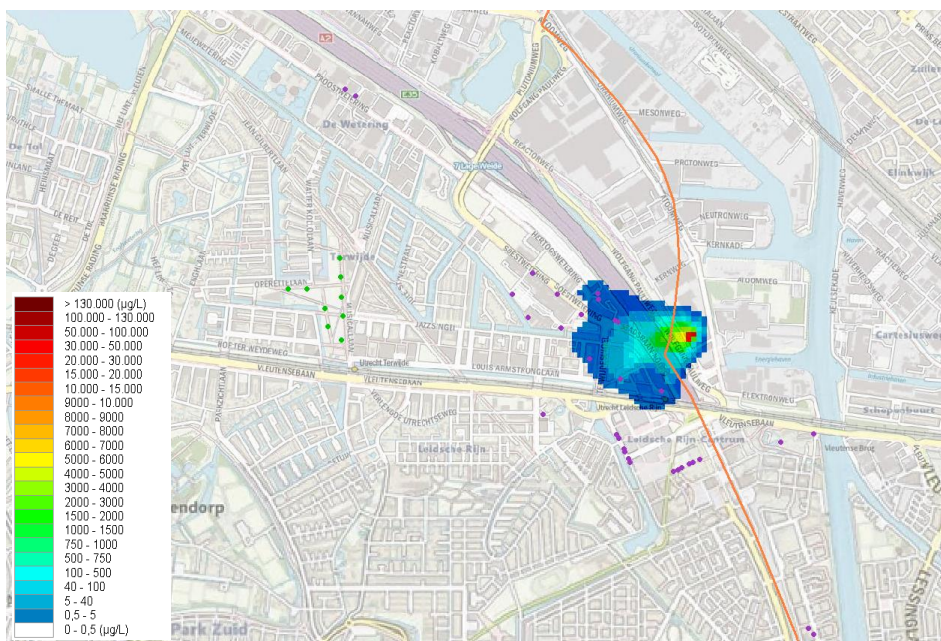
Omdat de verspreiding in eerste en tweede watervoerend pakket sterk verschillen beschrijven we beide situaties apart.

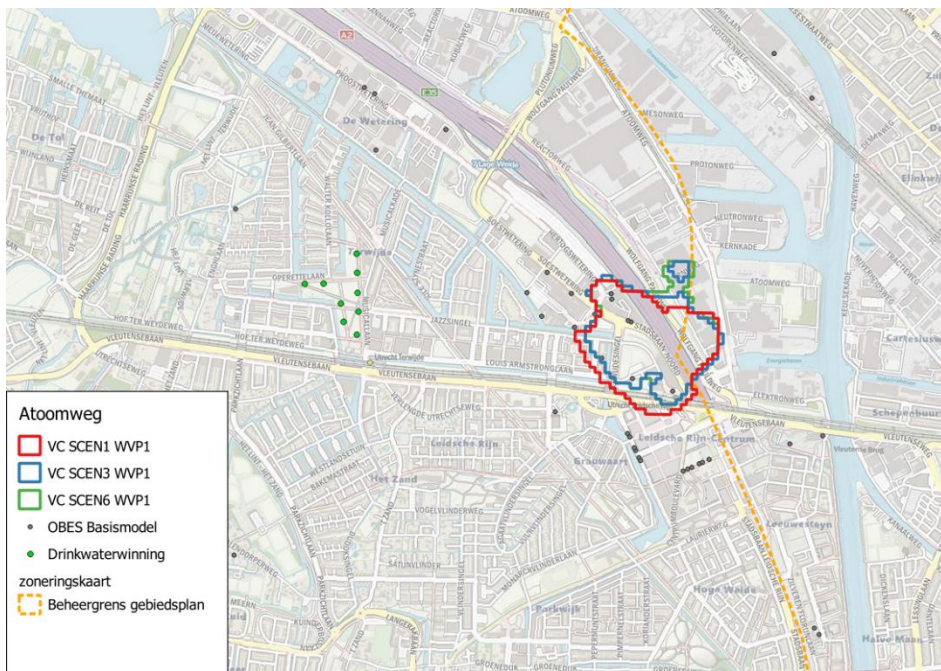


Figuur 18; boringsvrije zone drinkwaterwinning en locatie van de verontreinigingsbron Atoomweg

4.1.1 Verontreiniging Atoomweg eerste watervoerend pakket

In Figuur 19 zijn de resultaten van verschillende scenarioberekeningen in het eerste watervoerende pakket opgenomen. Deze figuur toont duidelijk dat de verontreiniging in het basisscenario en scenario 1 (130% winning) de grootste pluim richting de winning toont. In de scenario's 3, 4 en 6 wordt de aanwezige verontreiniging afgeremd door de toegevoegde OBES ten noorden en noordoosten van de verontreiniging.

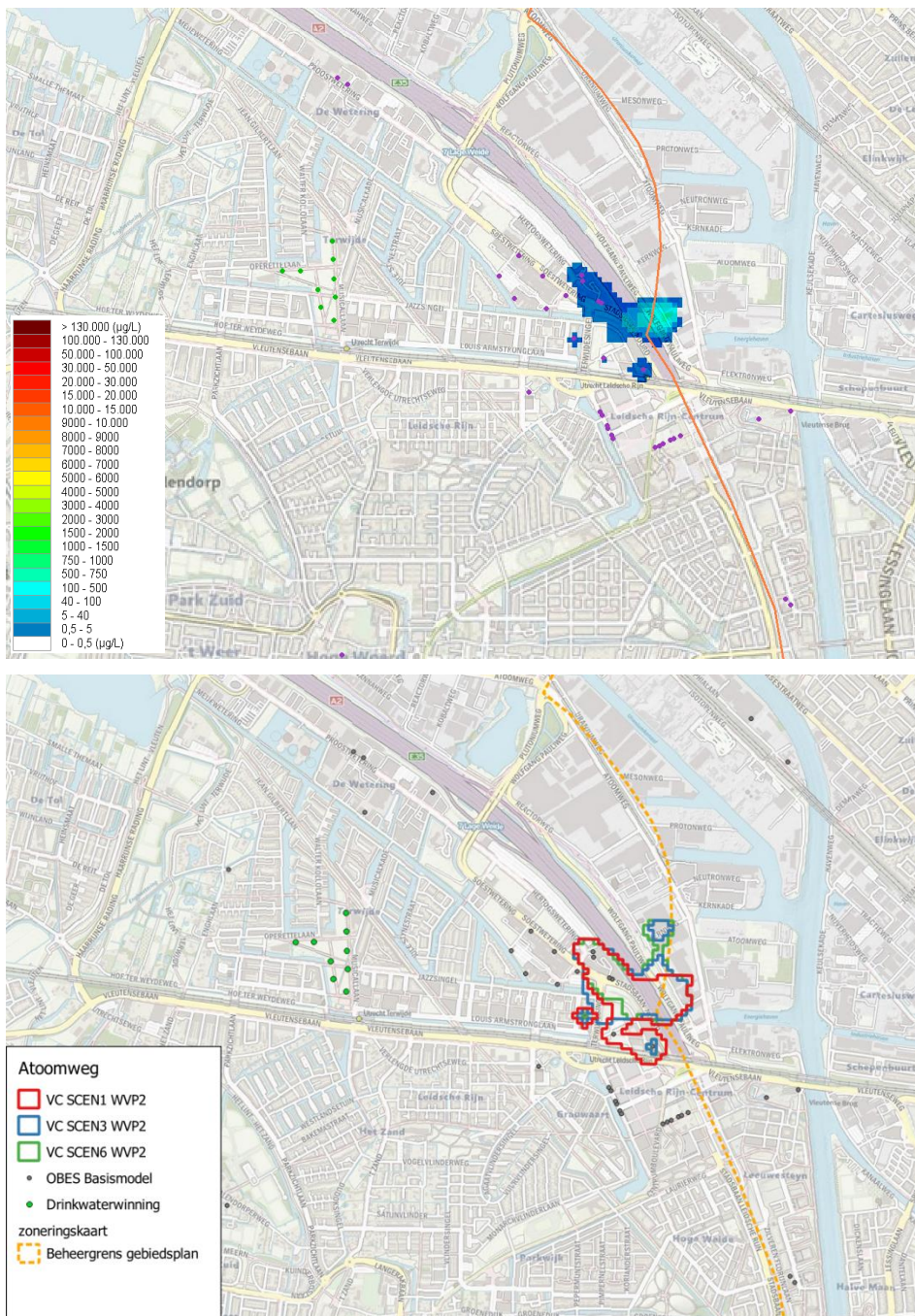




Figuur 19; resultaten scenarioberekeningen nabij Atoomweg, eerste watervoerend pakket. Basisscenario in vergelijking met scenario 1, scenario 3 en scenario 6

4.1.2 Verontreiniging Atoomweg tweede watervoerend pakket

In Figuur 20 zijn de resultaten in het tweede watervoerend pakket opgenomen. Ook in deze figuur is te zien dat het doorslaan van de verontreiniging naar het tweede pakket groter is bij het basisscenario en scenario 1. Ook in het tweede pakket zorgen de nieuwe OBES in scenario 4 en 6 voor het afremmen van de verspreiding. In scenario 3 zijn geen OBES in het tweede watervoerend pakket geplaatst, hierdoor is het effect in het tweede watervoerend pakket niet zichtbaar bij scenario 3.



Figuur 20; resultaten scenarioberekeningen nabij Atoomweg, tweede watervoerende pakket. Basisscenario in vergelijking met scenario 3 en scenario 6

4.1.3 Conclusie

Uit de berekening van scenario 4 en 6 blijkt dat de pluim minder ver reikt dan in het basisscenario (zonder aanvullende OBES). Andersom kan OBES ook zorgen dat een verontreiniging sneller richting de winning trekt.

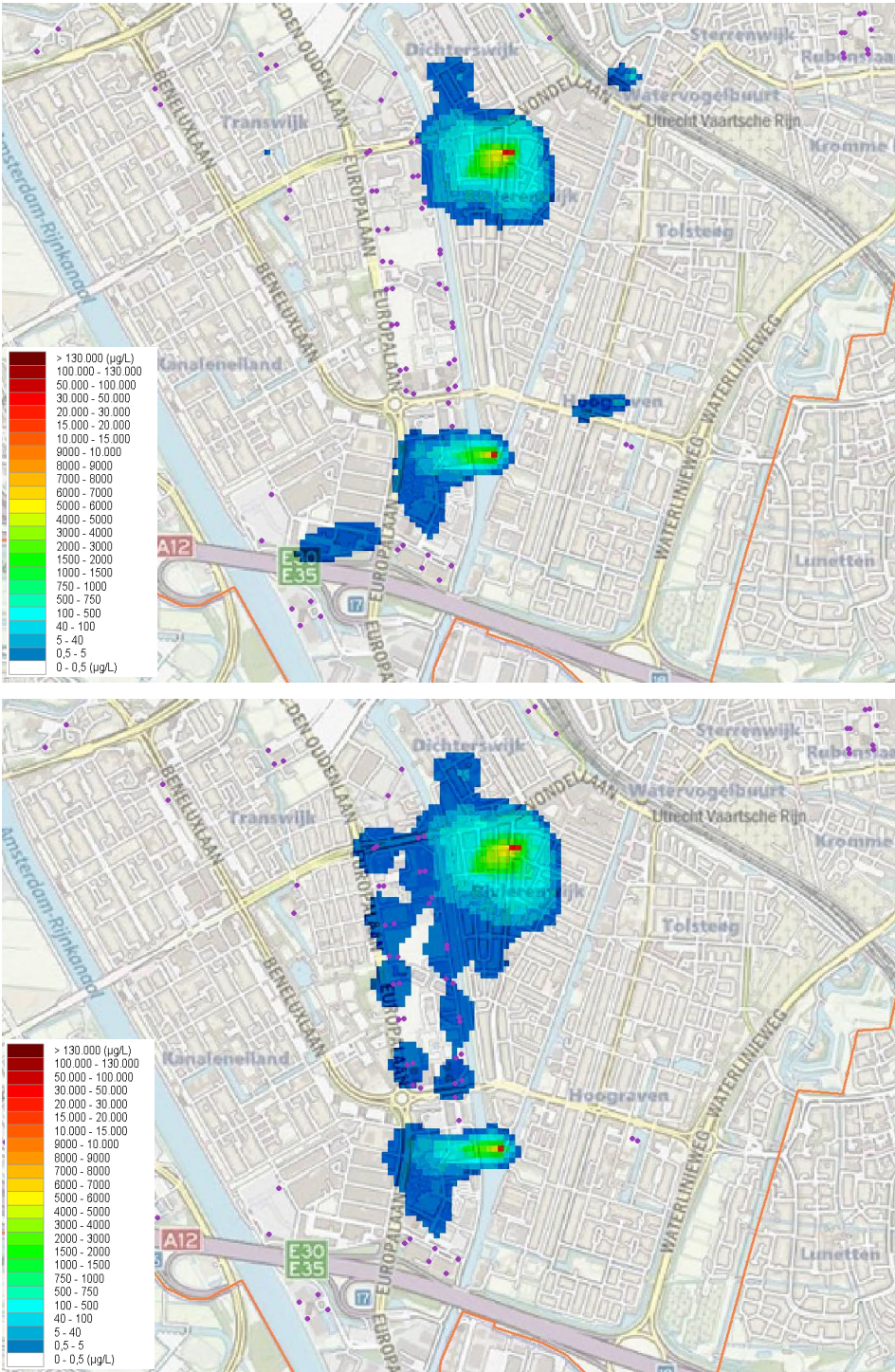
De belangrijkste conclusie zijn:

- de wijze van plaatsing van OBES heeft effect op de snelheid en verplaatsing van de verontreiniging richting de winning.
- een OBES kan zodanig geplaatst worden dat de OBES beheersend kan werken. In die gevallen vindt minder of geen verplaatsing plaats in de richting van de winning.
- In geen van de scenario's vindt verspreiding van verontreinigd grondwater tot aan de drinkwaterwinning plaats.

4.2 Merwedekanaal overspringen verontreiniging

Nabij het Merwedekanaal is, volgens de LGR-gegevens, een bodemenergie systeem aanwezig met 16 doubletten (bronparen) in een dambordpatroon (zie Figuur 21). Op basis van de verkregen informatie is dit systeem daadwerkelijk zo vergund, het is onbekend of dit systeem ook volledig is aangelegd. Vanwege deze onduidelijkheid gaan we in de modellering uit van een groot, gekoppeld systeem. Hierbij wordt het onttrokken water gelijkmatig over alle infiltratieputten verdeeld. Dit is voor de horizontale verspreiding een worst-case benadering.

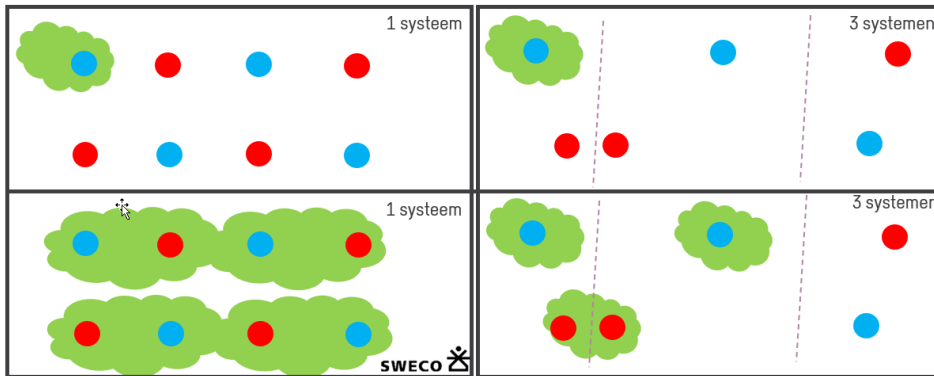
Door de ligging van het systeem en de nabijgelegen verontreiniging geeft dit systeem goed het mogelijke risico van OBES op de snelheid en richting van de verspreiding weer. In de Figuur 21 is duidelijk te zien dat de meest noordoostelijke bron op de rand van de verontreiniging ligt. Door het heen en weer pompen van dit water binnen het OBES verplaatst deze verontreiniging zich snel over het gehele invloedsgebied van de OBES. In 2050 ontstaat hierdoor (modelmatig) een pluim van meer dan 1.000 m, terwijl de originele pluim een afmeting had van 300 m.



Figuur 21; Overspringen verontreiniging binnen één OBES (VC Scenario 6, wvp1, 2034 en 2050)

Zoals in 4.1 is aangegeven, kan de plaatsing en koppeling van de OBES-putten een groot effect hebben op de vorming en richting van pluimen. Deze locatie bevestigt dat nadenk over ordening van OBES helpt om de beheereffecten van OBES te vergroten. Hierbij dient wel opgemerkt te worden, dat dit overspringen eerder voorkomt bij grotere systemen met meerdere doubletten (brongparen).

Ook bij individuele systemen kan dit effect plaatsvinden, voorwaarde is dat twee dezelfde type (warm of koud) bronnen van beide systemen bij elkaar in de buurt liggen. In Figuur 22 is dit verschil weergegeven.



Figuur 22; Overspringen verontreiniging groot systeem vs twee systemen één OBES

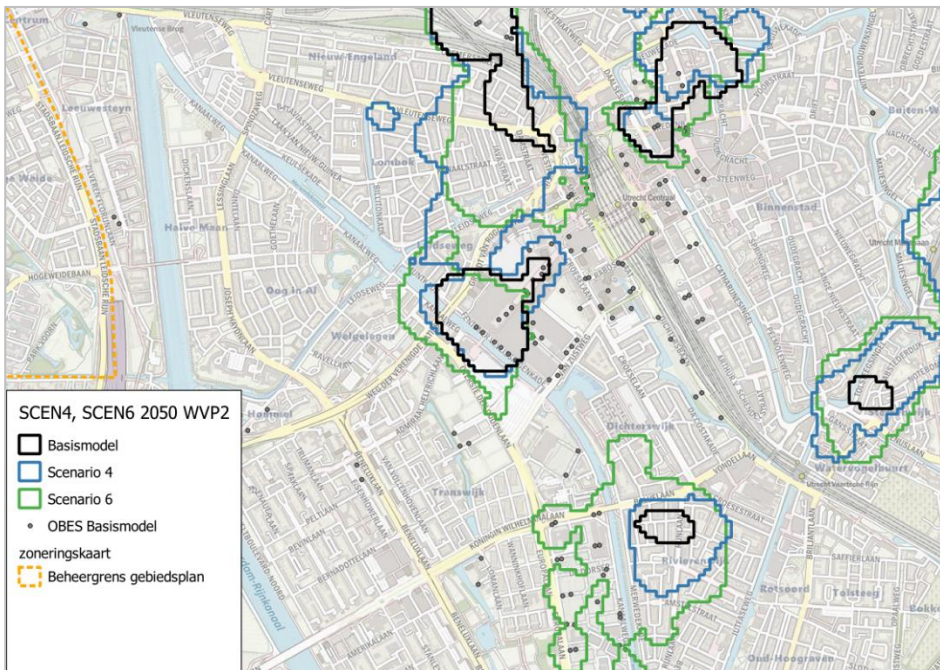
4.3 VOCl in het tweede watervoerende pakket

4.3.1 Jaarbeurs, VOCl in het tweede watervoerende pakket

De gemeente Utrecht heeft een historische dataset van de grondwaterkwaliteit van het tweede watervoerende pakket. In deze set zijn alle bekende historische bronlocaties en monitoringsgegevens van VOCl opgenomen. Bij het analyseren van deze set is een bodemonderzoek ter plaatse van de Jaarbeurs aangetroffen met een verontreiniging van VOCl in het 2^e watervoerend pakket. Als check op deze bevinding zijn twee boringen tot 140 m-mv uitgevoerd en is deze verontreiniging bevestigd door aanvullende grondwatermonsters.

De bron van de verontreiniging bij het Jaarbeursterrein is lastig te achterhalen. Het is mogelijk dat de verontreinigingen in het eerste watervoerende pakket bij de Jaarbeurs doorgeslagen zijn naar het tweede watervoerende pakket, doordat deze zich verticaal verspreid hebben via de kleilaag als gevolg van of een lagere lokale weerstand van de kleilaag (Waalreklei) door een geringere dikte van de laag of de aanwezigheid van tussenzandlagen, of slecht afgedichte doorboringen. Ook kan de oorsprong van deze verontreiniging verder bovenstrooms liggen. Zonder aanvullende metingen kan dat niet achterhaald worden, ook met aanvullende metingen zal naar verwachting niet een volledig uitsluitel komen van de oorsprong van de verontreinigingen.

In Figuur 23 is het verschil in pluimen tussen het basisscenario en scenario 4 en 6 rondom de Jaarbeurs weergegeven.



Figuur 23; Verontreiniging in tweede watervoerende pakket (VC, 2050, wvp2, scenario 4 en 6)

4.3.2 Doorslaan VOCl naar watervoerende pakket 2

Zoals in voorgaande paragraaf al aangegeven wordt, is op dit moment onbekend op welke locaties en in welke mate VOCl-verontreinigingen zich (via natuurlijke processen) verspreiden van het eerste naar het tweede watervoerende pakket. Dit “doorslaan” van een verontreiniging heeft de volgende mogelijke oorzaken:

1. Lage weerstand kleilaag: (deels) ontbreken van de kleilaag (Waalreklei, weerstand biedende laag) en de aanwezigheid van tussenzandlagen in de kleilaag;
2. Slecht afgedichte doorboringen van de kleilaag;
3. Natuurlijke zakking van hoge stofconcentraties van VOCl door de kleilaag;
4. Verandering van de kwelflux over de kleilaag door de aanwezigheid van OBES en andere onttrekkingen in het tweede watervoerende pakket.

Op basis van de beschikbare bodemdata is het niet mogelijk om te een dekkend beeld te verkrijgen over punt 1 of 2 en wat daar de effecten van zijn binnen de grenzen van de gemeente Utrecht gelden. De bodemopbouw uit REGIS⁸ (zie het meest recente achtergronddocument) toont een regionale kleilaag (Waalreklei). Uit boringen blijkt dat deze regionale kleilaag mogelijk zandlagen bevat. Door het verschil in dikte en samenstelling verschilt de weerstand van de kleilaag per locatie. Of boringen in het verleden wel of niet voldoende afgedicht zijn, is niet meer te achterhalen. Bovendien zijn er geen gedetailleerde onderzoeksgegevens van de kleilaag over de gehele gemeente en die verwachten we ook niet te verkrijgen.

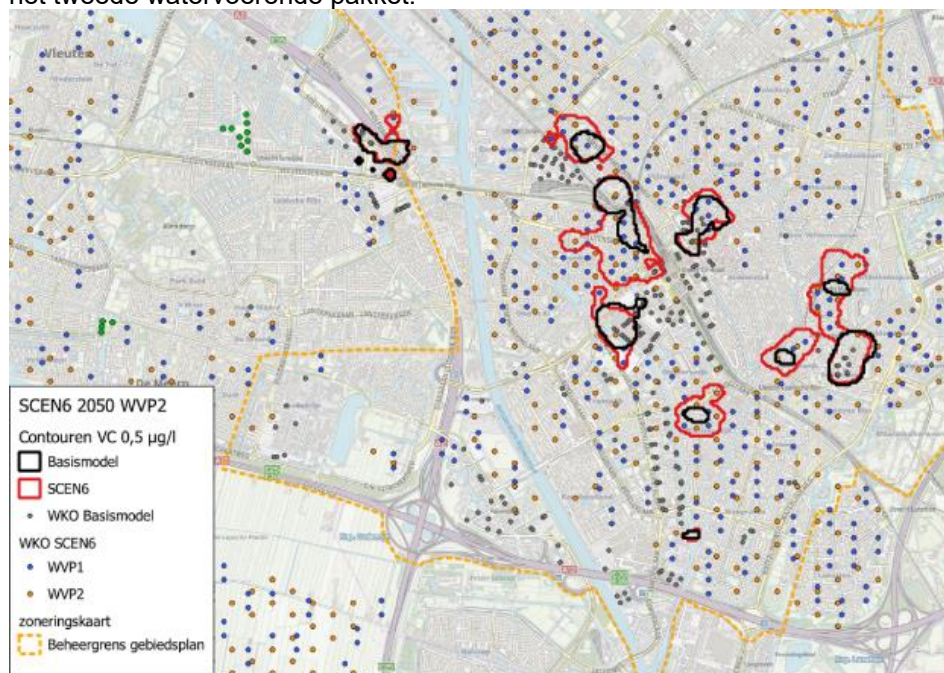
⁸ REGIS II v2.2.3, laatste update in 2025

Het is vanuit andere onderzoeken⁹ bij verontreinigingslocaties in Utrecht bekend dat een VOCl-verontreiniging van nature op zeer lange termijn door een kleilaag kan zakken. Bij deze modellering is gekozen om bij alle bekende verontreinigingslocaties met concentraties van 5% boven de oplosbaarheid een zaklaag te modelleren. Hierdoor zullen bij de modellering de VOCl-verontreiniging op meerdere locaties doorslaan naar het tweede watervoerende pakket. Omdat hier sprake is van een inschatting van mogelijke aanwezigheid van zaklagen op basis van historische data is deze benadering een worst-casebenadering.

In Figuur 24 zijn de figuren van het basisscenario en scenario 6 weergegeven. Hieruit blijkt dat onder natuurlijke omstandigheden op verschillende locaties de VOCl doorslaat naar het tweede pakket. Door de aanwezigheid van OBES is de omvang en het aantal doorgeslagen verontreinigingen¹⁰ wel groter.

De verplaatsing van de verontreiniging in het tweede watervoerend pakket in het basisscenario en scenario's 1-3 is beperkt en wordt enkel veroorzaakt door de regionale stroming richting het westen (versterkt door de winning Leidsche Rijn). In de scenario's 4 en 6, met OBES in het tweede watervoerende pakket is een grotere verplaatsing te zien. Bij deze scenario's wordt de mate van pluimvorming grotendeels door de OBES in het tweede watervoerende pakket bepaald.

Een belangrijke verspreidingsroute van verontreiniging van het eerste naar het tweede watervoerend pakket is natuurlijke infiltratie. Ook onttrekkingen en OBES hebben een effect op de mate van verspreiding vanuit het eerste naar het tweede watervoerende pakket.



⁹ Valstar, J., VOCl-pluim Amsterdamsestraatweg 312-314 Utrecht, 11204605-000-BGS-0001, 27 januari 2020

¹⁰ Hierbij dient opgemerkt te worden dat een VOCl-verontreiniging op de lange duur ook door kleilagen zakt. Dus alle verontreinigingen zullen uiteindelijk doorzakken naar het tweede watervoerende pakket

Figuur 24; Verontreinigingen in tweede watervoerende pakket (VC, wvp2, 2050, basisscenario en scenario 6)

Op basis van de modellering met het GHM is de verwachting dat op meerdere locaties een VOCl-verontreiniging in het tweede watervoerende pakket ontstaat of mogelijk al aanwezig is¹¹.

4.3.3 Effect verspreiding over de gebiedsgrenzen

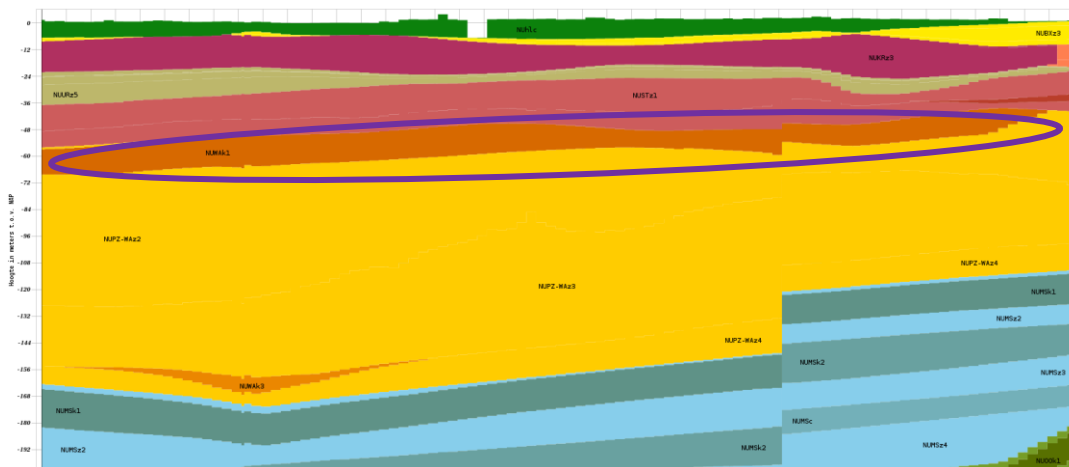
Bij het vaststellen van de gebiedsgrenzen in 2015 is gekeken naar de waterkwaliteit in het tweede watervoerende pakket. Op de rand van het beheersgebied zijn hiervoor ter controle van de algemene waterkwaliteit diepe peilbuizen tot in het tweede watervoerende pakket geplaatst. Het grondwater in deze peilbuizen heeft geen verhoogde VOCl-waarde.

Deze analyse vertaalde zich naar een beheersgebiedsgrens, met zowel een horizontale als verticale grens. De ruimtelijk grenzen zijn weergegeven in Figuur 25. De ondergrens ligt op de kleilaag (Waalreklei, Figuur 26). Deze horizontale grens is in 2015 gekozen omdat men ervan uit ging dat het tweede watervoerende pakket schoon was en de kleilaag volledig aanwezig.



Figuur 25; verticale grensvlak gebiedsbeheersplan

¹¹ Daarnaast dient opgemerkt te worden dat bij scenario 4 en 6 uitgegaan is van een filterstelling van OBES op een diepte tussen NAP -80 m en NAP -130 m. Door de filters dieper te plaatsen, kan het effect van toekomstige OBES op de verspreiding van verontreinigingen van het eerste naar het tweede watervoerende pakket naar verwachting beperkt worden.



Figuur 26; horizontale grensvlak gebiedsbeheersplan (Waalreklei)

4.3.4 Beoordeling effecten

Uit de modelberekening blijkt dat bij alle zaklagen in het eerste watervoerende pakket in de toekomst ook een VOCl-verontreiniging in het tweede watervoerende pakket te verwachten is. Op basis van de uitkomsten concluderen wij dat:

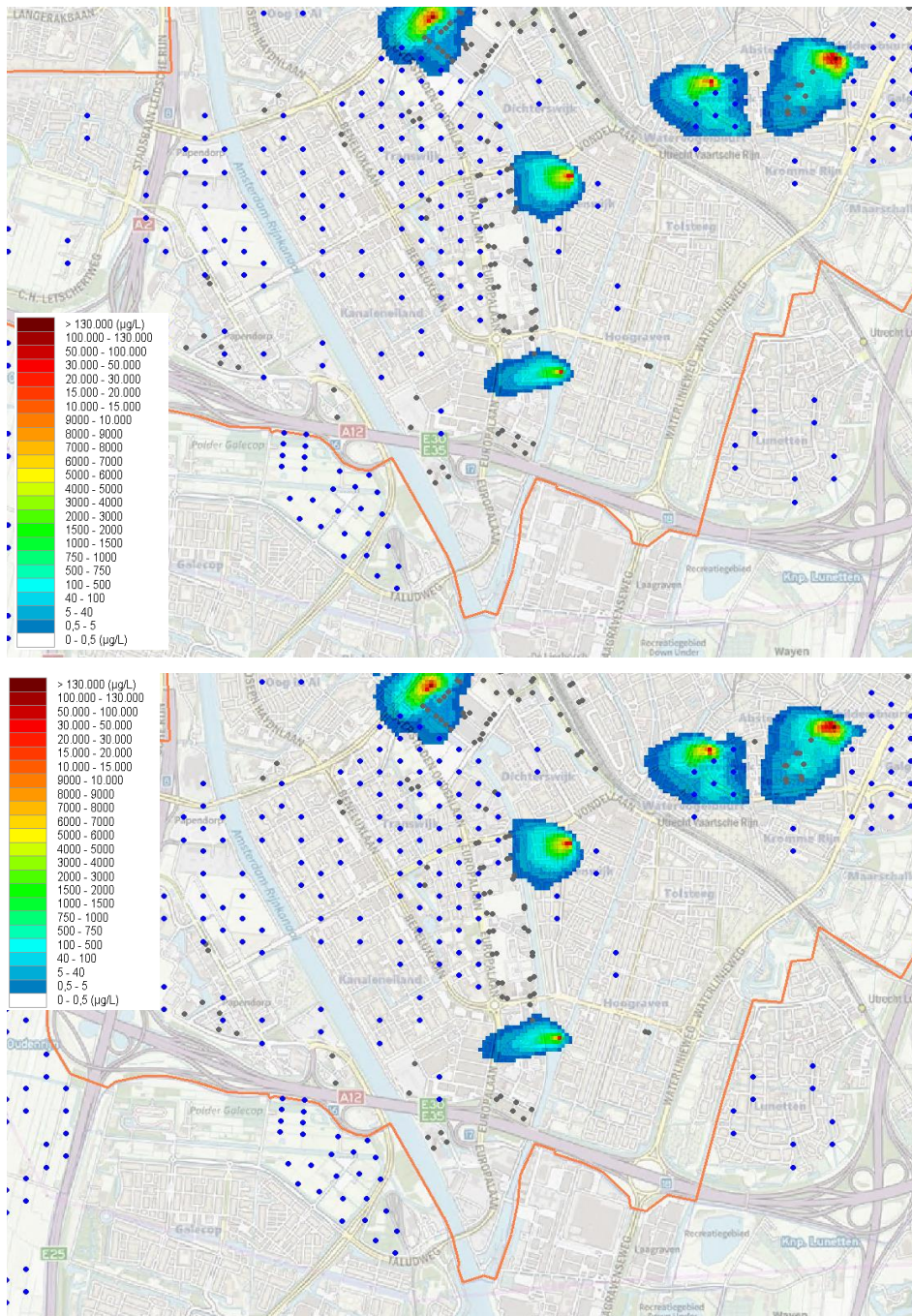
- Er geen verspreiding van verontreiniging tot aan de drinkwaterwinning plaatsvindt.
- Als gevolg van de doorrekening met 'zaklagen' zijn er meer locaties waar doorslag van verontreiniging theoretisch kan plaatsvinden. Door de positionering van de zaklagen is de modelberekening een worst-case benadering. De zaklaag-locaties bevinden zich over het algemeen op ruime afstand van de waterwinning, hierdoor wordt de verontreiniging afgebroken voordat deze bij de winning is
- Op de lange termijn (berekeningen 2050, 2100 en 2200) blijkt dat in de toekomst een stabiele pluim ontstaat. Door de constante nalevering uit de bronzone van verontreinigingslocaties blijft de pluim in stand. In combinatie met de afbraak van de verschillende VOCl en de verdunning door de stroming wordt een balans bereikt tussen de nalevering en de afbraak. De pluimen veranderen hierdoor nauwelijks binnen de modellering.

4.4 OBES in Nieuwegein (scenario 5)

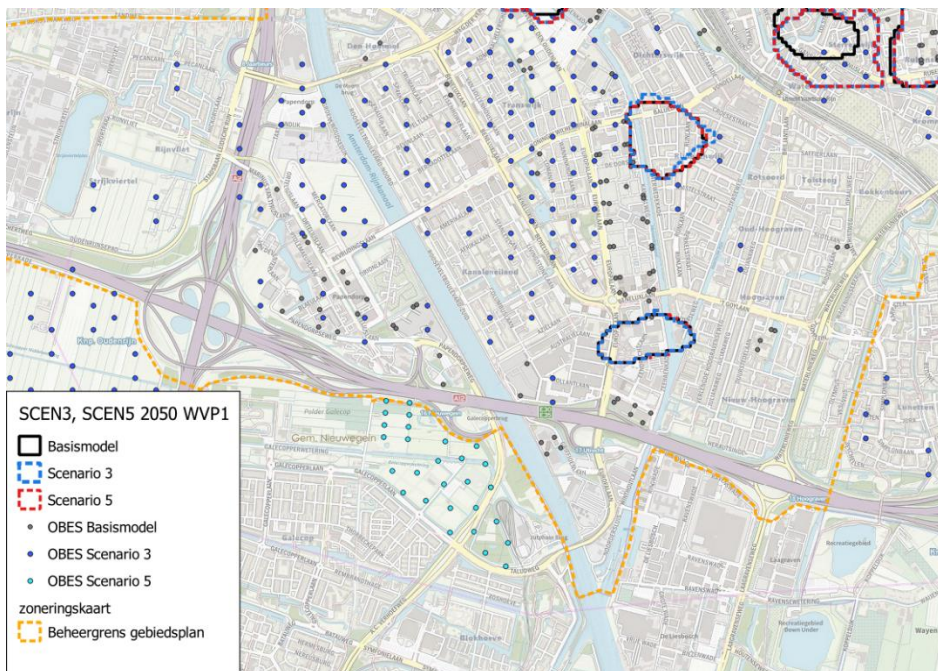
In het noorden van de gemeente Nieuwegein worden verschillende OBES gerealiseerd in verband met de ontwikkeling van de polder Galecop net ten zuiden van de A-12 en de gemeentegrens van Utrecht en Nieuwegein. Om te bepalen welke effecten deze systemen hebben op de zuidelijk gelegen VOCl-verontreinigingen is hier een apart scenario voor doorgerekend (scenario 5). In dit scenario is uitgegaan van de basis van scenario 3 waarin alle nieuwe OBES in het 1^e vwp zijn opgenomen inclusief OBES in Nieuwegein.

De resultaten voor VC zijn in Figuur 27 opgenomen. Uit de figuur blijkt dat de OBES in Nieuwegein geen of een zeer klein effect hebben op de pluimvorming

van de zuidelijk gelegen verontreiniging (Jutfaseweg). Daarnaast hebben de verontreinigingen binnen deze modellering een vergelijkbare vorm als bij scenario 3 (zie Figuur 28).



Figuur 27; Verontreinigingspluimen met OBES in Nieuwegein (VC, wvp1, 2050 & 2100, scenario 5)



Figuur 28; verschil pluim scenario 3 en scenario 5 (VC, wvp1, 2050)

5 Verontreinigingen in Utrecht

In dit hoofdstuk beschrijven we conclusies van de resultaten van de scenarioberekeningen en de beknopte gevoeligheidsanalyse. We eindigen met enkele adviezen voor de toekomst.

5.1 Gevoeligheidsanalyse en resultaten

Dit rapport toont de effecten van verschillende scenario's op de verontreinigingssituatie. Het basisscenario toont de autonome ontwikkeling van de verontreinigingssituatie onder de huidige omstandigheden. De verschillende aanvullende scenario's geven inzicht in de effecten van de invulling van mogelijke toekomstige ontwikkelingen.

Uit de berekeningen blijkt dat meerdere parameters effect heeft hebben op de verspreiding van de verontreinigingen. Het gaat hierbij om:

- De aanwezige onttrekkingen en drinkwaterwinningen.

Deze onttrekkingen zorgen voor lokale (versnelde) grondwaterstromingen die verontreinigingen aantrekken en van richting kunnen veranderen. Met name de grotere langjarige onttrekkingen hebben een rol in de verspreiding (met name drinkwaterwinning Leidsche Rijn).

- Invloed oppervlaktewater

Het oppervlaktewater binnen de gemeentegrenzen heeft een beperkte invloed op de verontreinigingen. Door de afmetingen van het stedelijk water, de diepte van de verontreinigingen en de verontreinigingseigenschappen hebben de lokale kleinere watergangen zeer beperkt effect op de verontreinigingen.

De grote watergangen (Amsterdam-Rijnkanaal en Merwedekanaal) kunnen meer effect hebben op de aanwezige verontreinigingen. Nabij verontreiniging Atoomweg is het Amsterdam-Rijnkanaal aanwezig. Het effect hiervan is beperkt door de aanwezigheid van de drinkwaterwinning Leidsche Rijn. Bij de jutfaseweg is meer invloed vanuit het oppervlaktewater. Dit is al in 2018 onderzocht. De conclusie in 2018 was:

door de effecten van biologische afbraak in de sliblaag van het kanaal zullen geen meetbare gehalten VOCl optreden in het water van het kanaal. In het Gebiedsplan is daarom geconcludeerd dat er geen meetbare concentraties kunnen opkwellen in het Amsterdam-Rijnkanaal en dat ervan uit mag worden gegaan dat geen verontreiniging ter plaatse van het Amsterdam-Rijnkanaal zal aankomen. Indien inderdaad de VOCl-pluim het Amsterdam-Rijnkanaal bereikt, is er modelmatig dus wel sprake van een verspreidingsrisico (tot de situatie dat de pluim draineert in het kanaal). Met Rijkswaterstaat is in het gebiedsplan afgesproken dat hier blijvend op wordt gemonitord.

- De afbraakconstanten

In dit onderzoek zijn we uitgegaan van de gemeente specifieke afbraakconstanten, deze waarden passen beter bij de situatie in Utrecht. Uit paragraaf 3.6 blijkt dat bij literatuur-afbraakconstanten de verspreiding van VOCl anders is. De keuze van afbraakconstanten zijn bepalend voor de lengte van de pluimen en kan locatieafhankelijk zijn.

Op lokaal niveau kunnen de afbraakconstanten verschillen van de gebruikte waarden, door de waterkwaliteitsmetingen door te blijven zetten, ontstaat met de tijd een beter beeld van de ruimtelijke verschillen van de afbraakconstanten.

- Weerstand van de kleilaag (Waalreklei)

De invoer van REGIS is de bron van de bodemopbouw. Door diepe boringen is lokaal meer inzicht in de bodemopbouw verkregen. Met name de weerstand van de kleilaag (Waalreklei) blijkt in de praktijk anders dan REGIS aangeeft door de aanwezigheid van tussenzandlagen.

Voor de kans op verspreiding van verontreinigingen naar het tweede watervoerende pakket is de weerstand van de kleilaag (Waalreklei) bepalend. Uit de modellering blijkt echter dat verontreinigingen op ten duur doorslaan van het eerste pakket naar het tweede pakket. De weerstand heeft met name effect op het tijdsfad. Ook toont de modellering aan dat op (langere) termijn sprake zal zijn van een stabilisering van de omvang van de grondwaterverontreiniging in het tweede watervoerend pakket.

Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat de variatie in weerstand van de kleilaag beperkte invloed heeft op de uitkomst van het model.

- De locatie en diepte van de OBES.

De OBES hebben een lokaal effect op de verspreiding van de verontreinigingen. Hierbij is de diepte van de OBES (watervoerende pakket 1 of 2) minder bepalend, eventuele clusters van OBES zorgen wel voor een sneller verspreiding. Zowel in scenario 3 als 4 en 6 is te zien dat de verontreinigingen beïnvloed worden door OBES. Daarnaast valt op dat OBES in watervoerende pakket 2 zorgen dat een verontreiniging meer (of sneller) doorslaat naar het diepere pakket. Een maatregel om het effect van doorslaan te beperken is het dieper plaatsen van de OBES-filters in watervoerende pakket 2, door het dieper plaatsen van de filters is er minder effect van de OBES ter hoogte van de kleilaag.

In scenario 3, 4 en 6 zijn meerdere OBES toegevoegd. Uit de figuren uit hoofdstuk 2 is duidelijk zichtbaar dat een groot aantal systemen is toegevoegd. Onbekend is of dit aantal systemen ook daadwerkelijk wordt gerealiseerd. Doel was echter om een beeld te geven van het effect van OBES op de verontreinigingen. Dit doel wordt met scenario's 3, 4 en 6 gehaald en geeft voldoende inzicht in de mogelijke effecten bij gebruik van OBES om risico's te kunnen duiden.

- De rasterafmetingen.

Het model maakt gebruik van een 25x25m raster, hiermee geeft het model 16x meer detail dan het model uit 2015. Toch is dit model niet voldoende nauwkeurig om op straatniveau uitspraken te doen. Het raster aanpassen naar een 5x5m raster geeft echter niet direct meer inzicht, ook de brondata dient nauwkeurig genoeg te zijn om op deze schaal inzicht te geven. Een fijner raster kan ook een schijnnaauwkeurigheid geven als de brondata niet nauwkeurig genoeg is. Voor beoordelen van de verspreiding is met het 25x25m raster voldoende inzicht verkregen in optredende effecten.

Het GHM geeft voldoende inzicht in het effect van toekomstige ontwikkelingen op de verspreiding van de aanwezige verontreinigingen op gemeenteschaal.

5.2 Advies

De gemeente heeft veel data over verontreinigingen. Daarnaast is het 3D-ondergrondmodel ook een waardevolle bron van alle beschikbare data over de ondergrond.

Toch bleek in het onderzoek dat, ondanks de hoeveelheid data, nog kennishiaten rondom de verontreinigen aanwezig zijn. We adviseren de gemeente om haar waterkwaliteitsmeetnet te optimaliseren en deze zodanig op te zetten dat meer en beter inzicht in de verontreinigingspluimen verkregen wordt. Hierbij is het doel niet meer informatie, maar de resultaten van het model te verifiëren door met name verspreiding in het 2^e vwp te volgen en de afbraak nader te verifiëren.

Met betere informatie is het vervolgens mogelijk om de uitgangspunten (onder andere de afbraakconstanten en weerstand van de kleilaag) van het model te verifiëren en kalibreren. Met deze data kan het GHM verder verfijnd worden, waardoor het mogelijk wordt om op meer gedetailleerde schaal uitspraken te doen over de verspreiding van de verontreinigingen binnen het beheersgebied.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1800 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Landdrostdreef 100
1314 SK Almere
Postbus 10044
1301 AA Almere

Copyright ©

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct een melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

www.anteagroup.nl