



Eindrapport

**Hydrologische systeemanalyse omgeving
Ulvenhoutse Bos**

projectnummer 403143
definitief
8 december 2017

Eindrapport

Hydrologische systeemanalyse omgeving Ulvenhoutse Bos

projectnummer 403143

definitief revisie 03
8 december 2017

Auteurs

ir. J.J.M. van Roestel
ir. J.C.W. van der Meulen

Opdrachtgever

Gemeente Breda
Postbus 90156
4800 RH Breda

datum vrijgave	beschrijving revisie 03	goedkeuring	vrijgave
12 dec 2017	definitief	J. van Roestel	J. van der Meulen

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en doel	1
1.2	Afbakening en onderzoeksvraag	2
1.3	Aanpak en werkwijze	2
1.4	Leeswijzer	3
2	Geologische en geohydrologische opbouw	4
2.1	Geohydrologische opbouw volgens het Brabant-model	4
2.2	Nadere beschrijving geologische opbouw	5
2.3	Heterogeniteit van de bodemopbouw aan de hand van boringen	7
2.4	Bodemopbouw Ulvenhoutse bos	9
3	Grondwaterstijghoogten en kwel	10
3.1	Isohypsen watervoerende pakketten 28 april 1995	11
3.2	Maaiveldhoogten en ontwateringsbasis	15
3.3	Freatische grondwaterstanden, kwel en wegzijging	16
4	Menselijke invloeden op verschillende schaalniveaus	20
4.1	Indeling in schaalniveaus	21
4.2	Overzicht oorzaken op verschillende schaalniveaus	22
5	Invloeden op het regionale schaalniveau	25
5.1	Overzicht grondwateronttrekkingen Brabant Water en industrie	25
5.2	Invloed op de stijghoogten in de watervoerende pakketten 2 en 3	26
5.3	Doorwerking naar het freatische niveau	27
6	Invloeden op het subregionale schaalniveau	29
6.1	Grondwateronttrekkingen berekening	29
6.1.1	Overzicht beregeningsputten en onttrekkingshoeveelheden	29
6.1.2	Invloed op stijghoogten in watervoerend pakket 1	30
6.1.3	Doorwerking naar freatisch niveau	31
6.2	De Mark en het Markdal	32
6.3	De zandwinplas oostelijk van de A27	32
7	Invloeden op het lokale schaalniveau	33
7.1	Bavelsche Leij en Broekloop	33
7.1.1	Peilen en voorgestelde maatregelen	33
7.1.2	Invloed peilverhogingen op grondwaterstanden en grondwaterstijghoogten	36
7.2	De onderbemalen watergang aan de noordoostkant van het Ulvenhoutse Bos	38
7.3	Landbouwgebied oostelijk van de A27	39
7.4	Dal van de Chaamse beek	39

7.5	Reconstructie knooppunt St. Annabosch	40
8	De bebouwde kom van Ulvenhout	41
8.1	Bemalingsgebieden riolering, afwateringscapaciteit en berging	41
8.2	Maatregelen tegen wateroverlast Craenlaer door water op straat	42
8.3	Maatregelen hemelwaterafvoer Kraaijenberg	43
8.4	Beschikbare alternatieven hemelwaterafvoer Kraaijenberg	45
8.5	Afweging van de alternatieven voor Kraaijenberg	47
8.6	Grondwateroverlast stedelijk gebied en drainage	49
8.7	Afstemming met Natura 2000-gebied	51
9	Synthese	53
9.1	Samenhang tussen de knelpunten	53
9.2	Grondwateronttrekkingen Brabant Water en industrieel	53
9.3	Berekening	54
9.4	Peilverhogingen Broekloop	55
9.5	Peilverhogingen in aaneengesloten gebieden	56
9.6	Stedelijk gebied	57
10	Conclusies en aanbevelingen	58
Bijlage 1	Methoden grondwatermodellering	61

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Het Ulvenhoutse bos is vanwege de aanwezige bijzondere plant- en diersoorten aangewezen als natte natuursreservaat met een Natura 2000 status. Om de bijzondere waarden van het bos ook in de toekomst in stand te houden zijn een beheerplan opgesteld door de Dienst landelijk gebied (DLG, 30 juli 2014) en een Bos- en waterplan door Staatsbosbeheer (juni 2017). In deze plannen is beschreven welke opgaven er in het gebied liggen om de huidige aanwezige bostypen (beek begeleidende bossen en eiken-haagbeukenbossen) te vergroten en te verbeteren. Eén van de belangrijke opgaven is de kwelstroom (kalkhoudend) naar het bos bij voorkeur te vergroten maar in ieder geval verdere verdroging van het bos te voorkomen. In het beheerplan zijn hiervoor maatregelen benoemd in het bos zelf, daarnaast zijn maatregelen buiten het bos benoemd om de hydrologie van het bos te verbeteren. Het Bos- en waterplan richt zich op maatregelen binnen het bos zelf. In figuur 1 is de ligging van het Ulvenhoutse Bos opgenomen.



Figuur 1. Ligging van het Ulvenhoutse Bos met de begrenzing van het Natura2000 gebied (blauwe lijn). Bron: Bos- en waterplan Ulvenhoutse Voorbos (juni 2017).

De gemeente Breda heeft, als lid van de werkgroep Ulvenhoutse Bos, de opgave op zich genomen om de invloeden van buiten het bos, die impact hebben op het hydrologisch systeem, in beeld te brengen middels een hydrologische systeemanalyse en tevens mogelijke maatregelen in kaart te brengen om de hydrologische situatie voor het bos en zijn omgeving te verbeteren en knelpunten op te lossen. Bij het onderzoek is er bijzondere aandacht voor de wateroverlastsituatie in de aan het zuidwestelijke deel van het bos grenzende woonwijk van Ulvenhout.

1.2 Afbakening en onderzoeksvraag

afbakening

Het onderzoek richt zich op de kwantitatieve aspecten die de hydrologie van het bos beïnvloeden en de externe maatregelen die de hydrologie van het bos kunnen verbeteren. Bij verdroging van de natuur in het bos spelen ook nog andere aspecten een rol, zoals atmosferische depositie, ontkalking van de bodem, het (interne) beheer van het bos e.d.; deze aspecten zijn in het kader van dit onderzoek echter niet meegenomen. De interne maatregelen binnen het bos zijn opgenomen in het door Staatsbosbeheer opgestelde Bos- en waterplan.

Het rapport geeft inzicht in mogelijke te nemen externe maatregelen en hun relatieve invloed op de verbetering van de hydrologie van het bos. Deze maatregelprincipes zijn in dit onderzoek nog niet concreet uitgewerkt, hiervoor zijn vervolgstudies noodzakelijk.

De centrale onderzoeksvraag voor het onderzoek luidt:

Hoe ziet het hydrologische systeem er in de omgeving van het Ulvenhoutse bos uit en welke mogelijkheden zijn er om de hydrologische situatie van het bos en zijn omgeving te verbeteren en de aanwezige knelpunten op te lossen.

1.3 Aanpak en werkwijze

Het onderzoek is uitgevoerd door Antea Group in opdracht van de gemeente Breda en is begeleid door de werkgroep Ulvenhoutse bos, waarin naast de gemeente Breda ook het waterschap Brabantse Delta, Staatsbosbeheer en de provincie Noord-Brabant vertegenwoordigd zijn.

Het onderzoek gaat uit van bestaande beschikbare informatie, er is geen aanvullend (veld)onderzoek verricht. Bij de interpretatie van de gegevens is gebruik gemaakt van expert-judgement.

De benodigde informatie voor dit onderzoek is verkregen vanuit een uitgebreid startoverleg, een gezamenlijk terreinbezoek met de werkgroep waarin de knelpuntlocaties zijn bezocht, beschikbaar gekregen documenten met achtergrondinformatie en eerdere studies en het gericht opvragen van informatie bij een aantal instanties. Voorts is een 2-tal werksessies met de werkgroep gehouden om het begrip van het hydrologische systeem te toetsen en oplossingsrichtingen te bespreken. De werkgroep heeft tevens input geleverd bij de beoordeling van de conceptrapportages en het eindrapport.

Tijdens de uitvoering van het onderzoek is door Staatsbosbeheer (aanvullend) onderzoek in het bos verricht naar het voorkomen van kalkhoudende lagen in de bodem middels het verrichten van een aantal diepere boringen en het plaatsen van peilbuizen. Voor zover de resultaten van dit onderzoek bekend zijn, zijn deze meegenomen in dit rapport.

1.4 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd. In de hoofdstukken 2 (geohydrologische opbouw) en 3 (stijghoogten en kwel) is het hydrologische systeem beschreven. In hoofdstuk 4 is het hydrologische systeem in verschillende schaalniveaus ingedeeld, afhankelijk van de mate van reikwijdte van beïnvloeding. Vervolgens is in de hoofdstukken 5 tot en met 8 beschreven wat de verschillende oorzaken zijn van wijzigingen in de grondwaterstijghoogten en grondwaterstanden op de verschillende schaalniveaus en wat de invloed ervan is op het Ulvenhoutse bos. Ook zijn

Eindrapport

Hydrologische systeemanalyse omgeving Ulvenhoutse Bos
projectnummer 403143
8 december 2017 revisie 03
Gemeente Breda



mogelijke oplossingsrichtingen benoemd en is hun relatieve invloed op het Ulvenhoutse bos berekend. De hierbij gehanteerde berekeningswijzen (methoden grondwatermodellering) zijn weergegeven in bijlage 1. In hoofdstuk 9 is samengevat beschreven wat de belangrijkste invloeden van de mogelijke maatregelen op de verschillende schaalniveaus zijn en hoe zij zich manifesteren op het standplaatsniveau in het bos. In hoofdstuk 10 volgen de conclusies en aanbevelingen.

2 Geologische en geohydrologische opbouw

In dit hoofdstuk wordt de geologische en geohydrologische opbouw van de bodem bij en in de omgeving van het Ulvenhoutse bos beschreven, achtereenvolgens vanuit een aantal verschillende beschikbare bronnen, t.w. het Brabant-model, Regis II, Dinoloket en de recent door Staatsbosbeheer geplaatste boringen en peilbuizen in het Ulvenhoutse bos.

2.1 Geohydrologische opbouw volgens het Brabant-model

Het Brabant-model is een numeriek grondwatermodel, dat de basis heeft gevormd voor een recent uitgevoerd hydrologisch modelonderzoek met als interessegebied het Markdal. De informatie in deze paragraaf is afkomstig van het conceptrapport *'Herinrichting Markdal, Hydrologische modelstudie en vooronderzoeken', 25 januari 2017, Arcadis*.

In tabel 2.1 is de (geschematiseerde) lagenopbouw volgens het geohydrologische model gepresenteerd. Het model is opgedeeld in 19 lagen met als basis de Formatie van Breda. Het betreft hier een overzicht van het totale modelgebied dat veel verder gaat dan het Ulvenhoutse bos en omgeving en daarom variëren de top, bottom, laagdikten, doorlatendheden en weerstanden van de verschillende lagen sterk. De bovenste lagen (Holoceen en Formatie van Stamproy) reiken van een maximale top van 0 tot een laagste bottom van 14 m-mv, waarbij plaatselijk één of meerdere van de in tabel 2.1 aangegeven lagen kan ontbreken. Omdat het Ulvenhoutse bos vrij dicht bij het Markdal ligt mag worden verwacht dat de geohydrologische opbouw zo goed mogelijk in het model is gebracht.

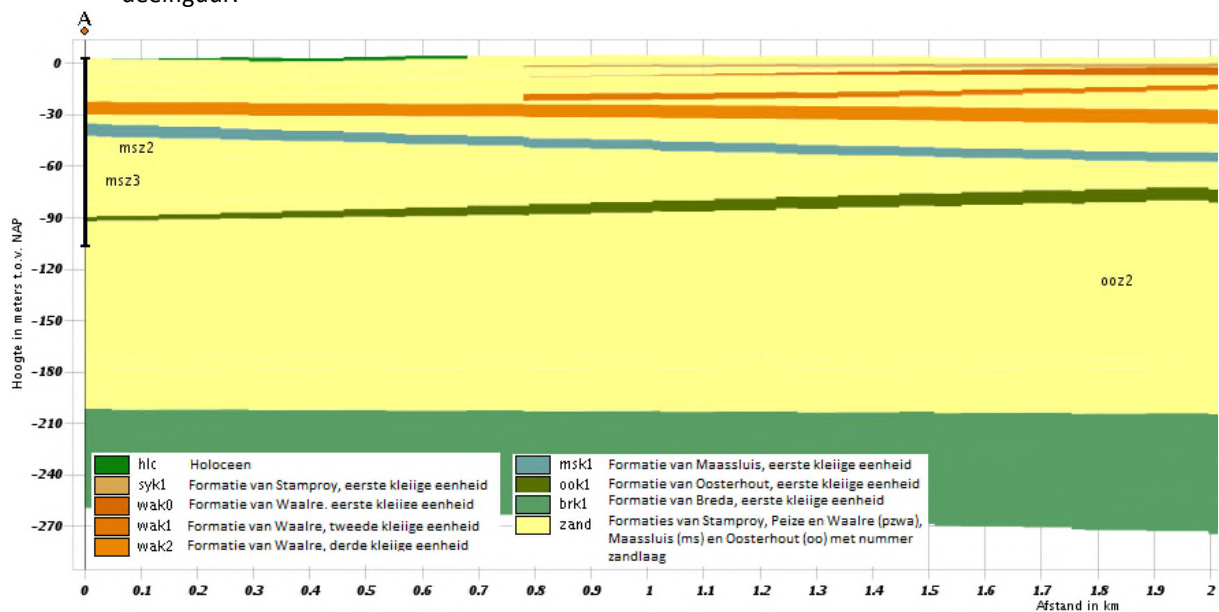
Tabel 2.1: Geohydrologische schematisatie van de ondergrond volgens het Brabant-model

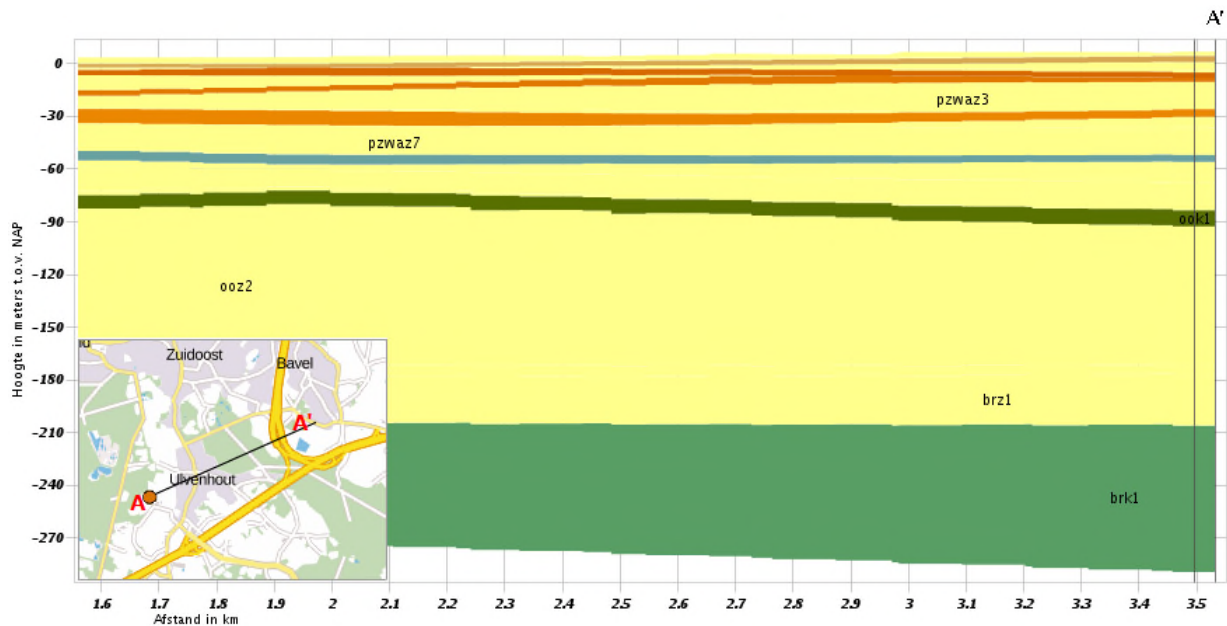
	Laag	Formatie	Beschrijving	Top [m-mv]	Bot [m-mv]	Dikte [m]	k-hor [m/d]	KD [m ² /d]	Weerstand [d]
Ondiep I	1	Holoceen	Rivierafzettingen, fijn tot matig fijn zand matig tot sterk siltig Veenlagen	0	0 – 1	0 – 1	5 – 15	5 – 15	5 – 100
	2	Boxtel	Fijn tot matig fijn zand Zwak tot matig siltig	0 – 1	0 – 1,5	0 – 0,5	10 – 20	0 – 5	
	3	Boxtel	Fijn tot matig fijn zand Zwak tot matig siltig	0 – 1,5	0 – 6,5	0 – 5	10 – 20	5 – 30	
	4	Boxtel	Fijn tot matig fijn zand Zwak tot matig siltig	0 – 6,5	0,5 – 7,5	0 – 1	10 – 20	0 – 5	
	5	Stramproy	Matig fijn tot grof zand Zwak siltig Leemlagen, matig tot sterk humeus	0,5 – 7,5	0,5 – 10	0 – 3	25 – 35	10 – 100	50 – 2.000
	6	Stramproy	Matig fijn tot grof zand Zwak siltig	0,5 – 11	2 – 11	0 – 4	10 – 15	5 – 60	
	7	Stramproy	Matig fijn tot grof zand Zwak siltig	2 – 11	2,5 – 14	0 – 8	10 – 15	5 – 60	
	8	Stramproy/ Peize-Waalre	Matig fijn tot grof zand Zwak siltig Klei, zwak tot sterk siltig, zwak humeus en soms zandig	2,5 – 14	2,5 – 16	0 – 3	25 – 35	5 – 60	1.000 – 10.000

Ondiep II	9	Peize-Waalre	Matig fijn tot grof zand Klei, zwak humeus, sterk siltig, soms zandig	5 - 18	7,5 - 28	0 - 15	20 - 25	150 - 350	300 - 15.000
	10	Peize-Waalre	Matig fijn tot grof zand Klei, zwak humeus, sterk siltig, zwak zandig	9,5 - 35	25 - 45	0 - 30	15 - 25	20 - 800	200 - 15.000
Middeldiep	11	Peize-Waalre	Matig fijn tot grof zand, zwak grindig	27 - 50	30 - 50	0 - 17	15 - 35	50 - 400	
	12	Peize-Waalre/ Maassluis	Matig fijn tot grof zand, zwak grindig Veen en klei, sterk siltig	30 - 50	38 - 65	5 - 25	15 - 30	100 - 500	100 - 2.000
	13	Maassluis	Matig fijn tot zeer grof, zwak grindig, zwak siltig	38 - 65	50 - 75	0 - 25	15 - 40	100 - 800	
	14	Maassluis	Matig fijn tot zeer grof, zwak grindig, zwak siltig	50 - 75	70 - 95	0 - 30	15 - 35	200 - 900	
Diep	15	n.v.t.							

2.2 Nadere beschrijving geologische opbouw

De geologische opbouw wordt nader beschreven aan de hand van twee dwarsprofielen in twee raaien over het Ulvenhoutse Bos. Figuur 2.1 is een dwarsprofiel van zuidwest (A) naar noordoost (A'), hieronder opgesplitst in twee deelprofielen. De ligging van de raai staat in de onderste deelfiguur.



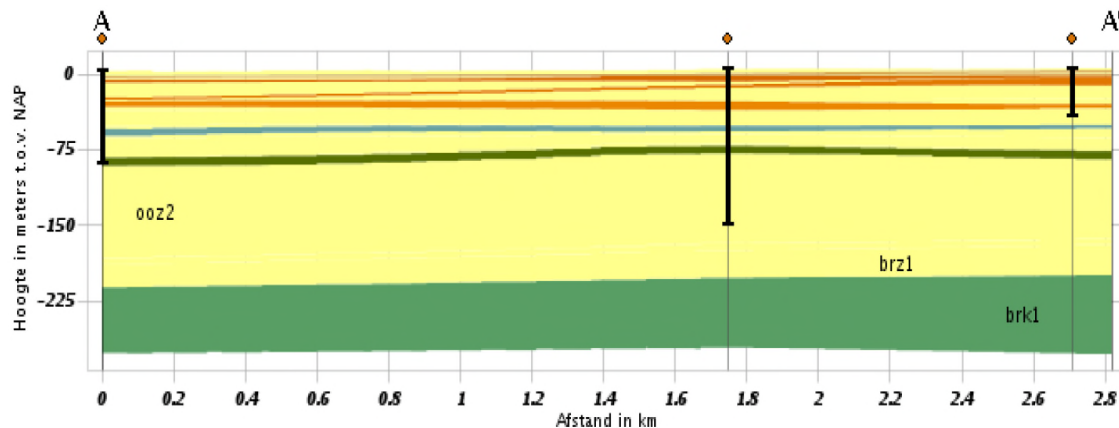


Figuur 2.1. Geologisch dwarsprofiel vanaf de Mark over het Ulvenhoutse Bos naar de rand van de bebouwde kom van Bavel. Voor ligging raai zie hierboven. Bron: Regis II versie 2.1, Dinoloket.

Zoals volgt uit figuur 2.1 is de geohydrologische opbouw in grote lijnen als volgt:

- Aan maaiveld komen in het Markdal holocene afzettingen met klei en veen aan maaiveld voor. In het overige gebied liggen overwegend zandige afzettingen (Formatie van Stamproy) aan maaiveld.
- Onder deze toplaag komen de Formaties van Stamproy (sy), Peize-Waalre (pzw) alsmede Waalre (wa) voor tot ca. 50 m à 60 m-mv (figuur 2.1). De letters k of z met nummer achter sy of wa geven aan dat het hier een klei- of zandlaag betreft. Bovenin deze Formaties, tot maximaal 20 m à 30 m-mv, wordt volgens oudere TNO-kaarten het eerste watervoerende pakket onderscheiden. Hieronder zijn de lagen binnen deze formaties over het algemeen slechter doorlatend.
- Tussen 50 m à 60 m-mv en ca. 90 m-mv wordt de Formatie van Maassluis (ma) met daarin het tweede watervoerende pakket onderscheiden.
- Beneden ca. 90 m-mv ligt de Formatie van Oosterhout (oo) met bovenin veelal klei en daaronder een aaneengesloten watervoerend pakket, het derde watervoerende pakket.
- Aan de onderkant wordt het hydrologische systeem op ca. 200 m-mv. begrensd door de slecht doorlatende Formatie van Breda.

Het geologisch beeld in een dwarsprofiel van noordwest naar zuidoost verschilt in wezen niet veel van figuur 2.1 (zie figuur 2.2).



Figuur 2.2. Geologisch dwarsprofiel van noordwest naar zuidoost (van het pompstation Ginneken over het Ulvenhoutse Bos naar de rand van de bebouwde kom van Ulvenhout en vervolgens de kruising van de A17 en de A15, zie deelfiguur links). Bron: Regis II versie 2.1, Dinoloket

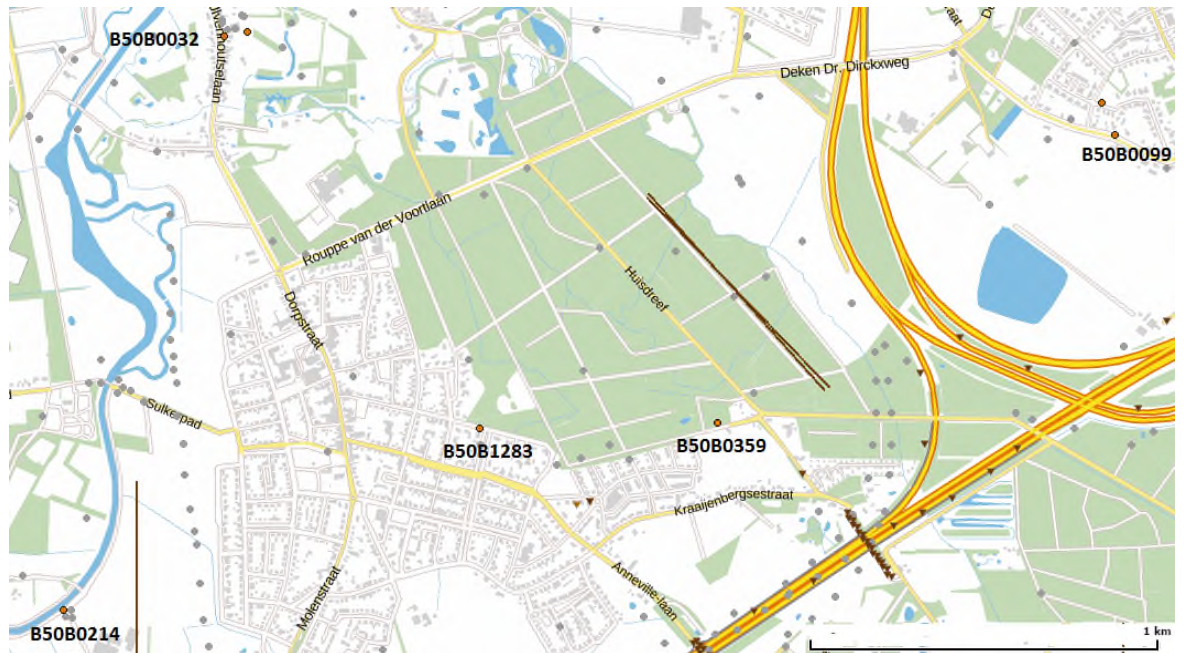
In figuur 2.1 liggen aan de uiteinden van de raai twee diepe boringen. In de raai van figuur 2.2 zijn drie diepe boringen opgenomen, waarvan de ligging in figuur 2.2 is vermeld. De middelste boring is in Dinoloket de enige diepe boring binnen het Ulvenhoutse Bos en ligt aan de zuidkant van het bos, aan de noordkant van de Kerkdreef, ongeveer 100 m westelijk van de Huisdreef.

De dwarsprofielen komen uit de ondergrondmodellen in Dinoloket (Regis II versie 2.1), gebaseerd op een selectie van diepe boringen. Het betreft dus een vereenvoudiging van de werkelijkheid. De heterogeniteit in bodemopbouw wordt in de volgende paragraaf toegelicht.

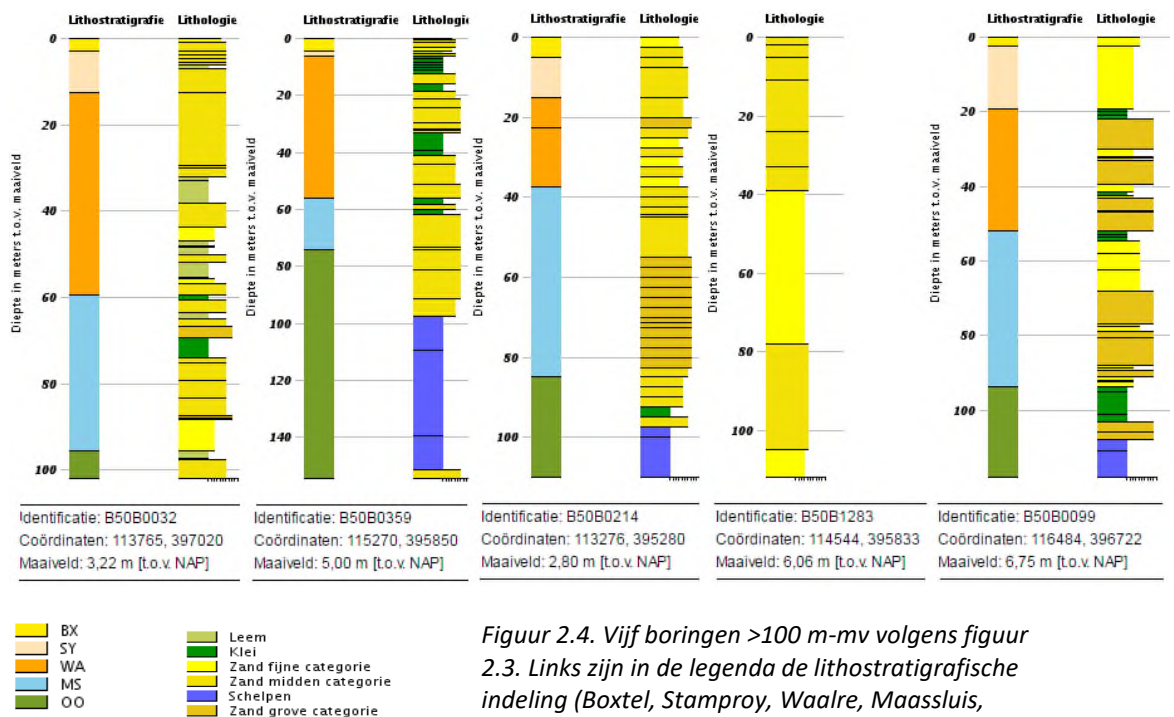
2.3 Heterogeniteit van de bodemopbouw aan de hand van boringen

De heterogeniteit van de bodemopbouw wordt besproken aan de hand van vijf boringen dieper dan 100 m-mv (figuur 2.3). Boringen ondieper dan 100 m-mv zijn in grijs tint zichtbaar in deze figuur. Uit de figuren 2.3 en 2.4 volgt dat de geohydrologische opbouw volgens boringen plaatselijk nogal afwijkt van het ondergrondmodel van Dinoloket (figuren 2.1 en 2.2). Aan de zuidzijde binnen het Ulvenhoutse Bos (boring B0359) en aan de noordkant (boring B0032) komt de bodemopbouw redelijk overeen met het model volgens het dwarsprofiel van figuur 2.2. Aan de westkant en aan de oostkant wijken de boringen nogal af van het model volgens het dwarsprofiel van figuur 2.1. Zo zijn in de boringen B1283 en B0214 (richting het Markdal) niet of nauwelijks slecht doorlatende lagen tot ca. 90 m-mv zichtbaar.

Met andere woorden, plaatselijk kan de situatie afwijken van de vereenvoudigde lagen schematisatie die op de vorige pagina is besproken. Dit heeft consequenties voor de berekening van de hydrologische effecten van ingrepen in de omgeving. Plaatselijk kunnen de effecten afwijken van wat op basis van het algemene regionale beeld te verwachten is.



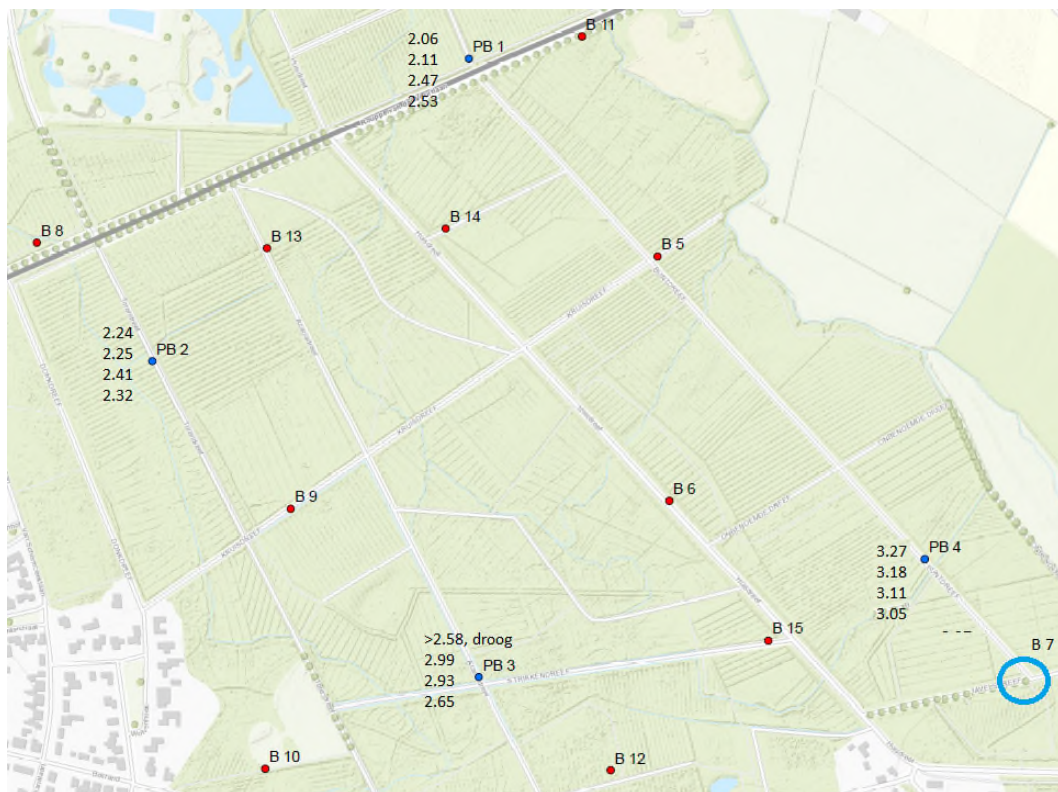
Figuur 2.3. Ligging van de diepe boringen (>100 m-mv), waarvan 5 diepe boringen met de code van Dinoloket zijn vermeld. Deze zijn geselecteerd voor figuur 2.4. De grijze puntjes zijn ondiepere boringen.



Figuur 2.4. Vijf boringen >100 m-mv volgens figuur 2.3. Links zijn in de legenda de lithostratigrafische indeling (Boxtel, Stamproy, Waalre, Maassluis, Oosterhout) en de lithologische indeling (leem, klei e.d.) beschreven. Bron: Dinoloket

2.4 Bodemopbouw Ulvenhoutse bos

In juni 2017 zijn in opdracht van Staatsbosbeheer in het Ulvenhoutse bos 15 boringen gezet waarvan 11 tot 6.5 m à 9 m-mv en 4 boringen tot ca. 26 m-mv (zie figuur 2.5). In de 4 diepe boringen zijn per boring 4 peilbuizen geplaatst met de filters op verschillende diepten. De bovenste 3 filters staan over het algemeen in het traject tot 10 m-mv. Alleen op peillocatie 4 staat de derde filter dieper, namelijk op ca. 15 m-mv. Het diepste filter reikt in drie diepe boringen tot ca. 26 m-mv. Op peillocatie 4 reikt de diepste filter tot 25.20 m-mv. De boringen zijn nauwkeurig beschreven en er zijn bodemonsters ten behoeve van kalkonderzoek genomen.



Figuur 2.5. Locaties boringen met peilbuizen Pb 1 t/m Pb 4 en boringen B 5 t/m B15. De locatie van boring 7 is meer globaal aangegeven. Per peilbuislocatie zijn tevens de grondwaterstijghoogten in de 4 filters op 4 juli 2017 vermeld, van het bovenste filter naar het onderste filter.

In de 4 diepe boringen komen verspreid kleilagen voor tot 7.90 à 12.20 m-mv. De gesommeerde laagdikte van deze kleilagen onder de grondwaterspiegel bedraagt tussen 2 m en 5 m, afhankelijk van de boring. Peilwijzigingen in watergangen hebben primair invloed op de zandlagen die in dit pakket voorkomen.

Beneden deze bovenlaag bevindt zich het eerste watervoerende pakket dat reikt tot ca. 30 m-mv. Het zand is matig fijn en varieert van zwak siltig tot sterk siltig. De k-waarde wordt op 5 m/dag geschat, waarmee de kD-waarde ca. 100 m²/dag bedraagt. Op de waarnemingen van de stijghoogten in de peilbuizen wordt in paragraaf 3.3 ingegaan.

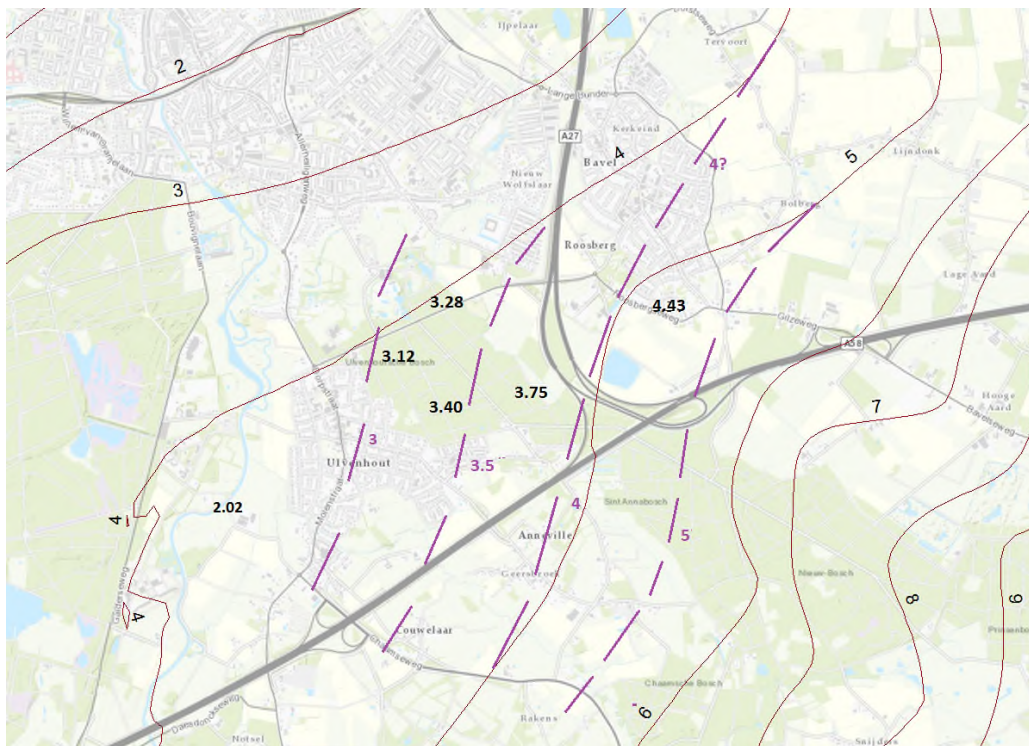
3 Grondwaterstijghoogten en kwel

In dit hoofdstuk wordt inzicht gegeven in de grondwaterstijghoogten en kwel in de 3 opeenvolgende watervoerende pakketten in de (ruime) omgeving van het Ulvenhoutse bos. Vervolgens wordt ingezoomd op de freatische grondwaterstanden, kwel en wegzijging aan de hand van maaiveldhoogte, de legger en het grondwatermodel van het Markdal.

3.1 Isohypsens watervoerende pakketten 28 april 1995

De grondwaterstijghoogten van de drie watervoerende pakketten in het gebied zijn in de vorm van isohypsens beschikbaar voor 28 april 1995 (bron: Dinoloket). Uit een vergelijking met twee peillocaties (bij Bavel en de Mark met filters op verschillende diepten) volgt dat de grondwaterstijghoogten op deze datum redelijk representatief zijn voor de huidige gemiddelde grondwaterstijghoogten (vanaf ca. 2005). Vanwege de weinige beschikbare peillocaties is de constructie van geheel nieuwe isohypsenpatronen weinig zinvol.

In de onderstaande figuren zijn de isohypsens van de watervoerende pakketten 1, 2 en 3 aangegeven. Voor de globale diepteligging van deze pakketten, zie paragraaf 2.1.



Figuur 3.1. Isohypsens van het eerste watervoerende pakket op 28 april 1995 (m NAP). Van twee peilbuizen zijn de waarnemingen in het betreffende pakket beschikbaar (2.02 en 4.43). De isohypsens van NAP +4 m (westelijk van de Mark) en NAP +5 m zijn gecorrigeerd met paars gestippelde lijnen voor de voornoemde 2 waarnemingen en de waarnemingen van 4 juli 2017 in het Ulvenhoutse bos (gecorrigeerd naar 28 april 1995).

In figuur 3.1 zijn de waarnemingen van de diepste filters van 4 nieuwe peillocaties in het Ulvenhoutse bos opgenomen (zie par 2.4). Deze waarnemingen van 4 juli 2017 zijn gecorrigeerd naar 28 april 1995 middels de peillocaties langs de Mark (waarneming 2.02) en in Bavel

(waarneming 4.43), waarvan de stijghoogten respectievelijk vanaf 1980 en 1975 worden waargenomen. De waargenomen verschillen in stijghoogten tussen 4 juli 2017 en 28 april 1995 in deze peilbuizen zijn toegepast op de waargenomen stijghoogten onder het Ulvenhoutse bos. Na correctie van het isohypsenpatroon van 1995 is zichtbaar dat de Mark meer drainerende werking heeft dan in het originele patroon wordt aangenomen. De isohypse van NAP +4 m hoort aan de oostkant van de Mark te liggen. De stijghoogte van NAP 2.02 m wordt in een peilfilter op ca. NAP -10 m waargenomen. De stijghoogte van NAP +4.43 m bij Bavel wordt in een filter op ca. NAP -18 m waargenomen. De onderkant van de diepste filters van de 4 nieuwe peillocaties in het Ulvenhoutse bos liggen tussen NAP -20.50 en NAP -22.55 m. In de boring van het waarnemingspunt bij de Mark wordt tot 92.5 m-mv geen duidelijk slecht doorlatende laag in de vorm van klei, leem en/of veen aangegeven. Dit suggereert een grote hydrologische invloed van de Mark en het Markdal en een lagere ligging van de isohypsen dan het oorspronkelijke gegeven patroon.

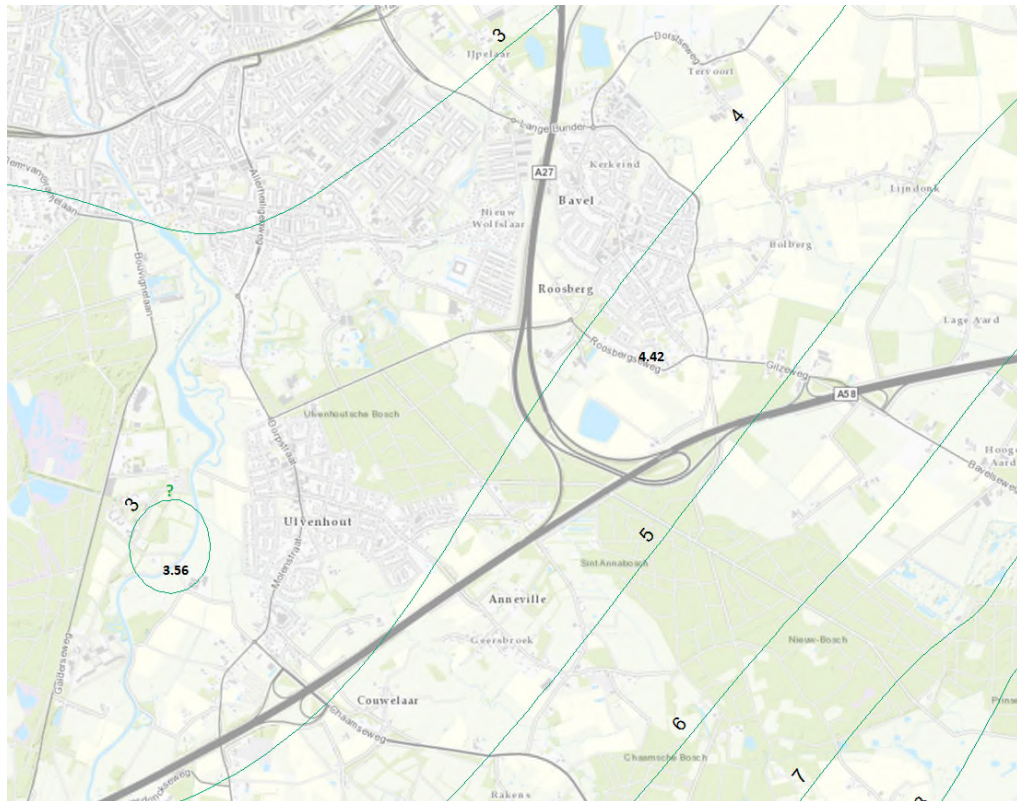
De grondwateronttrekking Ginneken (voor locatie zie hoofdstuk 5) is gesitueerd in het tweede watervoerende pakket. Deze heeft invloed op de stijghoogten in het eerste watervoerende pakket, maar niet zodanig dat dit duidelijk zichtbaar is in het isohypsenpatroon.

In figuur 3.2, met isohypsen van het tweede watervoerende pakket, heeft het waarnemingspunt van NAP +4.42 m bij Bavel betrekking op een filter op ca. NAP -65 m. Het waarnemingspunt NAP +3.56 bij de Mark betreft een peilfilter op ca. NAP -57 m. Een ondieper filter hier op ca. NAP -34 m heeft een weinig afwijkende waarde van NAP +3.49 m.

De grondwateronttrekking Ginneken (figuur 5.1) beïnvloedt de stijghoogten in het tweede watervoerende pakket in zijn directe omgeving, maar vanwege het ontbreken van peilbuisgegevens is deze invloed niet in figuur 3.2 aangegeven.

Het isohypsenpatroon zou completer gemaakt kunnen worden door de grondwateronttrekkingsput bij Jeugdland te peilen; de filterstelling van deze put is niet bekend, maar reikt vermoedelijk tot in het 2^e watervoerend pakket. Een peiling van deze put bleek echter tijdens dit onderzoek niet mogelijk (afgesloten, alleen tijdens groot onderhoud is een peiling mogelijk).

Uit een vergelijking van de figuren 3.1 en 3.2 volgt dat bij Bavel een infiltratiegebied gelegen is (naar onderen nemen de stijghoogten af). Bij de Mark is dit andersom. Hier is dus sprake van kwel naar het Markdal. Ter plaatse van het Ulvenhoutse bos is de situatie niet duidelijk. Vanwege het ontbreken van waarnemingen van stijghoogten in het tweede watervoerende pakket is het isohypsenpatroon van figuur 3.2 te globaal om hieraan conclusies ten aanzien van infiltratie en kwel te verbinden, die op tekening kunnen worden weergegeven. Mogelijk is de situatie intermediair, waarbij onder het Ulvenhoutse bos aan de zuidoostkant kwel van het tweede naar het eerste watervoerende pakket plaatsvindt en aan de noordwestkant infiltratie van het eerste naar het tweede watervoerende pakket. Aan de noordwestkant ligt namelijk de grondwateronttrekking Ginneken, die de stijghoogten in het tweede pakket verlaagt.

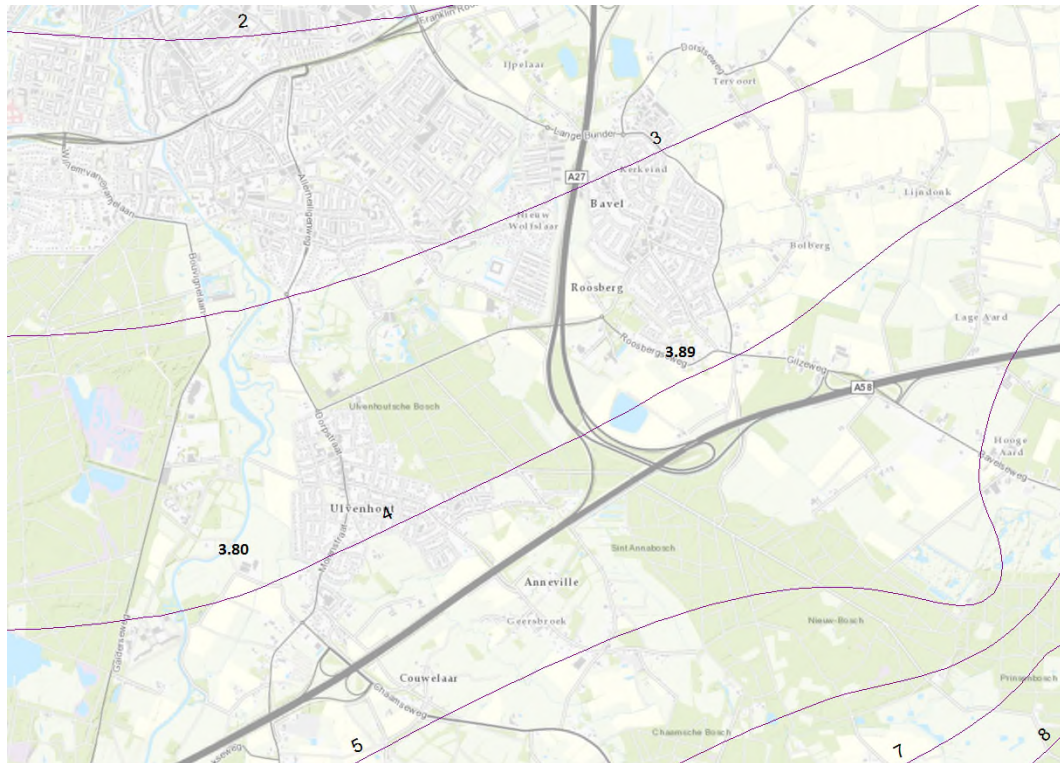


Figuur 3.2. Isohypsens van het tweede watervoerende pakket op 28 april 1995 (m NAP). Van twee peilbuizen zijn de waarnemingen in het betreffende pakket beschikbaar (4.42 en 3.56). De rond de waarneming van 3.56 getekende isohypse van NAP +3 m lijkt niet van toepassing. Vandaar een groen vraagteken.

In figuur 3.3. zijn de isohypsens in het 3^e watervoerende pakket (Formatie van Oosterhout) gepresenteerd. Het waarnemingspunt van NAP +3.80 m bij de Mark betreft een filter op ca. NAP - 96 m. Het waarnemingspunt van NAP +3.89 m bij Bavel betreft een filter op ca. NAP -108 m. Beide filters liggen in de Formatie van Oosterhout.

Uit een vergelijking van deze en de vorige isohypsenspatronen volgt weer de drainerende werking van het Markdal en de infiltrerende invloed in de omgeving van Bavel. Ten aanzien van het Ulvenhoutse bos is, vanwege het ontbreken van voldoende peilbuisgegevens, de situatie onduidelijk. In de Formatie van Oosterhout is de drainerende invloed van het Markdal zodanig afgevlakt dat deze niet meer duidelijk is te herkennen aan het isohypsenspatroon.

In het isohypsenspatroon van figuur 3.3 is de ligging van de grondwateronttrekking Prinsenbosch herkenbaar aan de sterke kromming van de 5 m isohypse in de zuidoosthoek van de figuur.



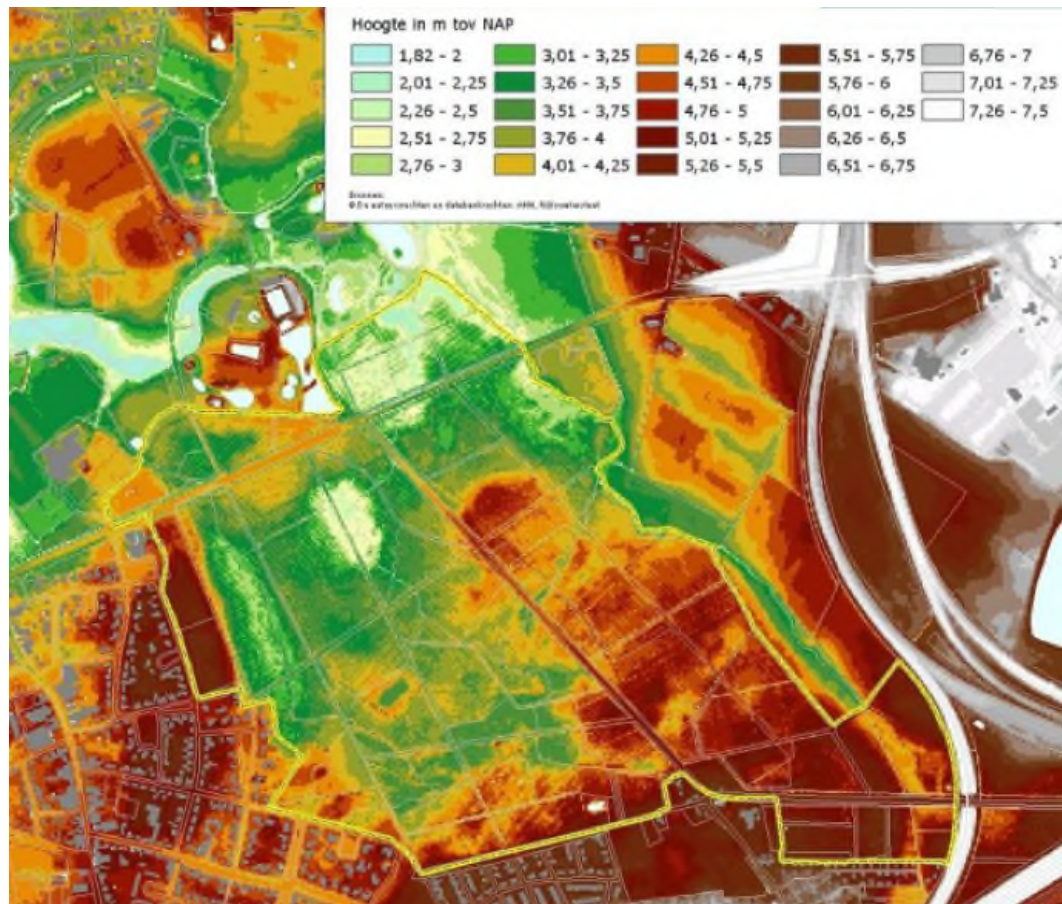
Figuur 3.3. Isohypsens van het derde watervoerende pakket op 28 april 1995 (m NAP). Van twee peilbuizen zijn de waarnemingen in het betreffende pakket beschikbaar (3.80 en 3.89). De waarnemingen corresponderen met het isohypsenpatroon.

Samenvattend kan worden gesteld dat het patroon van stijghoogten in het eerste watervoerende pakket, ook onder het Ulvenhoutse bos, redelijk goed bekend is. De patronen van de stijghoogten in het tweede en derde watervoerende pakket zijn door het ontbreken van peilbuisgegevens echter globaal. Derhalve beperken we ons tot de conclusie dat bij Bavel infiltratie plaatsvindt van het eerste via het tweede naar het derde watervoerende pakket, bij de Mark vindt kwel plaats van het derde via het tweede naar het eerste watervoerende pakket. Deze infiltratie- en kwelgebieden zijn per watervoerend pakket echter niet goed te begrenzen, met name ter plaatse van het Ulvenhoutse bos dat midden tussen deze twee gebieden ligt. Bovendien kan de begrenzing van de infiltratie- en kwelgebieden variëren, afhankelijk van de fluctuaties van de stijghoogten in de verschillende watervoerende pakketten over het jaar.

Daar het Ulvenhoutse bos intermediair ligt tussen het infiltratiegebied bij Bavel en het kwelgebied bij de Mark zijn de stijghoogteverschillen tussen de watervoerende pakketten niet groot. Daar tevens de weerstanden van de grondlagen tussen deze watervoerende pakketten groot zijn, kan worden geconcludeerd dat de absolute waarden van de kwel en infiltratie tussen de watervoerende pakketten relatief beperkt zijn. Wijzigingen in de grootte van kwel dan wel infiltratie onder het Ulvenhoutse bos zijn echter wel van belang voor de ontwikkeling van de natuurwaarden.

3.2 Maaiveldhoogten en ontwateringsbasis

De freatische grondwaterstanden in de deklaag worden in belangrijke mate bepaald door de hoogteligging van het maaiveld en de hiermee samenhangende hoogte van de ontwateringsbasis (peilen van beken, sloten en greppels/rabatten). Daarom wordt eerst ingegaan op de maaiveldhoogten (figuur 3.4) en daarna op de hoogte van de ontwateringsbasis.



Figuur 3.4. Maaiveldhoogten in het Ulvenhoutse Bos en de directe omgeving.

Aan de noordkant van het Ulvenhoutse bos liggen de maaiveldhoogten het laagst. Hier liggen de oppervlaktewaterpeilen ten opzichte van maaiveld relatief het hoogst. Zo hoog dat de afwatering van de laagste delen van het noordelijke deel van het Ulvenhoutse bos periodiek problemen ondervindt. In het Bos- en waterplan wordt voorgesteld dit middels een klepstuw naar de Bavelse Leij op te lossen.

Aan de overige drie zijden (west, zuid en oost) ligt het maaiveld hoofdzakelijk hoger dan in het Ulvenhoutse bos. Het tracé van de Broekloop oostelijk van het Ulvenhoutse bos ligt echter herkenbaar dieper ingesneden.

De ontwateringsbasis van het gebied wordt toegelicht aan de hand van figuur 3.5. Het Markdal met de Mark vormt de diepst gelegen ontwateringsbasis. Hier komen de ondieper gelegen A watergangen de Bavelse Leij en de Chaamse beek op uit. De A watergang de Broekloop ligt aan de oostkant van het Ulvenhoutse Bos en voert via de Bavelse Leij haar water af.

Naast deze A watergangen zijn er tal van B watergangen en watergangen die niet in de legger zijn opgenomen. In het Ulvenhoutse bos liggen veel watergangen die niet in de legger maar wel in het Bos- en waterplan zijn vermeld. De rabatten in het Ulvenhoutse bos zijn de ondiepste ontwateringsbasis. Deze voeren met name oppervlakkig afstromend water af.



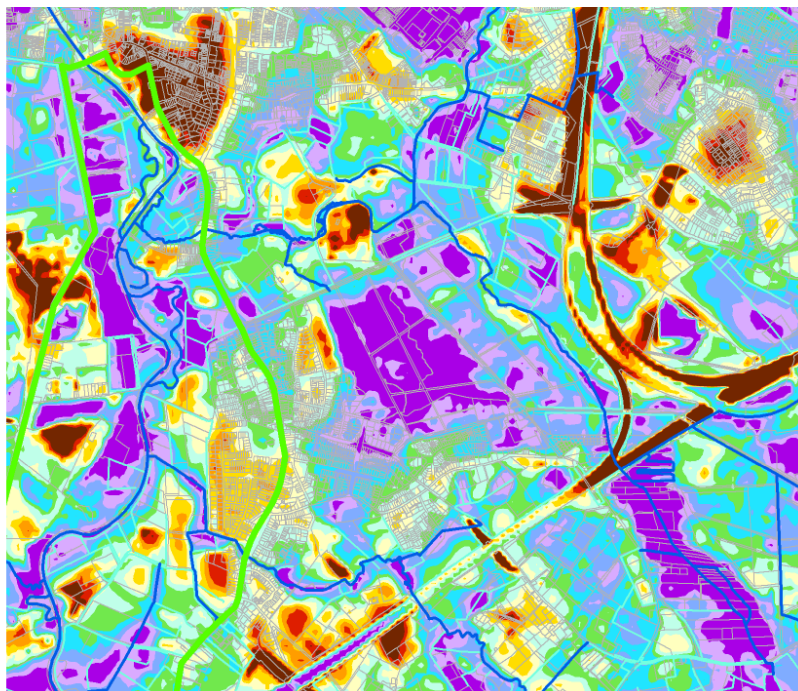
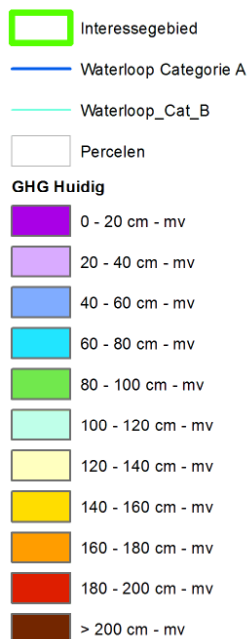
Figuur 3.5. De Mark, de A watergangen (blauw) en B watergangen (rood) in het gebied rond het Ulvenhoutse bos (bron: legger van het waterschap Brabantse Delta) alsmede de locatie van een zandwinplas oostelijk van de A27.

3.3 Freatische grondwaterstanden, kwel en wegzijging

In deze paragraaf worden de freatische grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld gepresenteerd volgens het grondwatermodel Markdal (zie paragraaf 2.3). Het betreft de volgende freatische grondwaterstanden in de deklaag: de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand), de GVG (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand) en de GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand). Vervolgens worden de kwelfluxen die samenhangen met deze grondwaterstanden uitgelegd en gepresenteerd.

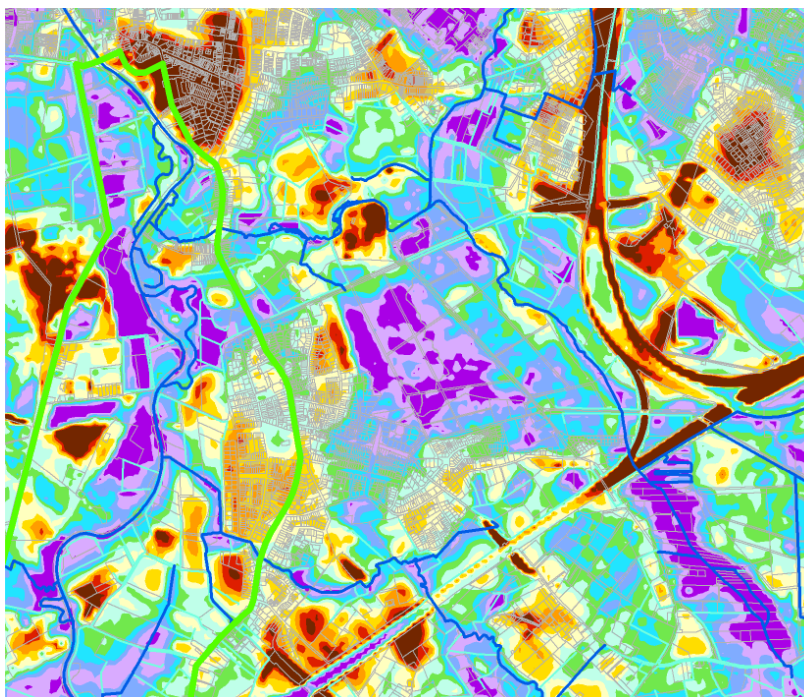
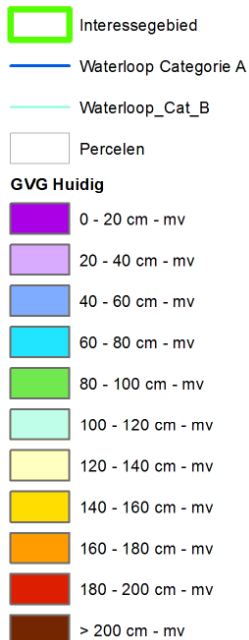
Hoewel de modelstudie zich concentreert op het Markdal qua interessegebied geven de figuren ook een goed beeld van het patroon van de GHG, GVG en GLG in de omgeving van het Ulvenhoutse bos. De freatische grondwaterstanden komen redelijk overeen met de verwachtingen op basis van de gebiedskennis. De natte plekken in het Ulvenhoutse Bos die naar voren komen in het Beheerplan zijn in deze figuren terug te vinden. Ook de verschillende accenten met betrekking tot de grondwateroverlast in het stedelijke gebied komen terug. Rond Craenlaer ligt bijvoorbeeld een gebied met relatief veel grondwateroverlast, wat met name in figuur 3.6 terug is te zien. De diepere ontwatering van de gedraineerde begraafplaats Lichtenberg is eveneens in de figuren terug te zien.

Legenda



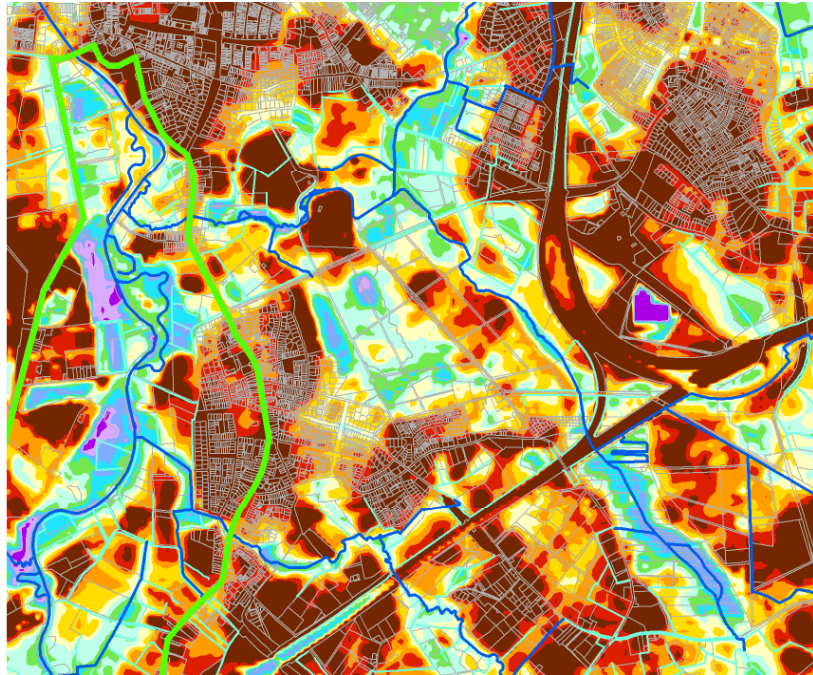
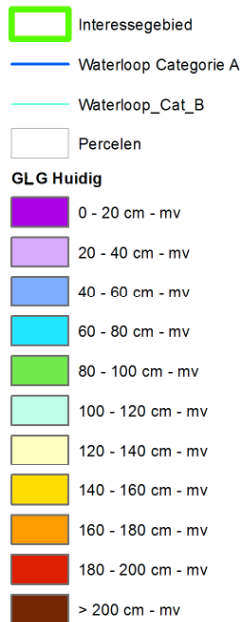
Figuur 3.6. De GHG in en rondom het Ulvenhoutse bos (Grondwatermodel Markdal). Op de tekening is het interessegebied Markdal van de modelstudie (groene lijn) deels te zien.

Legenda



Figuur 3.7. De GVG in en rondom het Ulvenhoutse bos (Grondwatermodel Markdal).

Legenda



Figuur 3.8. De GLG in en rondom het Ulvenhoutse bos (Grondwatermodel Markdal). Rondom de Mark is met een groene lijn het interessegebied van de modelstudie te zien.

Uit het Grondwatermodel Markdal zijn de kwelfluxen over modellaag 1 bekend. De grondwaterstand in deze laag wordt bepaald door het neerslagoverschot dat in de bodem infiltreert, door de aan- en afvoer van water door sloten en drains en door de aan- en afvoer van water door de ondergrond. In het laatste geval gaat het hoofdzakelijk om de onderkant van de voornoemde modellaag 1, omdat de zijdelingse stroming vanwege het beperkte doorlatende vermogen van laag 1 klein is. De opwaartse grondwaterstroming door de onderkant van laag 1 is de kwelflux. In figuur 3.9 is deze uitgedrukt in mm per dag. Een neerwaartse stroming of wegzijging is weergegeven als een negatieve waarde van de kwelflux in mm/dag.

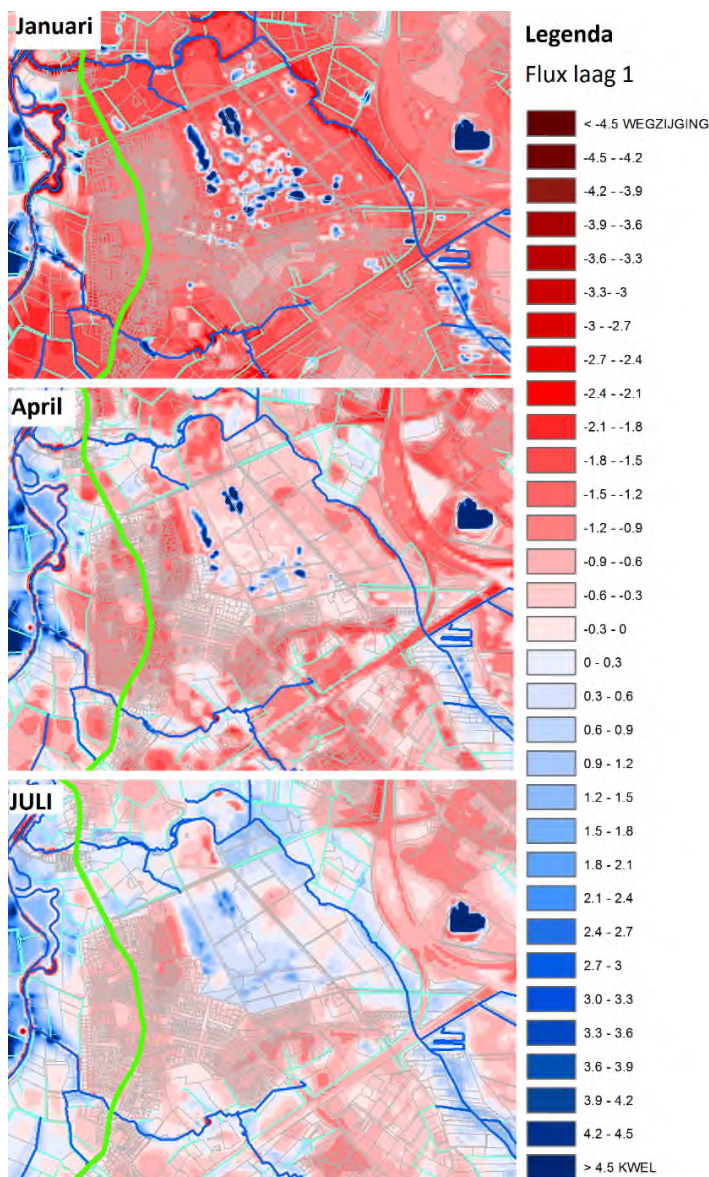
Uit figuur 3.9 blijkt dat het contrast tussen de wegzijging (rood) en de kwel (blauw) in het Ulvenhoutse Bos in januari het grootst is. Door het hoge neerslagoverschot en de hoge grondwaterstanden zijgt relatief veel grondwater verticaal door laag 1 (toplaag) weg naar diepere lagen in de deklaag en het 1^e watervoerende pakket. Dit water stroomt deels ondiep naar de laagste water afvoerende delen van het Ulvenhoutse Bos en komt daar als een geconcentreerde kwelstroom naar boven.

De patronen van infiltratie en kwel vertonen een redelijke overeenkomst met de kwelplekken zoals die zijn beoordeeld in paragraaf 2.1.6 van het Bos- en waterplan van Staatsbosbeheer. De overeenkomst met de waarnemingen in juli 2017 op 4 recente peillocaties in het Ulvenhoutse bos (zie figuur 2.5) is echter minder goed. Volgens figuur 3.9 zijn in juli de grondwaterstanden door de overheersende invloed van de verdamping laag. De verdamping wordt gecompenseerd door een opwaartse kwelstroom uit diepere bodemlagen die diffuus is verdeeld over het bos en maximaal in de orde van grootte van de verdamping van 2 à 3 mm/dag ligt.

Volgens de waarnemingen van de grondwaterstanden in figuur 2.5 zijn de stijghoogten op de zuidelijke peillocaties 3 en 4 naar onderen lager. Het betreft hier dus infiltratiegebieden in plaats van kwelgebieden. Bij de peillocaties 1 en 2 is dit precies andersom. Dit zijn dus kwelgebieden. De

diepste filter van peillocatie 2 vormt een uitzondering. De grondwaterstijghoogte is hier lager dan het filter erboven.

Uit de waarnemingen blijkt dat de kwel die in het Ulvenhoutse bos naar boven komt in de zomer in belangrijke mate wordt bepaald door de grondwaterstroming in de bovenlaag tot ca. 8 à 12 m-mv (zie par 2.4). Het grondwater stroomt hier van de hoge gronden in het zuiden naar de lager gelegen gronden in het noorden. De bijdrage vanuit het 1^e watervoerende pakket is ook van belang maar minder groot. Zo is alleen bij peilbuis 1 de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (filter 4) hoger dan in het grondwaterfilter erboven. Een stijghoogtedaling in het eerste watervoerend pakket heeft een nadelige doorwerking op de stijghoogten en dus de kwelstroom in de bovenlaag. Het kalkonderzoek van SBB kan meer inzicht geven in het relatieve belang van de lokale kwelstroom via de deklaag / 1^e watervoerende pakket en de regionale kwelstroom via de diepere lagen; de resultaten hiervan zijn nog niet beschikbaar.



Figuur 3.9. Fluxen laag 1 in mm/dag, karakteristiek voor de maanden januari, april en juni.

4 Menselijke invloeden op verschillende schaalniveaus

4.1 Indeling in schaalniveaus

Bij de beschouwing van de isohypsen in paragraaf 3.1 via de freatische grondwaterstanden naar de kwel en wegzijging in paragraaf 3.3 wordt feitelijk een aantal schaalniveaus doorlopen, waarbij verschillende invloeden op het hydrologische systeem wordt beschouwd:

- Op het **regionale schaalniveau** zijn de invloeden van de diepe grondwateronttrekkingen voor de bereiding van drinkwater (Brabant Water) en de industriële onttrekkingen uit de watervoerende pakketten 2 en 3 op het grondwater van belang. Deze invloeden werken door naar het sub regionale schaalniveau.
- Op het **sub regionale schaalniveau** is de invloed van de Mark en het Markdal op de stijghoogten in het eerste watervoerende pakket van belang. Daarnaast liggen, naar mag worden aangenomen, de grondwater onttrekkingsputten voor beregening met de filters meestal in het eerste watervoerende pakket. Ook reikt de zandwinplas oostelijk van de A27 tot in het eerste watervoerende pakket. Deze invloeden werken door naar het lokale schaalniveau.
- Op het **lokale schaalniveau** is de invloed van de maaiveldligging en de hiermee samenhangende ontwatering met beken, sloten, greppels, rabatten en drainage groot. De lokale hydrologische processen die hiermee samenhangen manifesteren zich met name via de deklaag en in mindere mate via het eerste watervoerende pakket. De invloed van deze ontwateringsmiddelen in de nabije omgeving van het Ulvenhoutse Bos op het bos staat op dit schaalniveau centraal.
- De voornoemde invloeden op verschillende schaalniveaus komen samen op het **standplaatsniveau** binnen het Ulvenhoutse Bos. Het gaat daarbij niet alleen om de grondwaterstanden maar ook om de kwel en wegzijging en de hiermee samenhangende gradiënten in grondwaterkwaliteit in het bos, die bepalend zijn voor het behoud en de versterking van de specifieke ecologische kenmerken, waaraan het bos een belangrijk deel van zijn waarde ontleent.

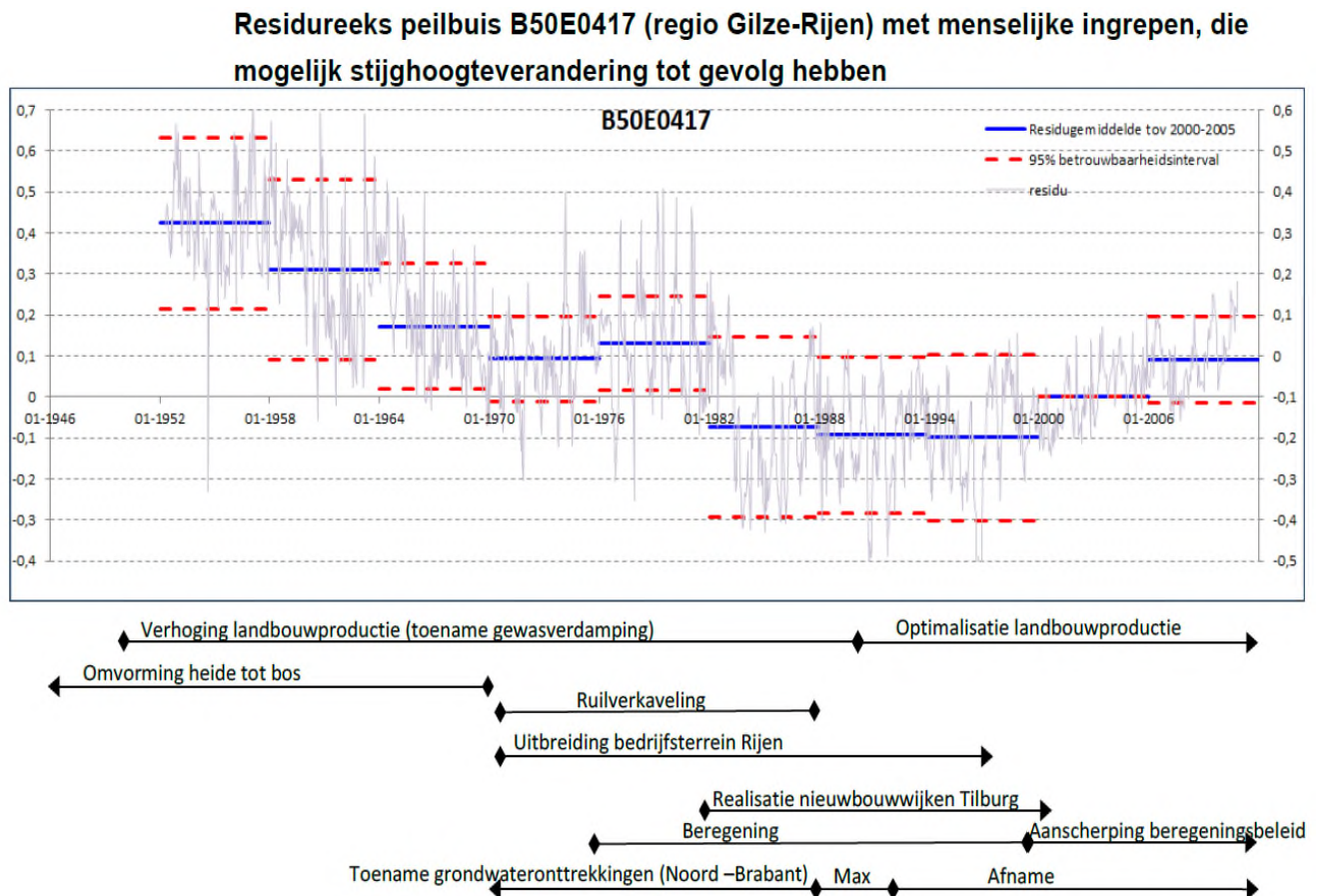
Met de indeling in schaalniveaus hangt de omvang van het gebied samen dat in deze hydrologische systeemanalyse dient te worden beschouwd. Bij het regionale schaalniveau gaat het bijvoorbeeld om het cumulatieve effect van diepe grondwateronttrekkingen (met name van Brabant Water) tot op een afstand van meer dan 5 km (hoofdstuk 5). Op het sub regionale schaalniveau reikt het hydrologische invloedsgebied 1 à 2 km ver. Grondwateronttrekkingen ten behoeve van beregening, de invloed van de Mark en het Markdal en een zandwinput die reikt tot in het eerste watervoerende pakket zijn hierin van belang (hoofdstuk 6). Het lokale schaalniveau (hoofdstuk 7) sluit hierop aan. Het gaat dan om systeemkenmerken in de directe omgeving van het bos, zoals ingrepen in het oppervlaktewater systeem en in de bebouwde kom van Ulvenhout (hoofdstuk 8), grenzend aan het bos. Bij het standplaatsniveau worden de hydrologische processen intern binnen het bos beschouwd (hoofdstuk 9).

Het Bos- en waterplan richt zich met name op interne maatregelen binnen het bos, die betrekking hebben op het standplaatsniveau. Het wordt echter moeilijker om hiermee nadelige externe hydrologische invloeden te compenseren, naarmate de oorzaken verder verschuiven van het interne via het lokale en sub regionale naar het regionale schaalniveau. Het is dan ook van

belang om de grootte van invloeden op verschillende schaalniveaus te onderscheiden en zo mogelijk hier de oplossingsrichtingen op af te stemmen.

4.2 Overzicht oorzaken op verschillende schaalniveaus

Een overzicht van mogelijke oorzaken van verdroging op verschillende schaalniveaus wordt, bij wijze van voorbeeld, gegeven aan de hand van een onderzoek in opdracht van de Provincie Noord-Brabant (2013), waarin middels tijdreeksanalyse een oorzakenanalyse is verricht van wijzigingen van de stijghoogten in langdurig waargenomen peilbuizen in Noord-Brabant en Limburg. De hierin aangeven mogelijke oorzaken van verlagingen zijn ook relevant voor de situatie bij het Ulvenhoutse Bos. Ter illustratie is uit dit rapport peilbuis B50E0417 juist oostelijk van het vliegveld Gilze-Rijen langs de Bredaseweg (de N282) geselecteerd. Hoewel gelegen op ca. 8 km afstand, dus buiten het hydrologische invloedsgebied van het Ulvenhoutse bos, geeft de tijdreeksanalyse een goed beeld van mogelijke oorzaken.



Figuur 4.1. Analyse residueeks vanaf 1952. Vanaf de jaren vijftig daalt de grondwaterstijghoogte maximaal ruim 50 cm in de jaren negentig. Daarna is de daling afgenomen tot ruim 30 cm vanaf 2006 (bron: Lange tijdreeksanalyse in het kader van KWR en RWSR, Royal Haskoning in opdracht van Provincie Noord-Brabant, datum 15 maart 2013). Opmerking: in het plaatje is de rechter Y-as iets verschoven, de linker Y-as is juist.

Volgens figuur 4.1 zijn ter plaatse (nabij vliegveld Gilze-Rijen) vanaf de jaren vijftig de grondwaterstijghoogten maximaal gedaald tot ruim 50 cm in de jaren negentig. Daarna is de daling afgenomen tot ruim 30 cm vanaf 2006. De oorzaken van de verlagingen van de grondwaterstijghoogten in figuur 4.1 zijn als volgt:

- In dit gebied is in de jaren vijftig en zestig heide omgevormd tot bos en het landbouwkundig gebruik is geïntensiveerd, waardoor de verdamping toenam en minder neerslagoverschot voor de voeding van het grondwater beschikbaar kwam.
- De ruilverkaveling heeft in de jaren zeventig en begin jaren tachtig mede bijgedragen aan de verlagingen van de grondwaterstanden en grondwaterstijghoogten door het intensiveren van de ontwatering van de percelen, waardoor met name in het winterhalfjaar een kleiner deel van het neerslagoverschot infiltreert.
- De grondwateronttrekkingen (drinkwater en industrieel) nemen vanaf de jaren zeventig sterk toe om na een maximum eind jaren tachtig onder invloed van het gevoerde beleid tot terugdringing van de grondwateronttrekkingen in de loop van de jaren negentig weer af te nemen.
- Tijdens en volgend op de ruilverkavelingen is het landbouwkundig gebruik geïntensiveerd. Met name vanaf het zeer droge jaar 1976 is de beregening sterk toegenomen. Vanaf de tweede helft van de jaren negentig is het beleid ten aanzien van beregening aangescherpt. Overigens is de invloed van de beregening niet in de tijdreeksanalyse terug gevonden. Waarschijnlijk omdat de beregening in een beperkt aantal maanden plaatsvindt (juni tot en met augustus) en sterk gecorreleerd is met de klimaatinvloed (negatief neerslagoverschot door grote verdamping en weinig neerslag).
- Een uitbreiding van bedrijfsterrein in Rijen en nieuwbouwwijken in Tilburg (Reeshof etc.) worden tevens als oorzaken genoemd.

Dezelfde oorzaken als hiervoor genoemd zijn relevant voor de omgeving van het Ulvenhoutse Bos maar de accenten liggen anders:

- In de periode 2001-2005 heeft de landinrichting Ulvenhout-Galder plaatsgevonden zuidelijk van het Ulvenhoutse Bos en Ulvenhout en westelijk van Ulvenhout. Deze heeft zich echter niet zozeer gericht op een intensivering van de ontwatering maar ook op een bestrijding van de verdroging en beekherstel.
- De invloed van de grondwateronttrekkingen van Brabant Water op de stijghoogten van het grondwater onder het Ulvenhoutse Bos zijn vanaf eind jaren tachtig, gezien de onttrekkingscijfers, weinig afgenomen. De grondwateronttrekkingen Oosterhout, Dorst, Prinsbosch en Ginneken liggen samen in de orde van grootte van 25 miljoen m³/jaar.
- De industriële onttrekkingen in de omgeving zijn vanaf rond 1990 wel sterk afgenomen. Van ca. 3.5 miljoen naar minder dan 0.5 miljoen per jaar.
- De grondwateronttrekkingen ten behoeve van beregening zijn ook hier naar verwachting vanaf 1976 toegenomen, maar wellicht beperkter van omvang dan elders, bijvoorbeeld vanwege de aanwezigheid van veel stedelijk gebied in de omgeving.
- De uitbreiding van bebouwd gebied van Ulvenhout aan de zuidkant van het Ulvenhoutse Bos (zuidelijk van de Kerkdreef in de tweede helft van de jaren negentig) kan invloed hebben gehad op de grondwateraanvulling.

Overigens wijzen onderzoeken er op dat woonwijken, zoals zuidelijk van de Kerkdreef, niet veel invloed hebben op de grondwateraanvulling (*Waterbeheersing Stedelijke Gebieden, F.H.M. van de Ven, TU Delft 1988*), aangenomen dat bij de bouw geen grondwaterstandverlaging middels drainage heeft plaatsgevonden. Weliswaar wordt in een woonwijk hemelwater dat afstroomt van verhard oppervlak (deels) via de riolering afgevoerd, maar daar staat tegenover dat de verdamping van verhard oppervlak veel kleiner is dan van begroeide oppervlakten (landbouw-,

bos- en (overig) natuurgebied). Drainage is wel een aandachtspunt, als wateroverlast in een wijk wordt bestreden middels drainage die het grondwater naar sloten e.d. afvoert.

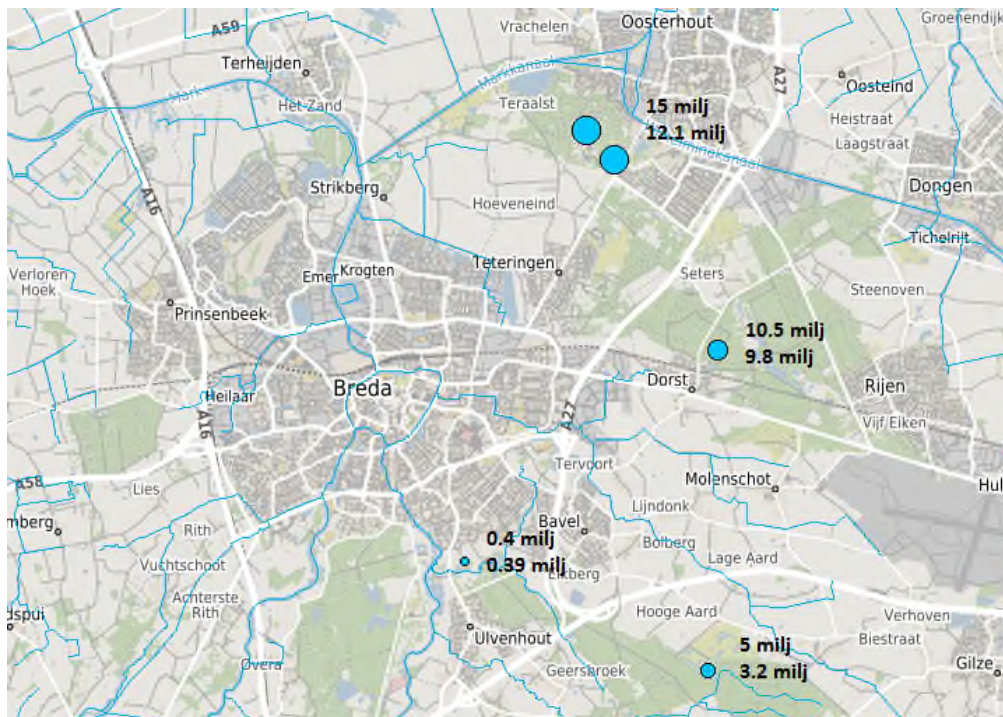
In de volgende hoofdstukken wordt nader ingegaan op de verschillende oorzaken van wijzigingen in de grondwaterstijghoogten en grondwaterstanden op verschillende schaalniveaus, waarbij de volgorde van regionaal via sub regionaal naar lokaal wordt aangehouden. Uiteindelijk gaat het erom hoe deze invloeden zich gezamenlijk manifesteren op het standplaatsniveau in het bos.

5 Invloeden op het regionale schaalniveau

5.1 Overzicht grondwateronttrekkingen Brabant Water en industrie

Uit het voornoemde onderzoek van lange tijdreeksen (paragraaf 4.2) volgt dat grondwateronttrekkingen op regionaal niveau een belangrijke invloed hebben op de grondwaterstijghoogten in watervoerende pakketten. De ligging van grote onttrekkingen van Brabant Water in de nabije en verdere omgeving van het Ulvenhoutse Bos (tot maximaal 8.5 km afstand) is aangegeven in figuur 5.1. De afstanden van de verschillende grondwateronttrekkingen van Brabant Water tot de rand van het Ulvenhoutse Bos zijn bij benadering als volgt:

- Ginneken: ca. 0.65 km
- Prinsenbosch: ca. 3 km
- Dorst: ca. 5.8 km
- Oosterhout: ca. 8.3 km



Figuur 5.1. Ligging van grondwateronttrekkingen van Brabant Water binnen een afstand van maximaal 8.5 km van het Ulvenhoutse Bos. De maximale vergunde hoeveelheid per jaar en de onttrokken hoeveelheid in 2005 is bij de grondwateronttrekkingen vermeld.

Met betrekking tot de grootte van de grondwateronttrekkingen recenter dan het jaar 2005 dat in figuur 5.1 is opgenomen kan het volgende worden vermeld:

- De grondwateronttrekking Ginneken is na 2005 geleidelijk verminderd en bedraagt nu rond de 0.15 à 0.17 miljoen m³/jaar.
- De grondwateronttrekking Dorst bedraagt de laatste 4 jaar 8.5 à 10 miljoen m³/jaar.
- Voor Oosterhout is dit 10.5 à 11.8 miljoen m³/jaar.

- De grondwateronttrekking Prinsenbosch is na 2005 over het algemeen groter dan 3.2 miljoen m³/jaar, met uitzondering van 2008. De grondwateronttrekking varieert tussen ca. 3.7 miljoen en 4 miljoen m³/jaar. Van 2014 t/m 2016 neemt de grondwateronttrekking toe tot ca. 5 miljoen m³/jaar.

Overigens is volgens een mededeling van Brabant Water weinig ruimte aanwezig om te schuiven in de onttrekkingshoeveelheden. Zo kan de grondwateronttrekking Ginneken weer toenemen als de bedrijfsvoering dat wenselijk maakt.

De industriële onttrekkingen zijn tegenwoordig afgebouwd of klein en gezien de afstand tot het Ulvenhoutse Bos is het effect dan van weinig belang. Kerry Ingredients in Breda op ca. 4.4 km afstand heeft (verreweg) de grootste onttrekking van ca. 0.6 miljoen m³/jaar, die in 2010 al verminderd was tot ca. 0.45 miljoen m³/jaar.

5.2 Invloed op de stijghoogten in de watervoerende pakketten 2 en 3

Een oriënterende berekening is gedaan naar de effecten van de grondwateronttrekkingen op de stijghoogten in de diepere watervoerende pakketten. De kD waarde van 2000 m²/dag en C-waarde van 4000 dagen is gebaseerd op een pompproef bij Dorst in het derde watervoerende pakket. Op basis van de laagdikte van slecht doorlatende lagen is deze C-waarde ook toegepast bij de grondwateronttrekking Ginneken in het tweede watervoerende pakket, maar de kD waarde is hier lager. Bij de onttrekking Prinsenbosch uit het derde watervoerende pakket zijn, gezien de geohydrologische opbouw, zowel de kD-waarde als de C-waarde lager. De uitgangspunten en resultaten van de berekeningen staan vermeld in tabel 5.1.

Tabel 5.1. Oriënterende berekening van de verlagingen van stijghoogten in de watervoerende pakketten 2 en 3 door de grondwateronttrekkingen van Brabant Water en industrie (Kerry).

	Afstand bos (km)	Filters lengte (m)	Onderkant filters (mNAP)	kD (m ² /dag)	C (dagen)	Debiet (m ³ /dag)	Verlaging (cm)
Oosterhout	8.3	50	ca. -183-195	2000	4000	30136	< 0.5
Dorst	5.8	50	ca. -157-186	2000	4000	24657	21
Prinsenbosch	3	30	ca. -124-130	1200	2000	13698	23
Kerry	4.4			1200	4000	1233	2
Ginneken	0.65	20	ca. -80	800	4000	438	10

Een superpositie (zie voor beschrijving van dit principe bijlage 1) van de hiervoor genoemde verlagingen voor de Formatie van Oosterhout (derde watervoerende pakket) geeft een totale verlaging door deze grondwateronttrekkingen van de stijghoogten onder het Ulvenhoutse Bos van (0.21+0.23=) 0.44 m in het derde watervoerende pakket. Dit cijfer wordt afgerond op 45 cm, waarbij rekening wordt gehouden met enige invloed van Kerry. Een dergelijke verlaging is niet onwaarschijnlijk als we dit vergelijken met de verlagingen die in het algemeen in Brabant en Limburg, en meer specifiek volgens de analyse van figuur 4.1 in de nabijheid van Tilburg, zijn opgetreden. De verlaging van 10 cm door de grondwateronttrekking Ginneken in het tweede watervoerende pakket draagt bij aan de hydrologische invloed van de grondwateronttrekkingen op de stijghoogten onder het Ulvenhoutse Bos.

De weerstand van de slecht doorlatende scheidende klei- en leemlagen tussen de watervoerende pakketten heeft veel invloed op de uitkomsten. Is de C-waarde bijvoorbeeld standaard 2000 in plaats van 4000, dan is de verlaging van de stijghoogte bij Dorst (derde wvp) 7 cm, bij Kerry verwaarloosbaar klein en bij Ginneken (tweede wvp) ca. 8 cm. De cumulatieve verlaging van Dorst (7 cm) en Prinsenbosch (23 cm) samen wordt dan ca. 30 cm. De invloed van Ginneken (8 cm) in een hoger pakket komt hier nog bij.

Het is vanwege heterogeniteit van de bodem niet onmogelijk dat de weerstanden boven de watervoerende pakketten groter zijn dan vermeld in tabel 5.1. Dan vallen de stijghoogteverlagingen in het tweede en derde watervoerende pakket juist groter uit dan aangegeven.

5.3 Doorwerking naar het freatische niveau

De doorwerking van de verlaging van de stijghoogten naar de verlaging van de freatische grondwaterstanden wordt bepaald door verlagingen van de stijghoogten te vermenigvuldigen met het quotiënt $C_d/(C_d+C_v)$, waarbij C_d (dagen) de drainageweerstand van de freatische zandlaag is en C_v (dagen) de som van de weerstand van de onderliggende slecht doorlatende zandlagen. De som C_d+C_v is gelijk aan de weerstand van $C = 4000$ dagen in tabel 5.1.

In de zomer, als sloten en greppels zijn droog gevallen, is C_d groter dan in de winter. Voor de zomer wordt een C_d waarde van 250 aangehouden en voor de winter een waarde van 100. Een quotiënt $250/(250+3750)=0.0625$ voor de invloed van de diepe putten in de zomer, vermenigvuldigd met een stijghoogten verlaging van 45 cm, geeft dit een grondwaterstandverlaging van ca. 2.8 cm. In de winter, bij een C_d van 100, bedraagt de verlaging ca. 1.2 cm. Overigens zijn de sloten in de laagste delen van het bos ook in de zomer watervoerend, waardoor de waarde van C_d hier ca. 100 blijft.

Met betrekking tot de kwel wordt het verschil tussen de verlaging van de stijghoogten en de verlaging van de grondwaterstanden genomen. Door dit verschil te delen door de tussenliggende weerstanden onder het Ulvenhoutse bos (4000 dagen) wordt de verlaging van de kwelflux berekend. Infiltratie betekent een negatieve kwelflux (zie figuur 3.9). Meer infiltratie betekent een verdere verlaging of meer negatieve kwelflux.

Tabel 5.2. Samenvatting van de verlagingen van de freatische grondwaterstanden (cm) en de kwel (mm/dag) in het Ulvenhoutse bos door de onttrekkingen Ginneken uit het tweede watervoerende pakket en door de onttrekkingen uit het derde watervoerende pakket (tabel 5.1).

	Verlaging stijghoogten midden onder bos (cm)	Verlaging stijghoogten noordrand bos (cm)	Verlaging freatische grondwaterstanden midden bos (cm)	Verlaging kwelflux midden bos (mm/dag)
Ginneken, wvp 2	6	10	ca. 0.5 (w)/ca. 1.2 (hz)	ca. 0.05
Som onttrekkingen wvp 3	45	45	ca. 1.2 (w)/ca. 2.8 (hz)	ca. 0.11

(w) Verlaging in winter

(hz) Verlaging hogere delen bos in zomer; de lage delen hebben dezelfde verlaging als in winter

De verlaging van de stijghoogten onder de noordrand van het bos is voor de onttrekking Ginneken groter dan midden onder het bos. De verlagingen van de freatische grondwaterstand en kwelflux aan de noordrand zijn niet aangegeven in de tabel voor Ginneken, maar deze zijn evenredig, dus met een factor $10/6$ (), groter. De verlagingen in het derde watervoerende pakket variëren nauwelijks onder het bos vanwege de grotere afstand.

De cijfers in de tabel geven een globaal beeld. Zo variëren de drainageweerstand binnen het bos naar plaats en tijd door droogvallende greppels e.d. Geconcludeerd kan worden dat de verlagingen van de freatische grondwaterstanden midden onder het bos door alle voornoemde grondwateronttrekkingen variëren tussen 1.7 cm en ca. 4 cm, afhankelijk van de periode van het jaar. De vermindering van de kwelflux bedraagt ca. 0.16 mm per dag of ca. 58 mm per jaar.

6 Invloeden op het subregionale schaalniveau

6.1 Grondwateronttrekkingen beregening

6.1.1 Overzicht beregeningsputten en onttrekkingshoeveelheden

Het waterschap heeft informatie verstrekt over de beregeningsputten van vergunninghouders binnen een omtrek van 3 km vanaf het Ulvenhoutse Bos. De locaties van de putten zijn in figuur 6.1 aangegeven. Uit deze beregeningsputten zijn de volgende hoeveelheden onttrokken:

2012: 158.647 m³

2013: 188.887 m³

2014: 113.149 m³

2015: 149.741 m³

Hierbij is van belang dat dit de hoeveelheden per vergunning zijn waarvan minimaal 1 put binnen het gebied van figuur 6.1 ligt. Niet bekend is hoeveel per put wordt onttrokken, maar alleen per vergunning. Als van een vergunning ook één of meerdere putten buiten het gebied liggen kan het grondwater dus ook buiten het gebied onttrokken zijn. Overigens zijn tijdens het veldbezoek bij de zandwinplas oostelijk van de A27 meer regenputten waargenomen dan vermeld staan in figuur 6.1. Of deze deel uitmaken van één en dezelfde vergunning waarin de onttrokken hoeveelheden wel zijn opgenomen is niet duidelijk.



Figuur 6.1. Locatie putten voor beregening binnen een straal van 3 km rond het Ulvenhoutse Bos.

Op basis van het bovenstaande kan bij benadering worden gesteld dat gemiddeld zo'n 150.000 m³ grondwater per jaar voor berekening binnen het aangegeven gebied wordt onttrokken. Er liggen 47 putten binnen het aangegeven gebied. Rekening houdend met enkele putten buiten het gebied wordt gemiddeld per put ca. $150.000/50 = 3000$ m³ per jaar onttrokken. De berekeningsperiode is van juni tot en met augustus. Gebruikelijk is dat in een eenmalige berekeningsgift voor een periode van 7 dagen 25 mm wordt toegediend. Voor de hydrologische berekening gaan we echter uit van een gemiddelde gift per dag zodat het gemiddelde hydrologische effect beter wordt bepaald. Wordt over een droge periode van 30 dagen berekend, dan wordt ca. 100 m³/dag per put onttrokken.

Bij meer beregeningsputten dichterbij het Ulvenhoutse bos kan het effect groter zijn dan hierboven is berekend.

6.1.2 Invloed op stijghoogten in watervoerend pakket 1

Invloed individuele put

Uitgangspunt van berekening voor de individuele put is dat over een droge periode van 30 dagen ca. 3000 m³ wordt berekend, dat is ca. 100 m³/dag per put. Uitgaande van een kD-waarde van het eerste watervoerende pakket van 100 m²/dag en een equivalent C-waarde voor de kleilagen boven en onder dit pakket van 750 dagen kunnen de verlagingen in de omgeving van de put worden berekend (voor een nadere toelichting zie bijlage 1):

Tabel 6.1. Verlagingen in het eerste watervoerende pakket bij een onttrekking van 100 m³/dag uit een beregeningsput.

Afstand (m)	100	200	300	400	500	600	700
Verlaging (cm)	0.19	0.10	0.06	0.04	0.02	0.01	0.008

Invloed putten op verschillende afstanden

Gaan we uit van de voornoemde gemiddelde onttrekking van 100 m³/dag dan volgt uit tabel 6.1 voor de grondwaterput Jeugdland op 300 m van de noordwestzijde van het bos een verlaging van ca. 6 cm onder de rand en 1 cm onder het centrum van het bos. Overigens zijn bij de gemeente vanaf 2010 geen onttrekkingen te Jeugdland geregistreerd.

De drie grondwaterputten op ca. 250 m, 400 m en 500 m van de noordoostkant van het bos onttrekken naar schatting respectievelijk zo'n 3000, 6000 en 3000 m³/jaar. Daarmee worden de verlagingen van de stijghoogten aan de rand van het bos respectievelijk 8 cm, 8 cm en 2 cm. Ca. 400 m richting het centrum van het bos zijn de verlagingen nog respectievelijk ca. 1 cm en verder vrijwel geen verlaging.

Superpositie verlagingen

Superpositie geeft dus ca. 18 cm verlaging van de stijghoogten aan de rand en 1 cm in het centrum. Aan de zuidwestkant ligt een put op ca. 750 m, wat een verlaging van ca. 0.5 cm aan de rand van het bos geeft. De overige putten in figuur 6.1 liggen verder weg en hebben naar verwachting dus minimaal effect.

6.1.3 Doorwerking naar freatisch niveau

Ten aanzien van de verlaging van het freatische niveau, deze bedraagt ongeveer een derde van de verlaging in het eerste watervoerende pakket. Dus de verlaging van de GLG bedraagt aan de noordoost- en oostrand van het bos ca. 6 cm. Richtig het centrum van het bos neemt de verlaging af tot vrijwel 0 cm. (zie voor een toelichting op de rekenmethodiek bijlage 1).

De invloed op de kwelflux aan de noordoost- en oostrand van het bos kan worden berekend als het verschil tussen de dalingen in het eerste watervoerende pakket en freatisch, dus $(0.18-0.06)=0.12$ m, gedeeld door de tussenliggende weerstand van 1000 dagen. De verlaging van de kwelflux (dan wel vergroting van de infiltratie), bedraagt 0.12 mm per dag.

De resultaten kunnen worden vergeleken met de resultaten van het NHI 3.0, waarmee vrij recent klimaatscenario's op de effecten van berekening voor de GHG en de GLG in gebieden zijn doorgerekend (*Bakel, J. van, Huinink, J., Werkman, W., 2015. Hoe robuust is ons hydrologisch systeem (1)? Stromingen 24, nr. 4, p 7-14*).

In dit onderzoek is uitgegaan van, bij benadering, een verdubbeling van de huidige berekeningshoeveelheid. Door de extra verlagingen door verdubbeling ongeveer gelijk te stellen aan de huidige verlagingen bij de huidige berekeningshoeveelheid (principe van superpositie) kan uit dit onderzoek een indruk worden gekregen van de huidige invloed van onttrekkingen te behoeve van berekening:

- De verlaging van de GLG is in de laagste delen van het bos tussen 0 en 5 cm en kan ter plaatse van de hogere delen aan de oost- en zuidrand oplopen tot ca. 5 à 10 cm.
- De GHG in het bos wordt niet verlaagd of de verlaging is in ieder geval zeer klein.

Ten aanzien van de verlaging in het eerste watervoerende pakket: deze is bij de verlaging van de GLG 10 à 20 cm aan de rand van het bos. Dat komt redelijk overeen met wat we hiervoor op basis van superpositie hebben berekend (18 cm verlaging aan de rand van het bos).

6.2 De Mark en het Markdal

In het Markdal heeft niet alleen de Mark een drainerende invloed. Het aangrenzende Markdal is een laaggelegen gebied met dus lage slootpeilen dat eveneens drainerend op de omgeving werkt. Daarbij is de breedte van het Markdal groot, in de orde van grootte van 400 m, wat tevens bijdraagt aan de drainerende werking. Peilwijzigingen maar ook de aanleg van meanders kunnen de drainerende werking en dus de hydrologie van de omgeving beïnvloeden.

In figuur 3.1 is de huidige drainerende werking van het Markdal zichtbaar in de isohypsen van het eerste watervoerende pakket, op basis van een interpolatie van waarnemingen van stijghoogten en het isohypsenpatroon geconstrueerd voor 28 april 1995. Bij dit isohypsenpatroon is onder meer gebruik gemaakt van een viertal diepe peilbuizen die recent in het Ulvenhoutse bos zijn geplaatst. Vanwege de omvang en complexiteit van het stromingsbeeld is een berekening met het grondwatermodel Markdal benodigd om de effecten van ingrepen in het Markdal volledig in beeld te brengen.

6.3 De zandwinplas oostelijk van de A27

De zandwinplas oostelijk van de A27 (zie figuur 3.5) ligt op 250 m tot 500 m van het Ulvenhoutse Bos (afhankelijk van het beschouwde grensdeel). Verwacht mag worden dat deze plas insnijdt in het eerste watervoerende pakket onder de deklaag. Uit de AHN viewer volgt een peil van ca. NAP +4.5 m. Uit de isohypsen van figuur 3.1 en het nabije waarnemingspunt van de stijghoogten in het eerste watervoerende pakket volgt een stijghoogte tussen NAP +4.0 m en NAP +4.5 m. Dit komt redelijk goed overeen, rekening houdend met seizoensfluctuaties in het plaspeil.

In het veld is gecontroleerd of water kan worden afgevoerd uit de plas, bijvoorbeeld middels een overlaat op een sloot. Er is echter geen duikerverbinding vastgesteld van de plas met een sloot of een overlaat die bij een hoog peil van de plas in werking treedt. De plas heeft dus nauwelijks invloed op de grondwater stijghoogten in de ondergrond, behalve dan dat de verdamping wat groter is dan de oorspronkelijk aanwezige agrarische functie. Deze kleine toename van verdamping heeft echter weinig effect.

Vanwege de insnijding van de plas in het eerste watervoerende pakket reikt het invloedsgebied van een peilwijziging relatief ver. Bij (veel) wateraanvoer reikt de invloed van een peilwijziging tot onder het Ulvenhoutse bos.

7 Invloeden op het lokale schaalniveau

Invloeden op het lokale schaalniveau hebben betrekking op wijzigingen van grondwaterstanden en kwel of infiltratie door ingrepen in het oppervlaktewatersysteem. De invloed van ingrepen in het oppervlaktewatersysteem hangt nauw samen met de ondiepe geohydrologische opbouw. Middels expert judgement en analytische vergelijkingen worden de invloeden van ingrepen in het oppervlaktewatersysteem nader gekwantificeerd.

De volgende ingrepen in het oppervlaktewatersysteem in de directe omgeving van het Ulvenhoutse Bos komen aan de orde:

- Ingrepen in de Bavelse Leij en het gebied Wolfslaar aan de noordkant (aanleg meanders in de Bavelse Leij en peilen)
- Ingrepen in de Broekloop aan de oostkant (peilwijziging middels verondieping, stuwen)

Ook de mogelijke invloed van peilverhogingen in gebieden verder weg dient in acht te worden, zoals:

- Het landbouwgebied oostelijk van de A27 bij Bavel
- De bovenloop van de Broekloop nabij de A27/A58 en bovenstrooms hiervan
- Een onderbemalen watergang in landbouwgebied, noordoostelijk van het bos
- Peilverhoging in het Chaamse beekdal.

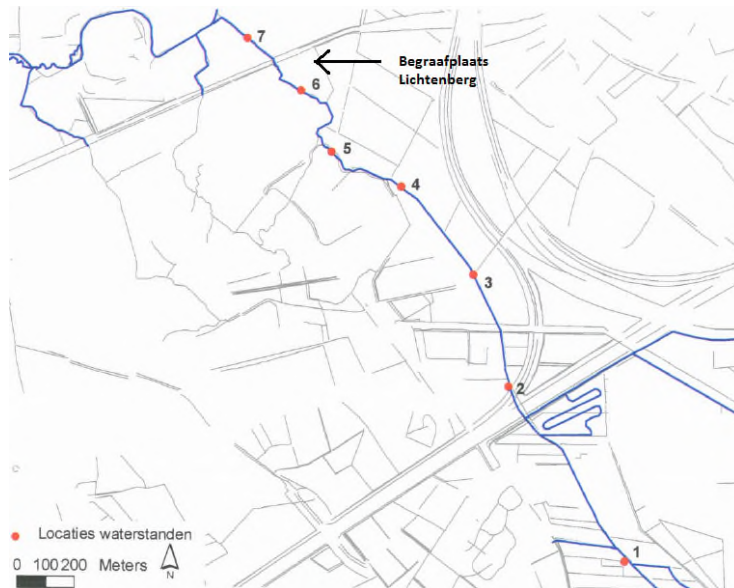
Tot slot dient de invloed van de bebouwde kom van Ulvenhout op de grondwaterstanden en grondwaterstijghoogten, grondwaterstanden en kwel te worden vastgesteld. Dit wordt beschreven in hoofdstuk 8.

7.1 Bavelse Leij en Broekloop

7.1.1 Peilen en voorgestelde maatregelen

Zoals aangegeven in figuur 3.5 ligt de Bavelse Leij en het gebied Wolfslaar aan de noordkant van het Ulvenhoutse bos. Hier ligt het maaiveld relatief laag en zijn de waterpeilen relatief hoog. Zo hoog dat de afwatering van de laagste delen van het Ulvenhoutse bos periodiek problemen ondervindt. In het Bos- en waterplan wordt voorgesteld dit middels een klepstuw naar de Bavelse Leij op te lossen. Peilverhogingen in de Bavelse Leij ten behoeve van het Ulvenhoutse bos komen dan ook niet in aanmerking.

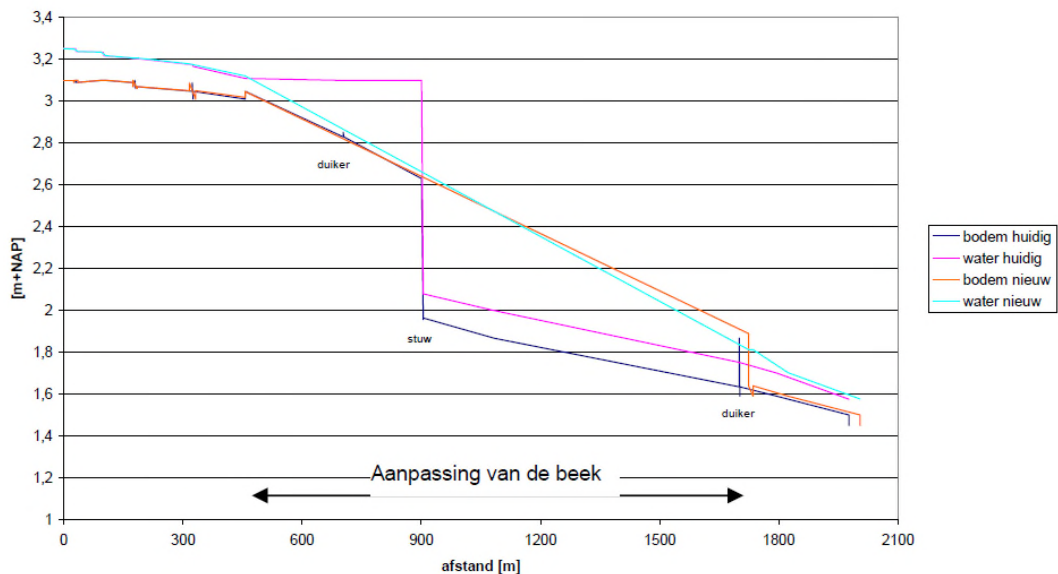
Voor delen van de Broekloop komt een peilverhoging wel in aanmerking. In het verleden zijn hiervoor al onderzoeken gedaan in opdracht van het waterschap Brabantse Delta (*1. Witteveen en Bos, 2005; Effectiviteit hydrologische herstelmaatregelen Voorbos/Broekloop en 2. Tauw, 2007; Beschrijving DO Voorloop/Broekloop*). In het rapport van Witteveen en Bos is het tracé van figuur 7.1 opgenomen.



Figuur 7.1 Onderzocht tracé van de Broekloop door Witteveen en Bos (2005) met locaties waar waterstanden voor de gemiddelde zomersituatie (vóór het treffen van maatregelen) zijn weergegeven:
1: Huisje met risico wateroverlast 3.94;
2: noordelijk A27/A58 3.32;
3: begin tracé A 3.31;
4: benedenstrooms van stuw 2.11;
5: midden tracé B 1.96;
6: midden tracé C 1.87;
7: midden tracé D 1.73.

De bij figuur 7.1 vermelde tracés betreffen delen waar maatregelen zijn gepland. In het rapport van Tauw (2007) zijn deze maatregelen in meer definitieve vorm opgenomen (figuur 7.2).

zomer



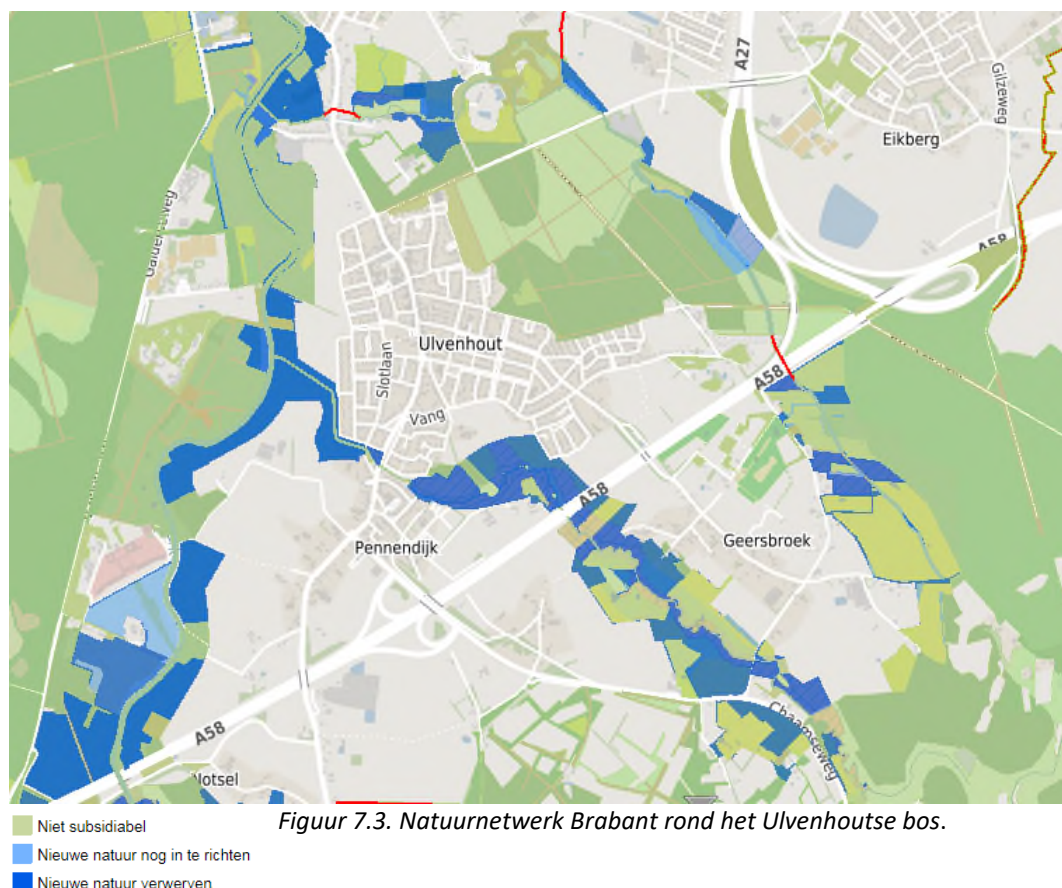
Figuur 7.2. Tracé van de Broekloop met geplande bodemverhogingen en de weg te halen stuw.
Het tracé begint benedenstrooms bij de samenkomst met de Bavelse Leij (benedenstrooms punt 7) en eindigt bovenstrooms iets noordelijk van punt 2 in figuur 7.1. De geplande bodemverhoging begint benedenstrooms bij de Deken Dr. Dirckxweg (tussen de punten 6 en 7). De stuw lag iets bovenstrooms van punt 4. De verhoging van de waterstand reikt in de zomer ongeveer tot punt 3.

De maatregelen van figuur 7.2 zijn niet geheel uitgevoerd zoals aangegeven. In het benedenstroomse tracé ter hoogte van de begraafplaats Lichtenberg is de bodem niet verhoogd

omdat de grondwaterstand niet mag worden verhoogd. Op deze maatregel wordt in paragraaf 7.2.1 nog nader ingegaan.

Bovenstrooms van de begraafplaats is de bodem van de Broekloop verhoogd. Tijdens het veldbezoek werd geconstateerd dat de loop zich ter plaatse van de graslandpercelen oostelijk van het bos in de loop van de jaren wat dieper heeft ingesneden. In geval de ophoging weer wordt hersteld, zullen de effecten niet ver reiken, omdat het een beperkte verhoging in het dunne freatische zandpakket betreft. Daarnaast zijn de peilen in de Broekloop in de zomer wellicht gelijk of weinig hoger dan de aangrenzende grondwaterstanden. De grondwateraanvulling dient dan door infiltratie plaats te vinden en niet te verwachten is dat dit grote grondwaterstandverhogingen oplevert. Voor de randen van het bos zullen de verhogingen echter nuttig zijn.

De bodemverhoging van figuur 7.2 is niet verder bovenstrooms doorgevoerd vanwege de resulterende peilverhoging die reikt tot zuidelijk van de A27/A58, ter plaatse van punt 1 in figuur 7.1. Overigens liggen deze gronden in het Natuurnetwerk Brabant of NNB (zie figuur 7.3). Een peilverhoging in het tracé noordelijk van de A27/A58, ter plaatse van een zuidoostelijke uitloper van het Natura 2000-gebied Ulvenhoutse Bos, heeft echter wel een positieve invloed op de natuurwaarden alhier. Ook deze maatregel wordt in het vervolg nader onderzocht.



Tot slot worden de effecten van een peilverhoging in het landbouwgebied zuidelijk van de A27/A58 nagegaan. Vanwege de ligging in het NNB (figuur 7.3) past de peilverhoging zowel in het

kader van de vernatting van het Ulvenhoutse bos als in het beleid met betrekking tot het herstel en de versterking van de natuurwaarden in Noord-Brabant.

Navolgend wordt nader ingegaan op de effecten van peilverhogingen in de verschillende deelgebieden.

7.1.2 Invloed peilverhogingen op grondwaterstanden en grondwaterstijghoogten

Peilverhoging bij de begraafplaats Lichtenberg

Witteveen en Bos (2005) heeft gerekend aan de effecten van een peilverhoging in de Broekloop ter hoogte van de begraafplaats op de grondwaterstanden (Effectiviteit hydrologische herstelmaatregelen Voorbos/Broekloop, Witteveen en Bos, 15 maart 2005). De conclusies zijn:

- In de gemiddelde wintersituatie leidt een peilverhoging van NAP +2.24 m naar NAP +2.51 m (27 cm) tot een grondwaterstandverhoging van 2 cm op 50 m afstand van de Broekloop.
- In de gemiddelde zomersituatie, bij een peilstijging van NAP +1.87 m naar NAP +2.33 m, reiken de grondwaterstandverhogingen veel verder. Op 125 m afstand is de verhoging 25 cm, op 630 m afstand is de verhoging 5 cm.

De berekening voor de gemiddelde wintersituatie is realistisch maar bij de zomersituatie kunnen vraagtekens worden geplaatst. In deze laatste situatie wordt ervan uitgegaan dat alle overige watergangen droogvallen. Er is echter gerekend in een tweedimensionale transect (verticaal) van oost naar west, waarbij geen rekening is gehouden met de invloed van oppervlaktewater noordelijk van het transect (Wolfslaar). Daarnaast betreft de gemodelleerde opstuwing een vrij kort deeltraject van de Broekloop. Het verhogingspatroon is daardoor in werkelijkheid cirkelvormig (of beter gezegd ovaal) rond de watergang in plaats van alleen in de richting van het transect. Daardoor nemen de verhogingen op toenemende afstand sneller af dan in een tweedimensionaal model. Dat de vermindering van de drainerende werking van de Broekloop in de zomer een grotere invloed heeft dan in de winter mag echter wel worden aangenomen.

Volgens recente boringen van Staatsbosbeheer ligt de bodem van de Broekloop bij de begraafplaats vrijwel op een kleilaag met een laagdikte van ca. 1.5 m (paragraaf 2.4, boringen B5 en B11). De laagdikte van de watervoerende zandlaag boven de kleilaag is bij een grondwaterstand van ca. 1 m-mv in de zomer niet groter dan ca. 1 m. In de winter is de watervoerende laagdikte niet groter dan 2 m. De hydrologische effecten van een peilverandering in de beek worden eerder overschat dan onderschat als we uitgaan van een grondwaterstroming naar de beken door het bovenste zandpakket (freatisch) met een kD -waarde 5 m²/dag en een drainageweerstand C_d van 200 dagen in de zomer. De grondwaterstandverhogingen op verschillende afstanden bedragen bij een peilverhoging van 46 cm: 0.20 m op 25 m afstand, 0.09 m op 50 m afstand, 0.02 m op 100 m afstand en ca. 1 cm op 120 m afstand (zie rekenmethodiek bijlage 1). In de winter, bij een peilverhoging die de helft kleiner is omdat het beekpeil gemiddeld genomen hoger is, bedragen de grondwaterstandverhogingen de helft.

De watergang draineert bij de voornoemde peilverhogingen per meter lengte 0.07 m³/dag minder water uit het bos, zowel in de zomer als in de winter. Weliswaar is in de winter de peilverhoging kleiner, maar omdat de grondwaterstanden in het aangrenzende bos hoger zijn wordt de toestroom van water ook meer beïnvloed bij een peilverhoging.

Doordat de beek minder water uit het bos draineert wordt meer water aan de rand van het bos vastgehouden. Er kan dus meer water infiltreren dat elders in het bos op lagere plekken weer als

kwelwater naar boven kan komen, dan wel er komt meer kwel ten goede aan de vegetatie langs de rand van het bos.

Belemmerend voor het doorvoeren van een peilverhoging is dat ter plaatse van de begraafplaats geen grondwaterstandverhogingen mogen optreden. Witteveen en Bos merkt op dat de effecten van de peilverhoging op de grondwaterstanden van de begraafplaats klein zijn omdat deze gedraineerd is. Dit is aannemelijk en is door middel van monitoring van de grondwaterstanden in een aantal peilbuizen door de gemeente Breda ook bevestigd. Een ander probleem is dat juist bovenstrooms van de begraafplaats landbouwgebied via een watergang afwatert op de Broekloop. Een peilverhoging brengt (een toename van) het risico van wateroverlast in het landbouwgebied met zich mee. Dit dient nader te worden onderzocht voordat een peilverhoging wordt doorgevoerd. De bodemligging van de watergang alsmede het belang voor de ontwatering van de percelen dient daarbij nader in beeld te worden gebracht.

Een peilverhoging middels een regelbare stuw heeft voordelen ten opzichte van een bodemverhoging, omdat het peil (per seizoen) kan worden aangepast, afhankelijk van de effecten die worden gemonitord in het natuur- en landbouwgebied.

Een alternatief is een folie aan de kant van het bos, die de drainerende werking van de watergang vermindert. Het peil in de watergang hoeft dan niet verhoogd te worden. Gezien de eerder genoemde boringen, die erop wijzen dat de bodem van de watergang op een kleilaag ligt, is dit een kansrijke maatregel. Nadere informatie over de bodemopbouw direct langs de watergang is wenselijk om het nut en de haalbaarheid van deze maatregel te toetsen.

Samenvattend kan worden gesteld dat een peilverhoging in de Broekloop ter plaatse van de begraafplaats nuttig is. Er zijn twee oplossingsrichtingen die een nadere afweging verdienen, technisch en qua draagvlak, bij de betrokken partijen.

Peilverhoging in de zuidoostelijke uitloper van het Natura 2000-gebied

Een peilverhoging in het tracé van de Broekloop noordelijk van de A27/A58, ter plaatse van een zuidoostelijke uitloper van het Natura 2000-gebied Ulvenhoutse Bos, heeft een positieve invloed op de natuurwaarden alhier.

Het gebied ligt vrij hoog waardoor er weinig permanent watervoerende sloten en greppels in de directe omgeving zijn. Uitgaande van een kD-waarde van het ondiepe zandpakket van 10 m²/dag en een drainageweerstand Cd van 250 dagen in de zomer bedragen de maximale grondwaterstandverhogingen op verschillende afstanden bij een peilverhoging van 50 cm: 0.30 m op 25 m afstand, 0.18 m op 50 m afstand, 0.07 m op 100 m afstand en ca. 1 cm op 200 m afstand. De drainerende werking van de watergang vermindert maximaal met 0.2 m³ per m lengte van de watergang (tweezijdig gerekend).

In de winter zijn de maximale verhogingen naar verwachting beperkter. Uitgaande van een drainageweerstand van 150 dagen in de omgeving liggen de maximale verhogingen in de orde van grootte van 0.25 m op 25 m afstand, 0.13 m op 50 m afstand, 0.04 m op 100 m afstand en ca. 1 cm op 150 m afstand. In bijlage 1 is de rekenmethodiek toegelicht. De drainerende werking van de watergang vermindert wel meer dan in de zomer en wordt 0.25 m³ per m lengte watergang (tweezijdig gerekend).

Bij een peilverhoging in dit tracé van de beek worden de peilen bovenstrooms in het landbouwgebied zuidelijk van de A27/A58 opgestuwd. Deze gebieden maken deel uit van het Natuurnetwerk Brabant (NNB, zie figuur 7.3). In die zin past de vernatting van het Ulvenhoutse

bos in bredere zin in het beleid met betrekking tot het herstel en de versterking van de natuurwaarden in Noord-Brabant.

Peilverhoging in het landbouwgebied zuidelijk van de A27/A58

Stel dat ook in het lage landbouwgebied zuidelijk van de A27/A58 de peilen met 0,5 m worden verhoogd (totale oppervlakte ca. 14 ha met peilverhoging). Een dergelijke peilverhoging heeft geen invloed op het Ulvenhoutse bos via het bovenste zandpakket. De hydrologische invloed van het bovenste zandpakket reikt maximaal 200 m ver, zoals blijkt uit de voorgaande berekeningen.

Omdat het peil niet alleen in de Broekloop maar ook in de aangrenzende watergangen wordt verhoogd, bedraagt de oppervlakte met een peilverhoging ca. 14 ha. De hydrologische invloed via het eerste watervoerende pakket wordt in dit geval van belang. De stijghoogteverhoging in het eerste watervoerende pakket onder de grens van het gebied met peilverhoging ligt dan in de orde van grootte van 8 cm. Op 200 m afstand van de grens is de stijghoogteverhoging afgenomen tot ca. 3.3 cm. Op 500 m is de verhoging tot 1 cm. Het zuidoostelijke randgebied van het Natura 2000-gebied dat begint op ca. 200 m afstand wordt in dit geval positief beïnvloed. De peilverhoging past daarnaast in het NNB beleid dat zich uitstrekt over een langere termijn en waarbij gronden in het NNB gebied worden verworven.

De stijging van de freatische grondwaterstand aan de zuidoostrand van het Natura 2000-gebied bedraagt ca. 0.8 cm. De toename van de kwel aan deze rand bedraagt ca. 0.025 mm/dag.

7.2 De onderbemalen watergang aan de noordoostkant van het Ulvenhoutse Bos

De onderbemalen watergang aan de noordoostkant van het Ulvenhoutse Bos kan op twee wijzen invloed hebben op de hydrologie van het Ulvenhoutse Bos:

- Via de freatische zandlaag. Deze invloed wordt echter tegengehouden door de Bavelse Leij, die direct westelijk van de onderbemalen watergang ligt
- Via het eerste watervoerende pakket. Deze invloed is echter zeer beperkt door de weerstand van de scheidende laag tussen het freatische zandpakket en het eerste watervoerende pakket.

Omdat het hier slechts één watergang betreft en niet een aaneengesloten gebied is het effect via het eerste watervoerende pakket klein. Het is mogelijk dat een gedraineerd perceel is aangesloten op de watergang. Omdat het ook dan geen groot gebied betreft blijft het verwachte effect via het eerste watervoerende pakket klein.

7.3 Landbouwgebied oostelijk van de A27

Het landbouwgebied nabij de zandwinplas, oostelijk van de A27, heeft een maaiveldligging van ca. NAP +5.0 m en hoger. De relatief lage maaiveldligging van NAP +5.0 m verklaart dat het water ter plaatse van de A27 op een peil beneden NAP +4.0 m wordt afgevoerd. Voor de drooglegging van de weg zelf is een dergelijk laag peil wellicht niet nodig en lijkt een peil van ca. NAP +4.5 m te voldoen.

Omdat het hier om de ontwatering van de deklaag gaat, waarschijnlijk gescheiden van het eerste watervoerende pakket door een slecht doorlatende leem- of kleilaag, is het invloedsgebied van een peilverhoging in het slotensysteem beperkt.

Stel het betreft een peilverhoging met 0,5 m over een oppervlakte van ruim 5 ha. Uitgangspunten zijn een C-waarde van 1000 dagen (drainageweerstand + weerstand scheidende laag tussen de

deklaag en het watervoerende pakket) en een kD-waarde van het eerste watervoerende pakket van 100 m²/dag. Bij een peilverhoging van 0.5 m in de sloten wordt de verhoging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket op de grens van het gebied met peilverhoging 4.5 cm. Op een afstand van 200 m van de grens, in de zuidoostelijke rand van het Natura 2000-gebied, is de verhoging nog 1.5 cm.

De verhoging van de freatische grondwaterstand in de zuidoostelijke rand van het Natura 2000-gebied bedraagt in dit geval ca. 0.4 cm. De toename van de kwel alhier bedraagt ca. 0.01 mm/dag. Zie bijlage 1 voor de rekenmethodiek.

7.4 Dal van de Chaamse beek

In het dal van de Chaamse beek liggen gronden die deel uitmaken van het Natuurnetwerk Brabant. Peilverhogingen in het beekdal passen in het beleid ten aanzien van het NNB.

Oriënterende berekeningen geven aan dat op de grens van het gebied met peilverhoging de verhoging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket ca. 12 cm bedraagt. Op 500 m afstand (de afstand tot de rand van het Natura 2000-gebied) bedraagt de verhoging in het eerste watervoerende pakket ca. 2.5 cm. In het centrum van het Ulvenhoutse Bos bedraagt deze verhoging in het watervoerende pakket nog ongeveer 1 cm.

De verhoging van de freatische grondwaterstand bedraagt aan de rand van het bos ca. 0.6 cm. In het centrum van het bos bedraagt de verhoging ca. 0.25 cm. De invloed op de kwel aan de rand is ca. 0.02 mm/dag en in het centrum < 0.01 mm/dag. Voor de rekenmethodiek zie bijlage 1.

7.5 Reconstructie knooppunt St. Annabosch

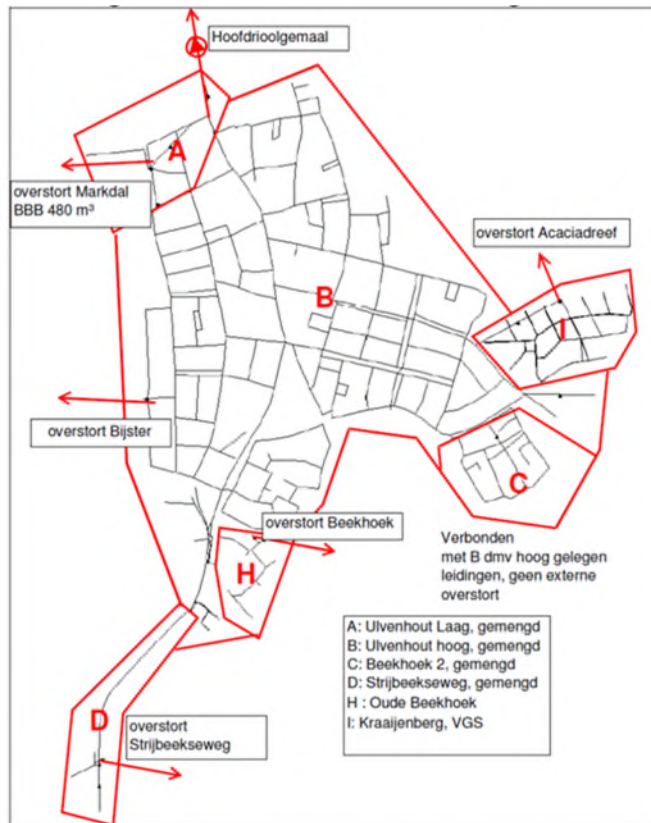
In het kader van de reconstructie van het knooppunt St. Annabosch zou naar hogere peilen gestreefd moeten worden. In de werkgroep is als voorbeeld een helofytenfilter voor het hemelwater van de weg genoemd, dat nu kwel aantrekt, wat in de toekomst zou moeten worden voorkomen. Een ander voorbeeld is de watergang met duikers aan de oostkant van het Ulvenhoutse bos. Deze kruist ter hoogte van de zandwinplas de A27 (niet opgenomen in de legger van figuur 3.5) en ontwateret het landbouwgebied oostelijk van de A27. Nagegaan zou moeten worden of de ontwaterende werking in het landbouwgebied en met name ook van het grondlichaam van de weg verminderd kan worden.

Het verdient derhalve aanbeveling om bij de reconstructie van de weg niet alleen negatieve hydrologische effecten op het Ulvenhoutse bos te voorkomen, maar tevens te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om in combinatie met de reconstructie van de weg de hydrologie in de omgeving van de weg beter af te stemmen op de behoeften van het Ulvenhoutse bos.

8 De bebouwde kom van Ulvenhout

8.1 Bemalingsgebieden riolering, afwateringscapaciteit en berging

De bebouwde kom van Ulvenhout ligt westelijk en zuidelijk om het Ulvenhoutse Bos. Binnen de bebouwde kom kunnen ten aanzien van de riolering verschillende bemalingsgebieden worden onderscheiden. In figuur 8.1 zijn deze aangegeven voor de huidige situatie.



Figuur 8.1. Schematisch overzicht bemalingsgebieden rioleringssysteem kern Ulvenhout (bron: Gemeente Breda, Stedelijke watervisie Ulvenhout, december 2016).

Het rioleringsgebied omvat 6 bemalingsgebieden, te weten:
Bemalingsgebied A – Ulvenhout Laag (gemengd rioolstelsel)
Bemalingsgebied B – Ulvenhout Hoog (gemengd rioolstelsel)
Bemalingsgebied C – Beekhoek 2 (gemengd rioolstelsel)
Bemalingsgebied D – Strijbeekseweg (gemengd rioolstelsel)
Bemalingsgebied H – Oude Beekhoek (gemengd rioolstelsel)
Bemalingsgebied I – Kraaijenberg (gescheiden rioolstelsel)

De bemalingsgebieden C, D, H en I verpompen het afvalwater naar bemalingsgebied B, waar vervolgens het afvalwater onder vrij verval richting bemalingsgebied A stroomt. Net te noorden van de rotonde Markdal-Dorpstraat-Roupe van der Voortlaan bevindt zich het hoofdrioolgemaal van Ulvenhout dat het water opvoert richting de Ulvenhoutselaan.

Tijdens regenweer treden na volledige vulling van het rioolstelsel de riooloverstorten in werking (rode pijlen in figuur 8.1). De hoofdoverstort is gelegen bij deelgebied A aan het Markdal. Deze is in het kader van de basisinspanning voorzien van een bergbezinkbassin. De riooloverstort van de Kraaijenberg betreft alleen hemelwater. In het kader van het waterkwaliteitsspoor zijn in het

verleden enkele riooloverstorten van het gemengd rioolstelsel die afwaterden op de Chaamse Beek en het Ulvenhoutse Bos dichtgezet. Dit heeft gevolgen gehad voor de afvoercapaciteit van het rioolstelsel.

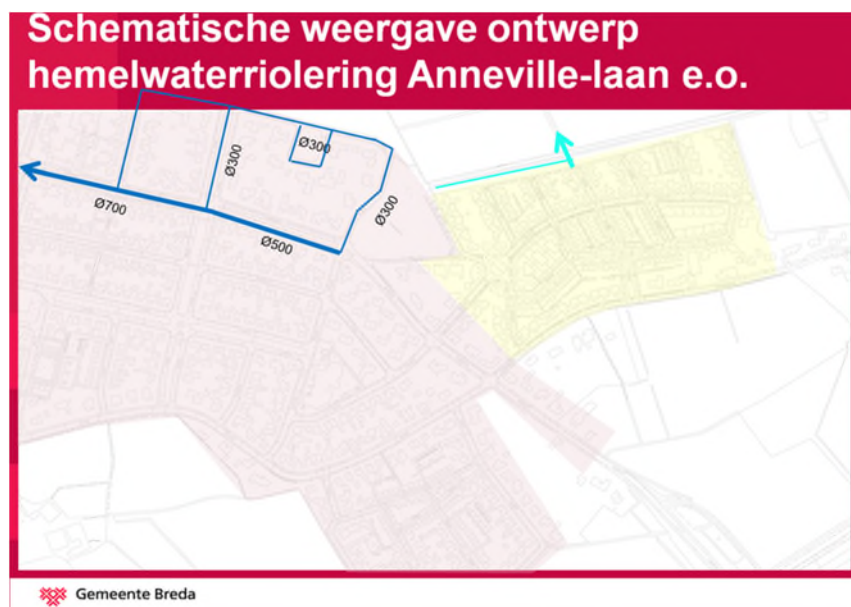
De huidige afvoercapaciteit van bemalingsgebied B 'Ulvenhout hoog' is bepaald op 32 l/s/ha (situatie 2015). Vóór het dichtzetten van de riooloverstorten was de afvoercapaciteit 56 l/s/ha. De situatie vóór het dichtzetten van de riooloverstorten kwam nagenoeg overeen met de rioleringsnorm waarop rioolstelsels destijds getoetst werden (permanente bui-intensiteit van 60 l/s/ha). Door de lagere afvoercapaciteit treedt met name wateroverlast op ter plaatse van de kruising Anneville-laan met de Craenlaer. De totale onderdrempelberging van de gemengde riolering is 2629 m³. Dit is de netto berging in de leidingen inclusief de berging van het bergbezinkbassin. Ten opzichte van het aangesloten verharde oppervlak van 52,3 ha is de onderdrempelberging ca. 5,0 mm.

Ook in het deelgebied Kraaijenberg treedt periodiek wateroverlast op. De capaciteit van het regenwaterstelsel van de wijk Kraaijenberg is eveneens beperkt, mogelijk als gevolg van een onderschatting van het verharde oppervlak als uitgangspunt voor het ontwerp.

Het hemelwater van de wijk Kraaijenberg wordt naar het Ulvenhoutse bos afgevoerd, wat leidt tot verspoeling van de bodem, verstopte duikers, etc. en tot een schoksgewijze verandering van het watertype in de Kerkdreefloop. Dit wordt nog versterkt doordat het toestromende water uit de wijk is vervuild met straatvuil.

8.2 Maatregelen tegen wateroverlast Craenlaer door water op straat

Om de situatie ten aanzien van wateroverlast door water op straat te verbeteren werkt de gemeente momenteel aan plannen om een gescheiden rioolstelsel oostelijk van de Dorpsstraat aan te leggen. De hoofdafvoer van deze riolering komt langs de Anneville-laan te liggen. Hiermee kan het hemelwater omgeving de Craenlaer in westelijke richting worden afgevoerd en worden aangesloten worden op de bestaande hemelwaterstructuur die het hemelwater transporteert naar het Markdal (figuur 8.2).

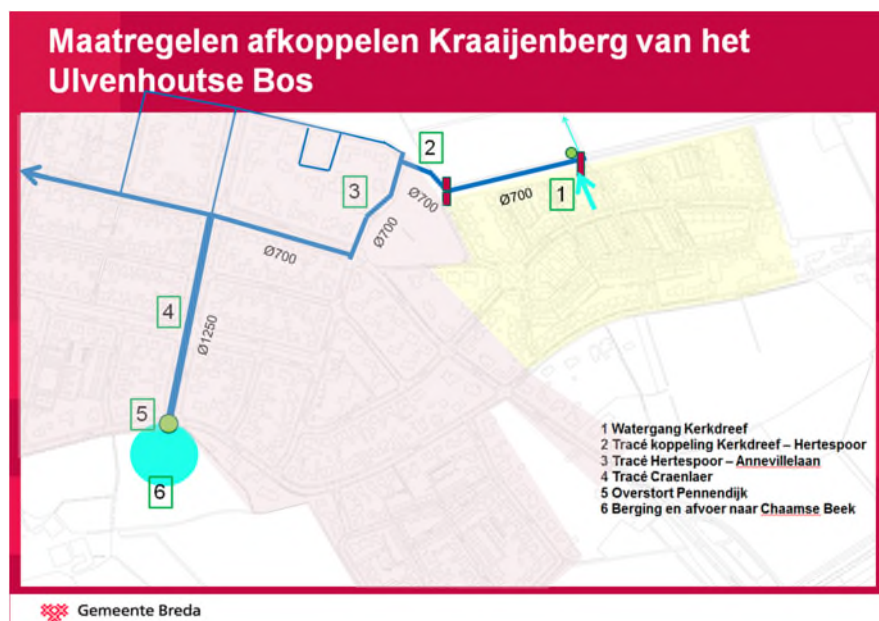


Figuur 8.2. Schematische weergave ontwerp hemelwaterriolering Anneville-laan e.o.

Naast de aanleg van hemelwaterriolering wordt de bestaande riolering vervangen door nieuwe vuilwaterriolering en wordt daarnaast tevens drainage in de sleuf aangelegd om de ontwateringsdiepte van de openbare ruimte beter te kunnen beheersen. Ook krijgen de bewoners de mogelijkheid om de drainagesystemen op de percelen hierop aan te sluiten. Voor het drainagewater wordt aan de noordkant van de Craenlaer een afvoerpunt gerealiseerd. Vanaf dit punt kan het drainagewater naar het Bos worden afgevoerd.

8.3 Maatregelen hemelwaterafvoer Kraaijenberg

De gemeente is nagegaan in hoeverre de hemelwaterafvoer van Kraaijenberg kan worden aangesloten op de hemelwaterafvoer van Craenlaer richting het Markdal. In de onderstaande figuur 8.3 wordt dit toegelicht.



Figuur 8.3. Maatregelen afkoppelen Kraaijenberg van het Ulvenhoutse Bos

De regenwaterriolering van de wijk Kraaijenberg blijft volledig intact. De hemelwaterlozing vindt plaats op een nieuw aan te leggen hemelwaterriool in de Kerkdreef of indien gewenst een verbrede watergang (tracé 1). Vervolgens wordt het water getransporteerd van de Kerkdreef naar Hertespoor (tracé 2). Vervolgens wordt het oorspronkelijke ontwerp van de hemelwaterriolering in de Hertespoor en de Anneville-laan verruimd (tracé 3) en wordt het water getransporteerd via een nieuw aan te leggen hemelwatertransportriool in de Craenlaer (tracé 4). Vervolgens wordt het hemelwater overgestort (locatie 5) en opgevangen in een hemelwaterberging (locatie 6). De maaiveldhoogten ter plaatse van de in figuur 8.3 aangegeven berging variëren hier tussen ca. NAP +4.00 m en 4.40 m. Ten behoeve van de berging kan het maaiveld ca. 0.40 m worden verlaagd, zodat deze boven de huidige GHG blijft. Een schijf van 0.40 m kan op deze wijze worden geborgen tussen ca. NAP +3.80 m en NAP +4.20m. De lage weghoogten van Craenlaer liggen op ca. NAP +4.60 m. Er is dus 40 cm verval beschikbaar om het hemelwaterriool af te wateren op de peilen in de berging.

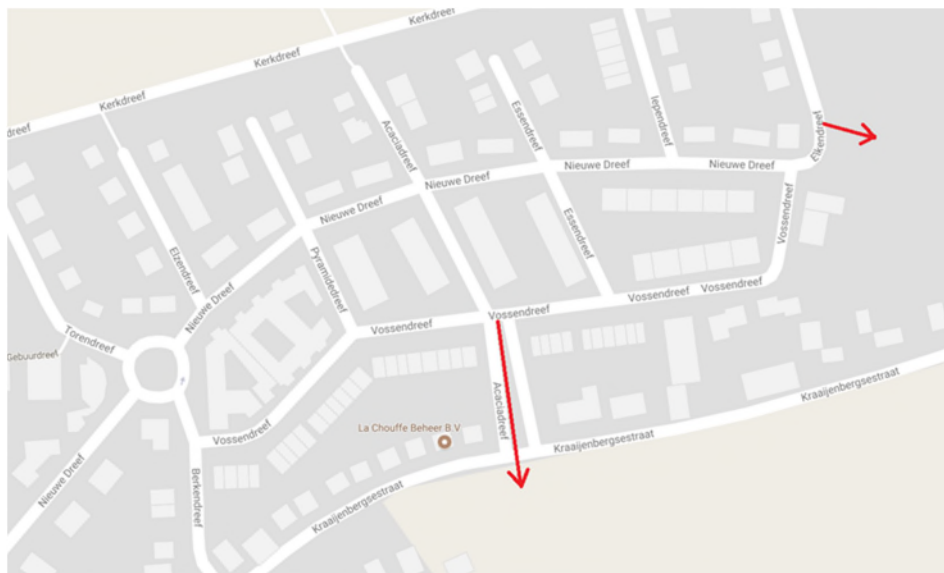
Vragen die hierbij kunnen worden gesteld zijn hoeveel hemelwater kan en mag worden afgevoerd naar de watergang Kerkdreef om daar te infiltreren, in hoeverre is nog afvoer van

hemelwater door het Ulvenhoutse bos toegestaan (al dan niet na zuivering, denk aan het pilot project DHZ), in hoeverre is de wateraanvoer van drainagewater naar het Ulvenhoutse bos gewenst dan wel toegestaan om daar bij te dragen aan de grondwatervoeding. Deze vragen maken nader onderzoek met een rioolmodel noodzakelijk en een nadere standpuntbepaling met betrekking tot de bruikbaarheid van het stedelijke water voor de optimalisatie van de natuurwaarden in het Ulvenhoutse bos. In het voorliggende rapport beperken we ons tot de afweging van een aantal ruimtelijke alternatieven met betrekking tot de afvoerrichting en berging van hemelwater.

8.4 Beschikbare alternatieven hemelwaterafvoer Kraaijenberg

Er komt een tweetal alternatieven voor de waterafvoer van Kraaijenberg in aanmerking (zie figuur 8.4):

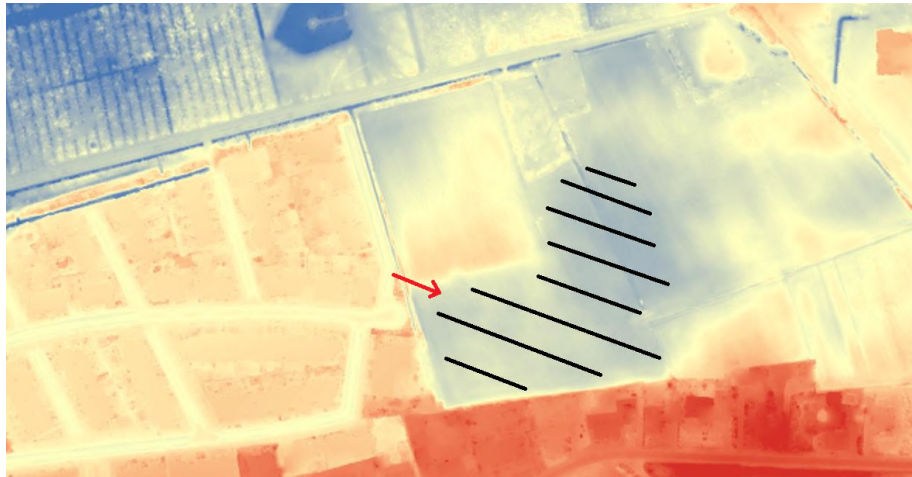
1. Een hemelwaterafvoer maken aan de oostkant van de wijk Kraaijenberg, waarbij het riool in de Eikendreef wordt aangesloten op een te maken hemelwaterberging in het landbouwgebied, dat ligt aan de oostzijde van de wijk (figuur 8.5). In deze berging kan hemelwater langer worden vastgehouden en geïnfiltreerd in de bodem, wat (beperkt) ten goede komt aan het Ulvenhoutse bos. Daarnaast worden piekafvoeren van het hemelwater door het Ulvenhoutse bos hiermee beperkt.
2. Een hemelwaterafvoer maken vanaf de Vossendreef in de wijk Kraaijenberg naar het lager gelegen landbouwgebied aan de zuidzijde (figuur 8.5). Via een te maken berging alhier wordt het water bij piekafvoeren via lager gelegen landbouwgebied afgevoerd naar het dal van de Chaamse Beek. Hiermee kunnen (piek)afvoeren door het Ulvenhoutse bos worden voorkomen.



Figuur 8.4. Afvoerrichtingen van het hemelwater van de wijk Kraaijenberg bij alternatief 1 (oostelijk) en bij alternatief 2 (zuidelijk).

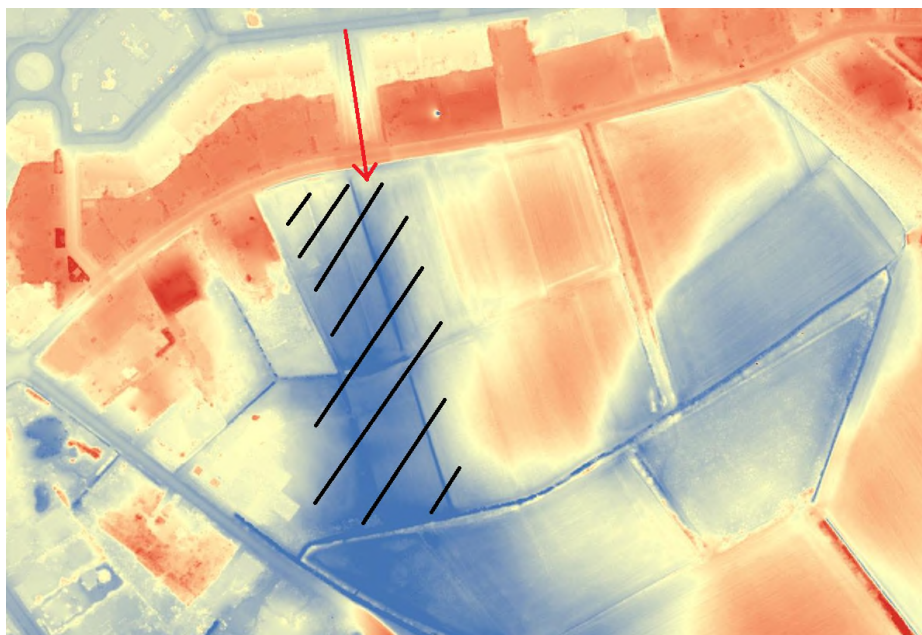
Bij alternatief 1, een berging in het landbouwgebied aan de oostkant van de wijk Kraaijenberg, zijn de maaiveldhoogten wat hoger, namelijk tussen ca. NAP +5.10 m en NAP +5.30 m in de

laagste delen. De grondwatertrap bedraagt VI. Dat wil zeggen dat de GHG ligt tussen 0.40 – 0.80 m-mv. Omdat de GHG niet mag worden verlaagd (ook in verband met de nabijheid van het Ulvenhoutse bos) komt de bodem van de berging gemiddeld genomen op ca. NAP +4.80 m te liggen. Bij een bergende schijf van 0.40 m reikt de waterstand tot ca. NAP +5.20 m. Bij deze waterstand is 30 cm verval aanwezig tussen het straatniveau en het niveau van de berging. In figuur 8.5 is de ruimte aangegeven waar de berging gezocht kan worden.



Figuur 8.5. Hoogtekaart met afvoer uit stedelijk gebied (rode pijl, alternatief 1) en indicatie gebied waarin berging kan worden gerealiseerd (gearceerd oppervlak, grootte ca. 1 ha).

Op dezelfde wijze is voor de waterafvoer naar de zuidkant (alternatief 2) ruimte voor berging aangegeven in figuur 8.6. De maaiveldhoogten ter plaatse van de berging wijken niet veel af van figuur 8.5. Bij een afvoer naar het landbouwgebied aan de zuidkant kan eveneens berging worden gerealiseerd door het maaiveld met ca. 0.40 m te verlagen.



Figuur 8.6. Hoogtekaart met afvoer uit stedelijk gebied (rode pijl, alternatief 2) en indicatie gebied waarin berging kan worden gerealiseerd (gearceerd oppervlak, grootte ca. 1 ha).

8.5 Afweging van de alternatieven voor Kraaijenberg

Bij de afweging van de twee alternatieven staat een verbetering van de huidige situatie centraal. In de huidige situatie vindt weinig berging van de piekafvoeren van het deelgebied Kraaijenberg plaats. De huidige beschikbare ruimte in de watergang Kerkdreef is beperkt (ca. 150 m³). Daarbij wordt deze ruimte vaak gedeeltelijk in beslag genomen door water van landbouwgebied dat vanaf de oostkant wordt aangevoerd. Door het Ulvenhoutse bos worden in de huidige situatie dus al regelmatig te grote hoeveelheden water van Kraaijenberg afgevoerd.

Bij alternatief 1 blijft de waterafvoer door het Ulvenhoutse bos plaatsvinden. Deze totale hoeveelheid waterafvoer in een jaar wordt iets minder doordat het water uit de berging in het oostelijke landbouwgebied kan infiltreren in de bodem, wat met name in het zomerhalfjaar bij lagere grondwaterstanden het geval is. Daarnaast worden de piekafvoeren door het realiseren van een berging verlaagd. Eventuele erosie en inundatie in het Ulvenhoutse bos worden daarmee voorkomen bij een voldoende grote berging.

Bij het oorspronkelijke ontwerp en alternatief 2 kan indien gewenst een deel van de waterafvoer van Kraaijenberg door het Ulvenhoutse bos plaats blijven vinden door een knijpconstructie aan te brengen in de stuwput bij de Kerkdreef. Dit kan met name in de zomer gewenst zijn om water te infiltreren in de hogere delen van het bos. Bij hogere (piek)afvoeren kan het water van Kraaijenberg richting het dal van de Chaamse beek worden gestuurd middels een overstortvoorziening. Bij alternatief 2 is dat op de grens met het landbouwgebied.

Ten aanzien van de voornoemde alternatieven geeft de gemeente aan dat een afvoer aan de oostkant en zuidkant van de wijk Kraaijenberg moeilijk is te realiseren omdat de pijpdiameters daar niet op zijn afgestemd. Vanwege de kwaliteit en de hoeveelheid (piekafvoeren) is het hemelwater eigenlijk niet geschikt voor afwatering door het Ulvenhoutse bos. Afvoer naar elders, het dal van de Chaamse beek, verdient derhalve de voorkeur. Beleidsmatig, technisch en qua grondverwerving zijn de twee oostelijke varianten voor berging en waterafvoer volgens de gemeente moeilijk te realiseren. Afvoer via Craenlaer is het best realiseerbaar.

Mits nuttig voor het Ulvenhoutse bos kan ter plaatse van de Kerkdreef een knijpconstructie worden gemaakt zodat beperkter hoeveelheden hemelwater wel naar de Kerkdreef kunnen afstromen en hier kunnen infiltreren. Hier kan ook de pilot van DHZ op worden aangesloten. Het water krijgt daarbij naar verwachting een betere kwaliteit en wellicht kan de infiltratie via de Kerkdreef en eventueel ook in het bos zelf daarmee worden vergroot (de waterkwaliteit is immers beter). Aan de westkant in de Kerkdreef is nog ruimte aanwezig voor verruiming van de berging.

De vraag bij het voorgaande is hoe de verdeling tussen hemelwater en water uit het gemengd riool is, dat naar het dal van de Chaamse beek gaat, in verband met de consequenties voor de waterkwaliteit. De gemeente kan hiervoor een nadere cijfermatige onderbouwing geven met het rioolmodel.

Bij de keuze voor het oorspronkelijke ontwerp is een nadere technische onderbouwing door middel van een rioolberekening gewenst. Daarbij zijn verschillende aspecten van belang:

- De mate waarin een gewenste waterafvoer naar de watergang Kerkdreef, de infiltratie in de bodem en eventueel wateraanvoer naar het Ulvenhoutse bos voldoende kan worden geregeld.

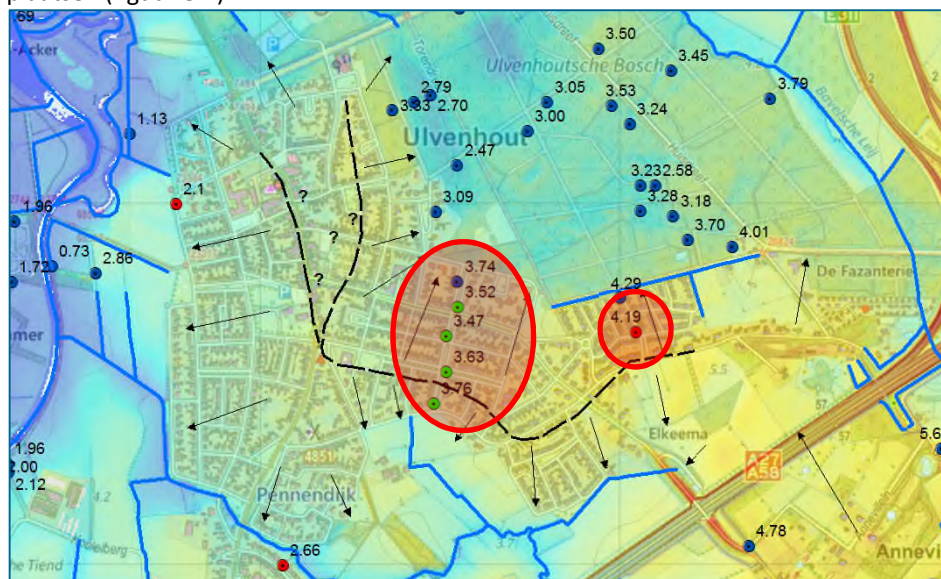
- De mate waarin de wateroverlast door teveel water op straat in de wijk Kraaijenberg kan worden tegengegaan.
- De gewenste oppervlakte berging in verband met opvang van piekafvoeren en eventuele verontreinigingen.
- De mogelijkheid om de berging te realiseren uit landschappelijk oogpunt, verkrijgbaarheid van de gronden e.d.
- De kosten en de combinatie mogelijkheden met andere oplossingen (zoals het aansluiten van een groter deel van Craenlaer op de hemelwaterafvoer bij het oorspronkelijke ontwerp).

De technische uitwerking van infiltratievoorzieningen en mogelijkheden om de afvoerrichting van het hemelwater te sturen zijn in dit verband mede van belang.

Op basis van de informatie van de gemeente en de argumenten in het voordeel van het oorspronkelijke ontwerp is nu niet nader ingegaan op de alternatieven 1 en 2. Mocht het oorspronkelijke ontwerp in bepaalde opzichten toch onvoldoende mogelijkheden bieden dan is (een combinatie met) de alternatieven 1 en 2 mogelijk nog een optie.

8.6 Grondwateroverlast stedelijk gebied en drainage

De grondwateroverlast in Ulvenhout is geïnventariseerd door de gemeente op basis van meldingen en monitoring van peilbuizen in het gebied (Stedelijke Watervisie Ulvenhout, Gemeente Breda, december 2016). De grondwateroverlast concentreert zich op een aantal plaatsen (figuur 8.7).



Figuur 8.7. Overzicht van peilbuizen met de gemiddelde freatische grondwaterstanden en de stromingsrichtingen. De rode (ovale) cirkels geven de gebieden met grondwateroverlast aan. (uit: Stedelijke watervisie Ulvenhout, 2016)

De grondwateroverlast in Craenlaer hangt in belangrijke mate samen met de hoogteligging (figuur 8.8). In figuur 8.7 zijn de gemiddelde grondwaterstanden weergegeven in de Craenlaer. Ter plaatse van Craenlaer komt de aangegeven stromingsrichting niet overeen met de waargenomen freatische grondwaterstanden (4 groene peilbuizen gemeente en een 1 zwarte peilbuis Dinoloket). Dit komt door de onregelmatig aanwezige slecht doorlatende kleilagen in de

ondergrond. Daarnaast treden in stedelijk gebied eerder onregelmatigheden in de stromingsrichtingen op door een onregelmatig patroon van infiltrerende gebieden (vanwege verdeling verhard oppervlak) en drainages (zoals aangelegd door bewoners of lekkende riolering). De wijk Kraaijenberg met de watergang Kerkdreef ligt aan de zuidkant van het Ulvenhoutse bos. Ook hier zijn de gemeten grondwaterstanden nabij het Ulvenhoutse bos hoger dan in de wijk. De straathoogte van de wijk Kraaijenberg ligt ongeveer op NAP +5.50 m. In de hoger gelegen wijk Kraaijenberg hangt grondwateroverlast eerder samen met plaatselijk aanwezige slecht doorlatende lagen dan met de hoogteligging.

In het deelgebied Craenlaer, waar zich de meeste grondwateroverlast voordoet, is de gemeente voornemens om de grondwateroverlast te bestrijden door drainage aan te leggen onder een aantal wegen. Daarbij wordt aan de bewoners de gelegenheid geboden om een drainage op eigen terrein aan te sluiten op deze drainage onder de wegen. De norm voor de ontwatering is dat de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) mag reiken tot 0.7 m-maaiveld. Dat is ongeveer 0.2 m onder de bodem kruipruimte van de woningen. De toplaag van de bodem van de kruipruimte bestaat bij voorkeur uit grof zand. Daarmee wordt de capillaire stijging van grondwater naar de kruipruimte onderbroken zodat deze niet vochtig wordt bij een grondwaterstand van 0.2 m onder de bodem.

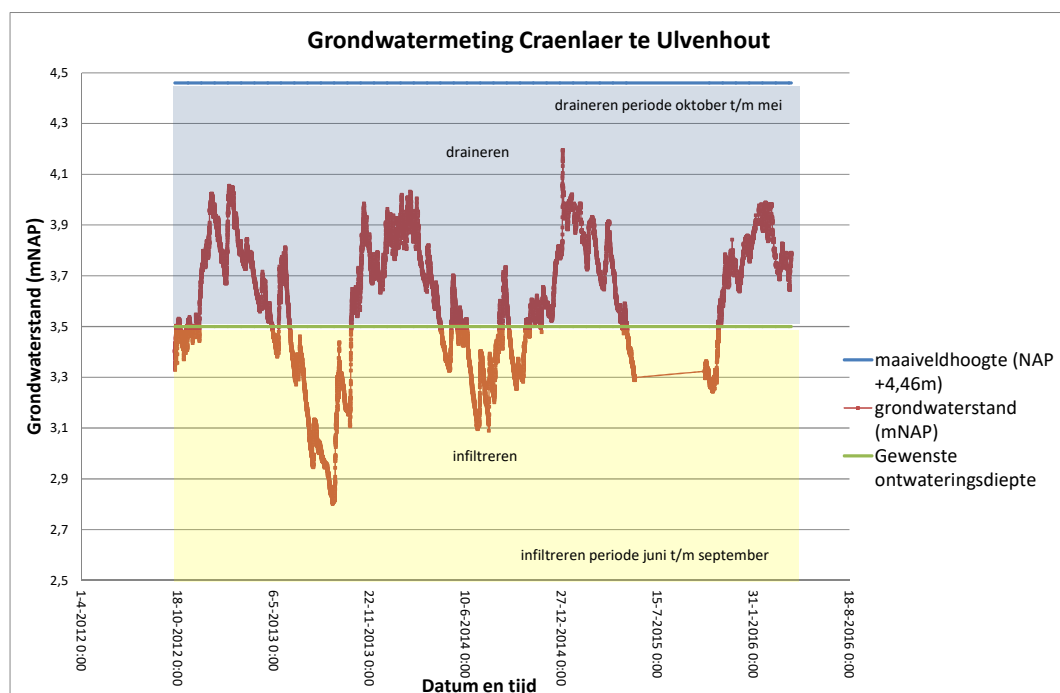
Om deze GHG te bereiken dient de drainage op een dieper peil te liggen en te ontwateren. Er is namelijk een verhang in de grondwaterstand nodig om de neerslag en de kwel (die de hogere grondwaterstand onder de woning veroorzaakt) af te voeren naar de drains. De drains dienen op tenminste 1 m-mv te liggen. Uit het oogpunt van duurzaamheid kan het gewenst zijn om de drains permanent onder grondwater te leggen. In dat geval is een ligging van bijvoorbeeld 1.2 m-mv gewenst, waarbij in een verzamelput voor het drainwater een hogere waterstand wordt gehandhaafd van tenminste 1.10 m-mv. Bovenstreams kan dan rekening wordt gehouden met enig verhang in de drainleidingen zelf tussen 1.00 m-mv en 1.10 m-mv.



Figuur 8.8. Hoogtekaart volgens de AHN viewer. Van rood (hoog) naar blauw (laag). Juist zuidelijk van 'Kraaijenberg' (met een dieprode kleur) ligt het maaiveld boven NAP +6 m. Bij Craenlaer varieert de straathoogte tussen ca. NAP +4.15 m en NAP +4.70 m. In het Ulvenhoutse Bos varieert de maaiveldhoogte in de blauwe delen tussen ca. NAP +3.7 m en NAP +2.5 m. Het peil in de Mark bedraagt ongeveer NAP +0.7 m.

Het principe kan worden geïllustreerd aan de hand van figuur 8.9. De figuur is gebaseerd op een peilbuis van de gemeente Breda, ongeveer in het midden van de Craenlaer, die de ernst van de wateroverlast illustreert. De hoge grondwaterstanden in het winterhalfjaar variëren rond NAP +4.0 m. Dat is slechts 0.46 m-mv, met als gevolg dat water in de kruipruimte van woningen staat. Op enkele plaatsen in de Craenlaer ligt het maaiveld zelfs nog iets lager, nl NAP +4.10 m. In een peilbuis van waterschap Brabantse Delta, meer richting het bos, is ook sprake van hogere grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld. In de figuur is als gewenste ontwateringsdiepte NAP +3.5 m aangegeven, wat ongeveer overeenkomt met de hiervoor aangegeven draindiepte van tenminste 1 m-maaiveld. Ook is aangegeven bij welke grondwaterstanden kan worden geïnfiltreerd, bijvoorbeeld via infiltratiekolken. De infiltratie past in het streven om verdroging van het Ulvenhoutse bos tegen te gaan.

De aanleg van drains in de wegen is voldoende effectief als in het gebied een zandlaag met een laagdikte van 5 m en een k-waarde van 2.5 m/dag ligt op een leem- of kleilaag. De grondwaterstanden in dit bovenste zandpakket worden dan voldoende verlaagd. Uit boringen blijkt echter dat plaatselijk ook een leem- of kleilaag op 2 m-mv kan voorkomen. Dan kunnen de drains in de wegen de grondwaterstand onder de woningen niet of niet altijd voldoende verlagen. In dat geval kan worden geadviseerd aan de bewoners met (veel) grondwateroverlast om een aansluitpunt voor de eigen drainage aan te vragen.



Figuur 8.9. Grondwatermetingen in Craenlaer, met aanduiding van de noodzaak van drainage in het winterhalfjaar en de mogelijkheid tot infiltratie in het zomerhalfjaar (aangeleverd door de gemeente Breda).

8.7 Afstemming met Natura 2000-gebied

De geplande drainage in het gebied Craenlaer heeft een grondwaterstandverlaging ter plaatse tot gevolg van ca. 0.4 m in het winterhalfjaar die uitstraalt naar de omgeving, onder andere naar het

aangrenzende deel van het Ulvenhoutse bos. De grondwaterstandverlaging werkt op twee manieren door naar de omgeving. Ten eerste via het freatische watervoerende pakket met een laagdikte van ca. 5 m, waarvan de onderkant wordt begrensd door een leem- of kleilaag. Ten tweede kan de verlaging zich ook manifesteren via het eerste watervoerende pakket. Beide verlagingen zijn navolgend oriënterend berekend. De verlagingen zijn berekend ten opzichte van de huidige situatie in het winterhalfjaar, als de grondwaterstanden het hoogst zijn. Bij lage grondwaterstanden in de zomer functioneren de drains nauwelijks en is dus ook geen sprake van verlagingen van de grondwaterstanden.

De verlagingen via het freatische watervoerende pakket zijn bepaald uitgaande van een k-waarde van de bovenste zandlaag van 2.5 m/dag en een watervoerende laagdikte zand D (m) van 4 m. De kD-waarde bedraagt derhalve 10 m/dag. De drainageweerstand Cd in het winterhalfjaar in het natuurgebied is gesteld op ca. 200 dagen. Met deze uitgangspunten zijn de verlagingen in het winterhalfjaar met toenemende afstand tot de grens van het gedraineerde gebied berekend op ca. 5 cm op 90 m afstand van de grens en ca. 1 cm op 160 m afstand van de grens. De verlagingen via het freatische watervoerende pakket kunnen effectief worden tegengegaan door infiltratie van water tussen het stedelijk gebied en het bos, of in het bos. De infiltratie van het drainagewater dat vrijkomt uit het stedelijke gebied komt hiervoor in aanmerking. Wellicht ligt de drainage te diep om onder vrij verval af te voeren naar het Ulvenhoutse bos. In dat geval zal de wateraanvoer via een pompput dienen te geschieden.

De verlagingen via het eerste watervoerende pakket zijn aanzienlijk kleiner. Uitgangspunt van de berekening is een gedraineerde oppervlakte van ca. 1.4 ha van het gedraineerde stedelijke gebied, die is geschematiseerd als een cirkel met dezelfde oppervlakte waarvan de straal dus 67 m bedraagt. Overige uitgangspunten zijn een weerstand Cd+Cv van 1000 dagen van de drainageweerstand + weerstand scheidende laag tussen het freatische zandpakket en het watervoerende pakket en een kD-waarde van 100 dagen van het eerste watervoerende pakket. Bij een freatische grondwaterstandverlaging van 0.4 m in het gedraineerde gebied bedraagt de verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket, op de grens van het stedelijke gebied en het natuurgebied, ca. 0.018 m. Deze kleine verlaging heeft geen noemenswaardige invloed op de grondwaterstanden en de kwel in het Ulvenhoutse bos (voor de rekenmethodiek, zie superpo 1).

Samenvattend kan dus worden gesteld dat de verlagingen door drainage via de freatische watervoerende zandlaag kunnen worden tegengegaan door infiltratie van het drainagewater op de grens van stedelijk gebied en natuurgebied, dan wel infiltratie van water in het natuurgebied. De verlagingen via de stijghoogten in het watervoerende pakket zijn zeer beperkt en hebben geen noemenswaardige invloed op de natuurwaarden in het Ulvenhoutse bos.

9 Synthese

9.1 Samenhang tussen de knelpunten

De voornaamste knelpunten in en rond het Ulvenhoutse bos zijn de verdroging van de natuur en de wateroverlast in het bebouwde gebied. Bij de verdroging van de natuur gaat het behalve om de kwantitatieve aspecten, namelijk de grondwaterstanden en de kwelflux, ook om de kwaliteit van de kwel. In het Bos- en waterplan wordt aangegeven dat goed gebufferde areaal (relatief hoge pH) sterk is afgenomen. Ook het matig gebufferde areaal is verder verzuurd.

In dit onderzoek wordt hoofdzakelijk ingegaan op de kwantitatieve aspecten die de hydrologie van het bos beïnvloeden, waarbij de focus van het onderzoek zich richt op de externe maatregelen rond het bos. De interne maatregelen binnen het bos zijn opgenomen in het Bos- en waterplan.

Het onderzoek geeft inzicht in de bouwsteen externe hydrologische beïnvloedingsfactoren en maatregelprincipes die positief uitwerken op het bos. Als zodanig biedt dit rapport de basis voor een nadere uitwerking van maatregelprincipes.

Eenzijds gaat het daarbij om maatregelprincipes die nadelige externe invloeden vanuit het verleden teruggedraaien. Middels een oorzakenanalyse zijn deze invloeden op verschillende schaalniveaus van het geohydrologische systeem vastgesteld. Anderzijds gaat het om het oplossen van de wateroverlastproblematiek in het stedelijke gebied, rekening houdend met de natuurwaarden in het Natura 2000-gebied.

In de volgende paragrafen worden de verschillende externe hydrologische invloeden met de maatregelprincipes samengevat, in volgorde van de grootste externe invloed naar een kleinere externe invloed.

9.2 Grondwateronttrekkingen Brabant Water en industrieel

In tabel 9.1, overgenomen uit hoofdstuk 5, is de hydrologische invloed van grondwateronttrekkingen van Brabant Water en industrieel samengevat. De onttrekking Ginneken van Brabant Water is afzonderlijk vermeld omdat deze in het tweede watervoerende pakket plaatsvindt en bovendien relatief dicht bij het Ulvenhoutse bos ligt. De overige onttrekkingen vinden plaats uit het derde watervoerende pakket en liggen verder weg.

De verlaging van de stijghoogten is voor de onttrekking Ginneken apart aangegeven voor de noordrand van het bos, omdat deze verschilt met het midden van het bos. De verlaging van de freatische grondwaterstand en kwelflux zijn in de tabel niet expliciet voor de noordrand van het bos aangegeven, maar deze zijn evenredig met de verlaging van de stijghoogte en dus een factor 10/6 groter dan midden onder het bos. De verlagingen door onttrekkingen uit het derde watervoerende pakket variëren vanwege de grotere afstand vrijwel niet onder het bos. Volgens een mededeling van Brabant Water is weinig ruimte aanwezig om te schuiven in de onttrekkingshoeveelheden. Zo kan de grondwateronttrekking Ginneken weer toenemen als de bedrijfsvoering dat wenselijk maakt.

De industriële onttrekkingen zijn tegenwoordig afgebouwd of klein en gezien de afstand tot het Ulvenhoutse Bos is het effect dan van weinig belang.

Tabel 9.1. Samenvatting van de verlagingen van de freatische grondwaterstanden (cm) en de kwel (mm/dag) in het Ulvenhoutse bos door de onttrekkingen Ginneken uit het tweede watervoerende pakket en door de onttrekkingen uit het derde watervoerende pakket (tabel 5.1).

	Verlaging stijghoogten midden onder bos (cm)	Verlaging stijghoogten noordrand bos (cm)	Verlaging freatische grondwaterstanden midden bos (cm)	Verlaging kwelflux midden bos (mm/dag)
Ginneken, wvp 2	6	10	ca. 0.5 (w)/ca. 1.2 (hz)	ca. 0.05
Som onttrekkingen wvp 3	45	45	ca. 1.2 (w)/ca. 2.8 (hz)	ca. 0.11

(w) Verlaging in winter

(hz) Verlaging hogere delen bos in zomer; de lage delen hebben dezelfde verlaging als in winter

De verlaging van de kwelflux door alle grondwateronttrekkingen in de tabel is op jaarbasis ($0.16 \times 365 =$) ca. 58 mm. Dit is relatief de grootste externe invloed op het Ulvenhoutse bos.

Een vermindering van de kwel kan ook leiden tot een daling van het grensvlak tussen een eventuele zure regenwaterlens en basisch beïnvloed grondwater. Er zijn op het standplaatsniveau echter veel meer factoren die de hydrologische situatie in de wortelzone bepalen. Deze samenhang van factoren alsmede het hierop gerichte waterbeheer binnen het bos zelf zijn echter, zoals eerder gezegd, geen onderwerp van dit onderzoek. De resultaten van het lopende onderzoek door SBB binnen het bos zelf zullen hier meer inzicht in geven.

Vanwege het belang van de grondwateronttrekkingen ten behoeve van de drinkwaterbereiding moeten maatregelprincipes als het beperken en/of verplaatsen van deze onttrekkingen worden gezien als mogelijke maatregelen op de (zeer) lange termijn, dit vraagt nader overleg met Brabant Water.

9.3 Berekening

De invloed van de beregeningsputten in de omgeving op het Ulvenhoutse bos (hoofdstuk 6) is aangegeven in tabel 9.2. De invloed van de berekening doet zich met name gelden vanaf juni tot en met augustus. In de winter wordt niet beregend en zijn er geen effecten.

Tijdens een veldbezoek zijn oostelijk van de A27 nabij de zandwinplas meer regenputten waargenomen dan zijn geregistreerd. Of deze deel uitmaken van één en dezelfde vergunning waarin de onttrokken hoeveelheden water zijn opgenomen is niet duidelijk. Bij meer beregeningsputten dicht bij het Ulvenhoutse bos kan het effect groter zijn dan is vastgesteld.

Tabel 9.2. Samenvatting van de verlagingen van de freatische grondwaterstanden (cm) en de kwel (mm/dag) in het Ulvenhoutse bos door de onttrekkingen uit het eerste watervoerende pakket ten behoeve van beregening.

	Verlaging stijghoogten midden onder bos (cm)	Verlaging stijghoogten noord- en ooststrand bos (cm)	Verlaging freatische grondwaterstanden noord- en ooststrand bos (cm)	Verlaging kwelflux noord- en ooststrand bos (mm/dag)
Beregening uit wvp 1	1 (z)	18 (z)	ca. 6 (z)	ca. 0.12

(z) Verlaging in zomer

De tabel is gebaseerd op een niet geheel volledig beeld van de beregeningsputten in het gebied en mogelijk ook het daarmee samenhangende waterverbruik. Als maatregelprincipes gelden dan ook:

- Een nadere vaststelling van de ligging van beregeningsputten nabij het Ulvenhoutse bos en een toets hoeveel water wordt onttrokken.
- Een toets hoe diep het water wordt onttrokken. Er is nu uitgegaan van het eerste watervoerende pakket, maar dat kan ook dieper zijn. Hiervoor moeten dan de effecten in beeld worden gebracht.
- Mogelijk beperken van onttrekkingen in het kader van een bedrijfswaterplan. Bij onttrekkingen op sportcomplexen kan ook naar mogelijkheden tot beperking van de onttrekkingshoeveelheden worden gezocht.
- Verplaatsing van onttrekkingen naar een locatie verder van het Ulvenhoutse Bos verwijderd.
- Voorzien in beregening uit oppervlaktewater in plaats van grondwater, indien mogelijk.
- Beleidsmatige maatregelen om beregening uit putten rond het Natura 2000-gebied terug te dringen.

De invloed van beregening op het Ulvenhoutse bos is relatief belangrijk. Concrete maatregelen die deze invloed beperken zullen per vergunninghouder moeten worden bepaald.

9.4 Peilverhogingen Broekloop

In de onderstaande tabel worden de effecten van de verschillende beschouwde peilverhogingen in de Broekloop, noordelijk van de A27/A58, op het Ulvenhoutse bos samengevat. Het gaat om het tracé van de Broekloop bij de begraafplaats en meer bovenstrooms, noordelijk van de A27/A58. Omdat het gaat om effecten in de deklaag boven het eerste watervoerende pakket zijn de effecten meer lokaal dan de invloed van de grondwateronttrekkingen en worden dan ook anders weergegeven (tabel 9.3).

De betreffende peilverhogingen zijn tot nu toe nog niet doorgevoerd vanwege de (mogelijke) neveneffecten in het gebied buiten het Natura 2000-gebied. Ter plaatse van de begraafplaats mogen geen grondwaterstandverhogingen optreden. Een ander probleem is dat juist bovenstrooms van de begraafplaats landbouwgebied via een watergang afwatert op de Broekloop. Een peilverhoging brengt (een toename van) het risico van wateroverlast in het landbouwgebied met zich mee.

Er zijn twee mogelijke maatregelprincipes. Namelijk een regelbare stuw of een hydrologisch scherm in de vorm van een ingegraven folie langs de watergang aan de kant van het bos. Het voordeel van een regelbare stuw is dat het peil kan worden aangepast afhankelijk van de monitoring van de grondwaterstanden. De begraafplaats is gedraineerd en daardoor wellicht

minder kwetsbaar dan de landbouwpercelen die juist bovenstrooms van de begraafplaats via een watergang afwateren op de Broekloop. Het risico voor de ontwatering van die percelen dient nader in beeld te worden gebracht.

Bij de aanwezigheid van een kleilaag juist onder de bodem van de Broekloop is het aanbrengen van een hydrologisch scherm in de vorm van een folie aan de kant van het bos ook een optie. Boringen verderop in het bos wijzen erop dat deze mogelijkheid reëel is.

Tabel 9.3. Overzicht van grondwaterstandverhogingen in de bovenste zandlaag en vermindering van de watertoevoer uit bos bij peilverhogingen in de Broekloop bij de begraafplaats en noordelijk van de A27/A58.

	Peilwijziging	Verhoging grondwaterstanden bos zomer	Verhoging grondwaterstanden bos winter	Vermindering watertoevoer uit bos (m3/m)
Broekloop begraafplaats	Zomer +0.46 m Winter +0.23 m	Op 25 m 0.20 m Op 50 m 0.09 m Op 100 m 0.02 m Op 120 m 0.01 m	Op 25 m 0.10 m Op 50 m 0.05 m Op 100 m 0.01 m	Zomer 0.07 Winter 0.07
Broekloop noordelijk A27/A58	Zomer +50 cm Winter +50 cm	Op 25 m 0.30 m Op 50 m 0.18 m Op 100 m 0.07 m Op 200 m 0.01 m	Op 25 m 0.25 m Op 50 m 0.13 m Op 100 m 0.04 m Op 150 m 0.01 m	Zomer: 0.20 Winter: 0.25

9.5 Peilverhogingen in aaneengesloten gebieden

De peilverhogingen in aaneengesloten gebieden worden anders berekend dan van afzonderlijke watergangen. In tabel 9.4 zijn de effecten van peilverhogingen ter plaatse van percelen nabij de zandwinplas (oostelijk van de A27) en in de beekdalen van de Broekloop (zuidelijk van de A27/A58) en de Chaamse beek samengevat. De oppervlakte van het eerstgenoemde gebied is ca. 5 ha, van het dal van de Broekloop ca. 14 ha en van het dal van de Chaamse beek ca. 20 ha. In de laatste twee gebieden betreft het peilverhogingen in gebieden die zijn opgenomen in het Natuurnetwerk Brabant. Als zodanig passen deze peilverhogingen binnen het beleid ten aanzien van deze gebieden.

Tabel 9.4. Overzicht van verhogingen van stijghoogten in het eerste watervoerende pakket alsmede de freatische grondwaterstanden en de kwel bij peilverhogingen van 0.5 m in een aantal gebieden oostelijk en zuidelijk van het Natura 2000-gebied Ulvenhoutse bos.

	Verhoging stijghoogten rand Natura 2000-gebied (cm)	Verhoging stijghoogten centrum (cm)	Verhoging freatisch rand/centrum (cm)	Toename kwel rand/centrum (mm/dag)
Oostelijk A27 nabij Zandwinplas (5 ha)	1.5	0.5	0.04/0.01	0.01/<0.01
Dal Broekloop zuidelijk A27/A58 (14 ha)	3.3	1	0.8/0.25	0.025/<0.01
Dal Chaamse beek (20 ha)	2.5	1	0.06/0.25	0.02/<0.01

Met de tabel zijn niet alle effecten van peilverhogingen in aaneengesloten gebieden in beeld gebracht. Het afvoerregime van deze gebieden verandert en daarmee het afvoerregime van de waterlopen en beken. Zo wordt in het voorjaar langer water vastgehouden en meer geleidelijk

afgevoerd. Droogvallende watergangen blijven daarbij langer watervoerend in het voorjaar en de zomer.

Peilverhogingen in dergelijke gebieden moeten worden gezien als lange termijn maatregelprincipes. De nadere uitwerking vraagt om een integraal planvormingsproces, waarbij een integrale afweging gemaakt wordt tussen de verschillende belangen.

9.6 Stedelijk gebied

Ten aanzien van het stedelijke gebied is onderscheid te maken in een hemelwaterproblematiek en een grondwaterproblematiek. Wat betreft de hemelwaterproblematiek gaat het om overlast door teveel water op straat in het stedelijke gebied. Daarnaast stroomt nu ongecontroleerd hemelwater van de wijk Kraaijenberg het Ulvenhoutse bos in.

De gemeente heeft plannen opgesteld om de hemelwaterproblematiek op te lossen. Daarbij zijn in dit rapport naast het plan voor waterafvoer naar de Chaamse beek twee alternatieven geformuleerd om de hemelwaterafvoer van de wijk Kraaijenberg zodanig te regelen, dat deze controleerbaar wordt met betrekking tot de gewenste en toelaatbare hoeveelheid aanvoer naar het Ulvenhoutse bos. Voor een vergelijking van de haalbaarheid van het plan en de twee alternatieven zijn rioolberekeningen noodzakelijk. Nader inzicht in de waterkwaliteit van riooloverstorten en de gewenste kwaliteitsverbetering bij afvoer naar de Chaamse beek is eveneens gewenst. Daarnaast zijn er veel aspecten die onderling afgewogen moeten worden, zoals vermeld in paragraaf 8.5. Daarbij is het van belang dat de betrokken partijen zich buigen over het gewenste vervolg op deze punten.

Met betrekking tot de grondwaterproblematiek is de gemeente voornemens om drainage in de wijk Craenlaer aan te leggen. Deze drainage heeft via het bovenste of freatische zandpakket invloed op de grondwaterstanden in het aangrenzend deel van het Ulvenhoutse bos. Het is gewenst dat maatregelen worden getroffen om dit effect te mitigeren. Mogelijkheden zijn zowel infiltratie van water op de grens van de woonwijk en het bos als via de sloten binnen het bos nabij het stedelijke gebied. Het gebruik van drainagewater voor infiltratie via sloten binnen het Ulvenhoutse bos ligt het meest voor de hand omdat dit het schoonst is. Bij het gebruik van hemelwater van de wijk Kraaijenberg ligt uit kwaliteitsoogpunt infiltratie in een watergang als de Kerkdreef juist buiten het natuurgebied het meest voor de hand. Door de bodempassage wordt het water van zuur meer basisch. Ook hierbij is het van belang dat de betrokken partijen zich buigen over het gewenste vervolg op deze punten.

De problematiek rond het stedelijke gebied vraagt derhalve om nadere planvorming, waarbij integraal wordt gekeken naar de KRW doelstellingen, de hemelwaterproblematiek, de grondwaterproblematiek en de communicatie.

10 Conclusies en aanbevelingen

In de huidige situatie is niet duidelijk wat het aandeel is van de verschillende mogelijke oorzaken in de verdroging van het bos. In de verzuring zijn zowel de atmosferische depositie, het beheer van het bos, de ontkalking van de bodem als het interne waterbeheer en het externe waterbeheer van belang. Dit rapport biedt daarover geen duidelijkheid. Wel geeft het rapport inzicht in de bouwsteen externe hydrologische beïnvloedingsfactoren en maatregelprincipes die positief zullen uitwerken op het bos. Als zodanig biedt het rapport de basis voor een nadere uitwerking van maatregelprincipes.

In het verleden zijn al verschillende maatregelen getroffen om de verdroging tegen te gaan. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het provinciale beleid met betrekking tot de diepe (met name industriële) grondwateronttrekkingen, het vergunningsstelsel van het waterschap met betrekking tot de beregening en de verhoging van de bodem in een deel van het traject van de Broekloop. De moeilijker te treffen maatregelprincipes worden uit de aard der zaak uitgesteld en komen nu veelal in dit rapport naar voren. Snelle oplossingen zijn in dit geval veelal niet mogelijk. Een nadere uitwerking is nodig, waarbij integraal wordt gekeken naar de verschillende doelstellingen, problemen en belangen die een rol spelen.

In dit rapport is ingegaan op de mate waarin de verschillende externe beïnvloedingsfactoren en maatregelenprincipes negatief dan wel positief bijdragen aan de verdroging van het bos. Deze bijdrage is beoordeeld aan de hand van de invloed op de grondwaterstanden en de kwel in het bos.

De belangrijkste bevindingen zijn:

- De diepe grondwateronttrekkingen ten behoeve van de industrie en bereiding van drinkwater hebben de grootste invloed op het Ulvenhoutse bos, met name omdat deze invloed zich over het gehele Ulvenhoutse bos uitstrekt. De invloed op de freatische grondwaterstijghoogten is relatief beperkt. De invloed op de kwelflux in het bosgebied is echter groter (58 mm op jaarbasis). In de zomerperiode komt de invloed van onttrekkingen ten behoeve van beregening hier nog bij.
- In twee trajecten van de Broekloop oostelijk van en in het bos komt een peilverhoging in aanmerking die nu nog niet is uitgevoerd vanwege de doorwerking naar de grondwaterstanden onder de begraafplaats Lichtenberg en landbouwgebied dat afwatert via de Broekloop. Er zijn maatregelprincipes aangegeven die een nadere uitwerking behoeven vanwege de voornoemde neveneffecten.
- Peilverhogingen in grotere aaneengesloten landbouwgebieden komen met name in aanmerking in het dal van de Broekloop zuidelijk van de A58/A27 en in het dal van de Chaamse beek, mede omdat deze gronden zijn opgenomen in het Natuurnetwerk Brabant (NNB). Het effect op de grondwaterstanden en de kwel in het Ulvenhoutse bos is in dit rapport berekend. Deze projecten zijn veelomvattend en vragen om een planvorming waarbij de doelen, problemen en belangen integraal worden afgewogen. Hetzelfde geldt voor een oppervlakte percelen oostelijk van de A27 bij de zandwinplas, afwaterend op de Broekloop. Hiervoor is het effect van een peilverhoging op het Ulvenhoutse bos tevens bepaald.

- In het stedelijk gebied van Ulvenhout komt wateroverlast in de vorm van teveel en te vaak water op straat bij veel neerslag en grondwateroverlast voor. De gemeente heeft concrete plannen geformuleerd om hemelwater af te voeren naar de Chaamse beek. Het plan is om dit te combineren met infiltratie van hemelwater aan de rand van het Ulvenhoutse bos (via de Kerkdreef). Daarnaast wordt in het stedelijke gebied gebruik gemaakt van infiltratiekolken.
- Bij de afvoer van hemelwater naar de Chaamse beek treedt menging op met huishoudelijk afvalwater. De mate waarin dit gebeurt en de benodigde maatregelen behoeven nadere uitwerking met een rioolmodel. Daarbij behoeft de mogelijkheid tot gebruik van hemelwater voor infiltratie nabij het Ulvenhoutse bos tevens nadere uitwerking, bijvoorbeeld in relatie tot het pilot-project DHZ.
- In de wijk Craenlaer is drainage gepland ter bestrijding van de grondwateroverlast. De mogelijkheden tot gebruik van dit water ten behoeve van het Ulvenhoutse bos behoeven nadere uitwerking.
- Voor de wateroverlast in het stedelijke gebied is derhalve een nadere planuitwerking gewenst, waarbij integraal wordt gekeken naar de KRW doelstellingen, de uitwerking van de maatregelen in relatie tot het Ulvenhoutse bos en de communicatie.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van expert judgement en analytische modellen, waarmee het relatieve belang van verschillende externe factoren in de verdroging van het bos is gekwantificeerd. In hoeverre de genoemde maatregelen wenselijk zijn om uitgevoerd te worden hangt ook af van de relatieve bijdrage ervan aan het oplossen van de verdroging. Hiervoor is nader inzicht gewenst in de verhouding waarin de externe hydrologie, het interne waterbeheer, het bosbeheer en de atmosferische depositie verantwoordelijk zijn voor de verdroging. Ook andere factoren spelen mee bij de keuze van de te nemen maatregelen, zoals beschikbare middelen, verwerving van gronden, beleidsaspecten bijvoorbeeld ten aanzien van grondwateronttrekkingen, medewerking van betrokkenen zoals bij beregening, etc.

Bij een verdere planvorming met ingrijpende maatregelen, met name als het gaat om peilverhogingen in grotere aaneengesloten gebieden, kan het gewenst zijn om een numerieke grondwatermodellering toe te passen. Bij de ijking van een grondwatermodel wordt meer inzicht verkregen in de waarde van geohydrologische parameters. Daarnaast kunnen overlappende effecten van maatregelen en de interactie van het oppervlakte- en grondwatersysteem meer gedetailleerd in beeld worden gebracht.

Bijlage 1: Methoden grondwatermodellering

Bijlage 1: Methode grondwatermodellering

Toepassing van analytische modellen

Voor de toepassing van analytische modellen, d.w.z. wiskundige beschrijvingen van de grondwaterstroming voor een bepaalde situatie met behulp van exacte formules, wordt de geohydrologische opbouw van de ondergrond meestal sterker geschematiseerd als met numerieke computermodellen. Een analytische vergelijking rekent het effect van één hydrologische verandering door. Het berekende effect wordt opgeteld bij de huidige hydrologische situatie (bijvoorbeeld een grondwaterstand in NAP of beneden maaiveld) om de toekomstige situatie op de locatie te bepalen. We noemen dit superpositie. Die superpositie wordt ook toegepast als we het gezamenlijke effect van meerdere veranderingen op een locatie willen bepalen. De effecten van verschillende veranderingen worden dan bij elkaar opgeteld. In theorie is superpositie geoorloofd als alle grondconstanten en randvoorwaarden tijdens de ingreep onveranderd blijven.

Met een numerieke grondwatermodel kunnen ingewikkelder stromingssituaties in beeld worden gebracht dan met een analytisch model. Wijzigingen in grondconstanten en randvoorwaarden kunnen worden meegenomen. De effecten van verschillende hydrologische veranderingen kunnen gelijktijdig worden berekend. Een belangrijk voordeel van numerieke grondwatermodellen is dat de geohydrologische parameters in een grondwatermodel (kD- en c-waarden) nader kunnen worden bepaald door het grondwatermodel teijken aan grondwaterstijghoogten, grondwaterstanden en debieten van bijvoorbeeld beken. Dat vergt echter wel (veel) meer werk dan een analytisch model. Voor oriënterende berekeningen van effecten van hydrologische veranderingen zijn analytische modellen dan ook heel geschikt. Daarnaast zijn door een gerichte keuze van geohydrologische parameters (maximum dan wel minimumwaarde) uitspraken mogelijk als de verlaging (of verhoging) is in ieder geval niet groter dan (of kleiner dan) een bepaalde waarde.

In deze bijlage wordt de methode van de analytische grondwatermodellering toegelicht. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in drie typen modellen (bron: www.grondwaterformules.nl):

- analytisch model voor een peilwijziging in een beek of waterloop
- analytisch model voor een peilwijziging in een gebied met meerdere waterlopen
- analytisch model voor de berekening van de invloed van grondwateronttrekkingen

Deze drie typen modellen zijn toegelicht op de volgende pagina's. Navolgend wordt eerst de toepassing van de vergelijkingen voor de verschillende stromingssituaties toegelicht.

Voor de waterlopen geldt dat deze boven een slecht doorlatende laag liggen zoals in het eerste model is aangegeven. Dit analytische model berekent de invloed op de stijghoogte in het zandpakket onder de slecht doorlatende laag. Deze invloed is echter klein. De invloed op de freatische grondwaterstand in de deklaag erboven is groter. Hier komt namelijk een zandlaag

voor tussen de toplaag met sloten en de kleilaag die tot onder de slootbodem doorloopt. De invloed op de waterstand in deze zandlaag kan worden berekend als:

$$h_{x-B} = h_B e^{-x/\lambda}$$

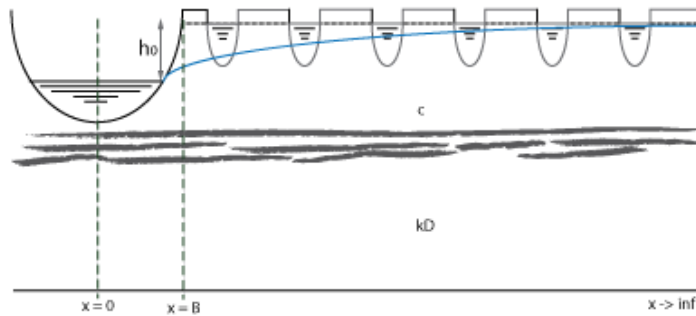
waarbij ervan wordt uitgegaan dat h_B vrijwel gelijk is aan de peilwijziging in de watergang.

De waarde van λ wordt berekend aan de hand van de watervoerende laagdikte van het zandpakket. Als weerstand wordt de laagste weerstand van de drainageweerstand van sloten of de weerstand van de kleilaag die doorloopt tot onder de slootbodem genomen. Door de voeding van de zandlaag vanuit een kant te beschouwen (de boven- of onderkant) vindt in principe onderschatting van deze voeding plaats. Dit compenseert voor de mogelijkheid dat de stijghoogte onder de kleilaag met de peilwijziging mee verandert en voor onduidelijkheid over de watervoerendheid van de sloten in de toplaag.

Het model voor grondwateronttrekkingen betreft slechts één grondwateronttrekking zoals bij beregening. In het geval van de onttrekkingen van Brabant Water betreft het meestal puttenvelden. Dan wordt uitgegaan van een variant op de geschematiseerd opzet van het model voor peilwijzigingen in een gebied met meerdere waterlopen, waarbij onderscheid wordt gemaakt in verschillende waarden van λ binnen en buiten het puttenveld. Door de c-waarde voor het puttengebied heel klein te stellen (λ wordt dus klein) wordt met de opgegeven peilverlaging de verlaging van de stijghoogte in het puttenveld benadert. De peilverlaging wordt zo groot genomen dat het debiet over de rand van het puttenveld overeenkomt met de grootte van de grondwateronttrekkingen. Vervolgens geeft het model de verlagingen in het watervoerende pakket buiten het puttenveld. Daar het hier gaat om de hydrologische invloed op gebieden die relatief ver van de puttenvelden zijn verwijderd is dit een acceptabele benadering.

In het algemeen gesproken gaat het hier om benaderingen gebaseerd op een combinatie van expert judgement en analytische rekenwijzen. De uitkomsten van de berekeningen zijn acceptabel voor het doel van dit onderzoek. Meer gedetailleerde analytische benaderingen zijn weinig zinvol daar de grootste onzekerheid de geohydrologische parameters betreft. Met het opzetten en ijken van een numeriek grondwatermodel wordt meer inzicht in de geohydrologische parameters van de ondergrond verkregen.

Model voor peilwijziging in een beek of waterloop



Een ondiepe waterloop doorsnijdt een watervoerende laag die aan de bovenkant wordt afgesloten door een deklaag met watervoerende sloten.

Formule

stationair, constante weerstand deklaag

De invloed van een ondiepe watergang op de grondwaterstand in een gebied met een deklaag met watervoerende sloten wordt beschreven door de volgende twee formules (Bruggeman 1999, nummer 140.03):

$$\varphi_1(x) = h_0 \left\{ 1 - e^{-\frac{B}{\lambda}} \cosh\left(\frac{x}{\lambda}\right) \right\}$$

$$\varphi_2(x) = h_0 \sinh\left(\frac{B}{\lambda}\right) e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

stationair, weerstand bodem watergang verschilt van de weerstand van de deklaag in het gebied

Wanneer de weerstand van de bodem onder de waterloop (c_1) verschilt van de weerstand van de deklaag (c_2) wordt de verlaging van het grondwater onder de waterloop beschreven door (Bruggeman, formule 140.12):

$$\varphi_1(x) = h_0 - h_0 \frac{\lambda_1 \cosh\left(\frac{x}{\lambda_1}\right)}{\lambda_2 \sinh\left(\frac{B}{\lambda_1}\right) + \lambda_1 \cosh\left(\frac{B}{\lambda_1}\right)}$$

De verlaging in het watervoerende pakket naast de waterloop onder de deklaag wordt beschreven door:

$$\varphi_2(x) = h_0 \frac{\lambda_2 \sinh\left(\frac{B}{\lambda_1}\right) e^{-\frac{x-B}{\lambda_2}}}{\lambda_2 \sinh\left(\frac{B}{\lambda_1}\right) + \lambda_1 \cosh\left(\frac{B}{\lambda_1}\right)}$$

definitie van parameters

$$\lambda = \sqrt{kDc}$$

verklaring van symbolen

$\phi_1(x)$: stijghoogte in het watervoerend pakket onder de waterloop (m)

$\phi_2(x)$: stijghoogte in het watervoerend pakket in het gebied naast de waterloop (m)

x : afstand tot de rivier (m)

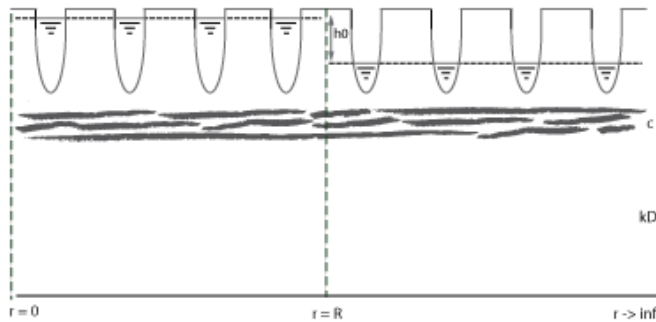
h_0 : het verschil tussen het waterpeil in de waterloop en het peil in de sloten in de deklaag (m)

B : Breedte van de waterloop (m)

λ_1 : spreidingslengte onder de waterloop (m)

λ_2 : spreidingslengte in het gebied naast de waterloop (m)

Peilwijziging in een gebied met meerdere waterlopen



Het slootpeil in een rond gebied is hoger (of lager) dan in de omgeving. Daardoor stroomt grondwater van het hoge naar het lage peil.

Formule

stijghoogte

Het verloop van de de grondwaterstand in het watervoerd pakket onder de deklaag wordt beschreven door de volgende formule ([1], formule 243.03):

$$\varphi_1(r) = h_0 - \frac{h_0 R}{\lambda} K_1 \left(\frac{R}{\lambda} \right) I_0 \left(\frac{r}{\lambda} \right)$$

$$\varphi_2(r) = \frac{h_0 R}{\lambda} I_1 \left(\frac{R}{\lambda} \right) K_0 \left(\frac{r}{\lambda} \right)$$

debiet

Het totale debiet over de grens van het ronde gebied wordt gegeven door de formule ([2] p46; formule 4.56):

$$Q(R) = 2\pi kD h_0 \left(\frac{R}{\lambda} \right)^2 K_1 \left(\frac{R}{\lambda} \right) I_1 \left(\frac{R}{\lambda} \right)$$

Met $Q(R)$ het debiet op de grens van het ronde gebied met de omgeving

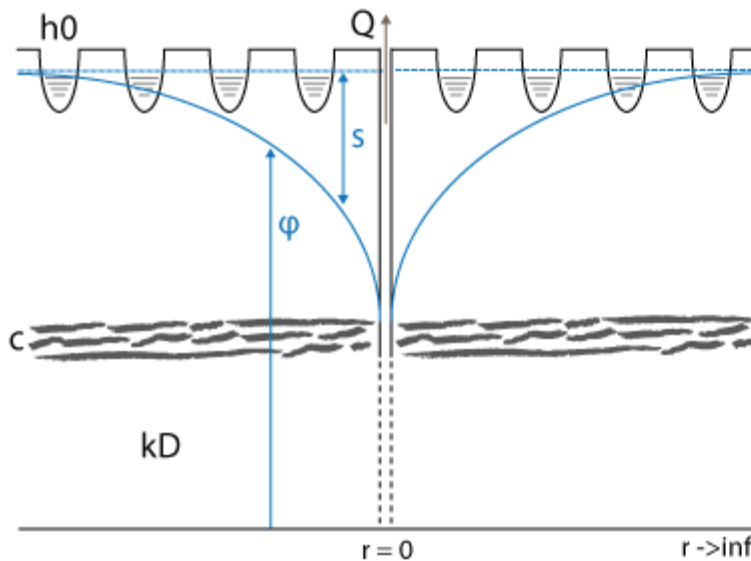
definitie van parameters

$$\lambda = \sqrt{kD c}$$

verklaring van symbolen

- $\phi_1(x)$: stijghoogte in het ronde gebied (m)
- $\phi_2(x)$: stijghoogte buiten het ronde gebied (m)
- r : afstand tot de peilvakgrens (m)
- R : straal van het ronde gebied (m)
- h_0 : waterpeil in de sloten in de deklaag (m)
- k_D : doorlaatvermogen van de bodem (m²/dag)
- c : weerstand van de deklaag (dag)
- I_0 : gemodificeerde Besselfunctie van de eerste soort, nulde orde
- I_1 : gemodificeerde Besselfunctie van de eerste soort, eerste orde
- K_0 : gemodificeerde Besselfunctie van de tweede soort, nulde orde
- K_1 : gemodificeerde Besselfunctie van de tweede soort, eerste orde

Model voor grondwateronttrekking



Een put onttrekt grondwater aan een pakket dat is afgesloten door een deklaag met watervoerende sloten met een vast waterpeil.

De afstand waarover de grondwaterstand wordt verlaagd wordt bepaald door de spreidingslengte, die wordt berekend uit de weerstand (c) van de deklaag en het doorlaatvermogen (kD) van de watervoerende laag.

Formule

stationaire verlaging

De verlaging van de grondwaterstand in het watervoerde pakket onder de deklaag ten opzichte van het waterpeil in de sloten wordt beschreven door (Maas en Veling, 2010):

$$s(r) = \frac{Q_0}{2\pi kD} K_0\left(\frac{r}{\lambda}\right)$$

stationair debiet

Het debiet in het watervoerend pakket wordt gegeven door de volgende formule (Huisman, 1972 p.86):

$$Q(r) = Q_0 \frac{r}{\lambda} K_1 \left(\frac{r}{\lambda} \right)$$

spreidingslengte

De parameter lambda is gedefinieerd als:

$$\lambda = \sqrt{kDc}$$

De spreidingslengte is een lengtemaat (in meters) voor de afstand waarover de grondwaterverlaging door de onttrekking merkbaar zal zijn. Uit de definitie blijkt dat de put een merkbare invloed heeft over een groter gebied, naarmate het doorlaatvermogen kD en de weerstand c van de deklaag groter zijn.

instationaire verlaging

De instationaire verlaging bij een constant onttrekkingsdebiet Q_0 wordt gegeven door de formule van Hantush (Maas en Veling, 2010):

$$s(r, t) = \frac{Q_0}{4\pi kD} W \left(\frac{r^2 S}{4 kD t}, \frac{r}{\lambda} \right)$$

In deze vergelijking staat W voor de "well function van Hantush". Maas en Veling (2010) beschrijven hoe deze vergelijking efficiënt kan worden berekend.

verklaring symbolen

$s(r)$: verlaging in het watervoerende pakket (m)

r : afstand tot de put (m)

Q_0 : grootte van de onttrekking uit de put (m³/dag)

kD : doorlaatvermogen van het watervoerend pakket (m²/dag)

c : weerstand van het afdekkende pakket (dagen)

λ : spreidingslengte(m)

H : dikte van het watervoerend pakket (m)

S : elastische bergingscoëfficiënt (-)

t : tijd vanaf het begin van de onttrekking (dagen)

$K_0()$: gemodificeerde besselfunctie van de tweede soort, nulde orde

$K_1()$: gemodificeerde besselfunctie van de tweede soort, eerste orde

toepassingsbereik

De formules van De Glee en Hantush veronderstellen horizontale stroomlijnen. Met name in de nabijheid van de put zullen stroomlijnen in werkelijkheid sterk gekromd zijn. Volgens Huisman (1972) zijn bovenstaande formules daarom alleen toepasbaar als het water vanaf een relatief grote afstand wordt aangetrokken. Als vuistregel geeft hij:

$$\lambda > 3H$$

In woorden: de formule van De Glee mag worden toegepast als de spreidingslengte minimaal drie keer zo groot is als de dikte van het watervoerend pakket.

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ OOSTERHOUT
Postbus 40
4900 AA OOSTERHOUT
T. 0162-487000

www.anteagroup.nl

Copyright © 2017

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.