

Gebiedsverkenning toekomstbestendig watersysteem Loenen- Eerbeek

**Provincie Gelderland, Waterschap Vallei en Veluwe,
Gemeente Brummen**

27 januari 2026 - Public

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Achtergrond en aanleiding	5
1.2	Doel en scope	5
1.3	Leeswijzer	6
2	Watersysteembeschrijving	7
2.1	Synthese (werking van het watersysteem)	7
2.2	Systeembeschrijving o.b.v. literatuur en praktijkervaring	8
2.2.1	Ontstaan van een stuwwal	8
2.2.2	Ligging Loenen en Eerbeek	11
2.2.3	Hydrogeologie	12
2.3	Grondwater	14
2.3.1	Regionale grondwaterstroming	14
2.3.2	Grondwaterfluctuatie	15
2.4	Oppervlaktewater	16
2.5	Samenvatting bestaande analyses wateroverlast 2024	17
2.6	Analyse grondwatermetingen	18
2.6.1	Regionaal beeld	18
2.6.2	Lokaal beeld	22
2.6.3	Grondwateronttrekkingen	25
2.6.4	Verband tussen onttrekkingen en grondwaterstanden	26
2.7	Beheer en onderhoud oppervlaktewater	32
2.7.1	Overzicht van de aanwezige watergangen	32
2.7.2	Watersysteem van vroeger	33
2.7.3	Impact van beheer en onderhoud	37
2.8	Leemten in kennis	38
2.9	Meldingen wateroverlast door inwoners	39
3	Taken en verantwoordelijkheden	40
3.1	Wettelijk kader	40
3.1.1	Algemeen	40
3.1.2	Grondwater	40
3.1.2.1	Gemeenten	40
3.1.2.2	Waterschappen	41

3.1.2.3	Provincies	42
3.1.2.4	Rijk	42
3.1.2.5	Taken en verantwoordelijkheden grondwaterbeheer	42
3.1.3	Oppervlaktewater	45
3.1.4	Hemelwater	45
3.2	De praktijk	46
3.2.1	Lokale invulling	46
3.2.2	Aandachtspunten in de praktijk	48
3.3	Loenen - Eerbeek	49
3.3.1	Betrokken partijen, beleid en voorgenomen ontwikkelingen	49
3.3.2	Feitelijke situatie	50
4	Mogelijke handelingsperspectieven	52
4.1	Hydrologische kenmerken en uitdagingen	52
4.2	Overzicht mogelijke maatregelen	53
5	Conclusies en aanbevelingen	59
5.1	Conclusies	59
5.2	Aanbevelingen	61
6	Referenties	62

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

Achtergrond

In het gebied Loenen – Eerbeek, dorpen op de oostflank van de Veluwe, spelen problemen gerelateerd aan het grondwaterpeil. Dit gebied op de Veluwe heeft een complexe ondergrond en grote hoogteverschillen. Er zijn ook andere factoren die van invloed zijn op het grondwaterpeil. Het is belangrijk om de achtergronden en samenhang in beeld te krijgen.

Aanleiding

Er is tussen oktober 2023 en maart 2025 overlast geweest door een combinatie van factoren. De extreme weersveranderingen van de laatste jaren, zoals extreem droge periodes en langdurige natte periodes, spelen hierbij een rol. Bovendien is de grondwateronttrekking van papierfabriek De Hoop na de sluiting gestopt. Ook de andere papier- en kartonfabrieken werken aan het verder beperken van grondwateronttrekking. Waar een aantal jaren geleden sprake was van droogte en droogval van beken, hebben inwoners en ondernemers de afgelopen periode wateroverlast ervaren.

De betrokken overheden verkennen het samenspel hoe daarmee om te gaan (korte termijn) en de zoektocht naar een toekomstbestendig systeem i.r.t. klimaatverandering, beleid herstel natuurlijk systeem (langere termijn). Gemeente, waterschap en provincie hebben behoefte aan een helder samenspel op basis van een gezamenlijke verantwoordelijkheid en eigen rollen, en in interactie met bewoners en bedrijven.

1.2 Doel en scope

Het doel van dit project is om op basis van een gedeelde kennisbasis inzicht te bieden in de werking van het watersysteem in de regio Loenen - Eerbeek.

Deze gebiedsverkenning brengt bestaande kennis, modellen, monitoringgegevens en praktijkervaringen samen en verbindt deze met elkaar. Dit vormt de gedeelde kennisbasis voor goed onderbouwde beleidskeuzes en uitvoeringsmaatregelen die bijdragen aan een robuust bodem- en watersysteem, het omgaan met wateroverlast én droogte, en het vergroten van de weerbaarheid.

De verkenning richt zich op het beschrijven van de werking van het huidige watersysteem en de effecten daarvan op de omgeving (zoals natte of droge situaties), evenals op de verwachte effecten van mogelijke ingrepen. Daarbij worden ook rollen en verantwoordelijkheden van alle betrokken partijen - waaronder (vastgoed-)eigenaren (privaat, corporatie), gebruikers (zoals huurders), de overheden (gemeente, waterschap, provincie, zowel ambtelijk als bestuurlijk) en de grondwater-onttrekkers (Vitens, bedrijven, particulieren) en tenslotte de watergebruikers (zoals terreinbeheerders) en belangengroepen (zoals bekenstichting)- in beeld gebracht, evenals handelingsperspectieven.

De verkenning focust zich op het gebied van Laag-Soeren tot en met Loenen.

Doel

- Inzicht in het watersysteem van het gebied
- Inzicht in de knelpunten;
- Inzicht in mogelijke oplossingsrichtingen en (tijdelijke) knoppen die mogelijk bijdragen aan een zoveel mogelijk natuurlijk en toekomstbestendig watersysteem. Met “knoppen” zijn mogelijke maatregelen bedoeld.
- In beeld brengen van de verschillende rollen en verantwoordelijkheden van de betrokken overheden en andere belanghebbenden zoals inwoners, ondernemers (boeren en industrie) en drinkwaterbedrijven..

1.3 Leeswijzer

De voor u liggende rapportage bestaat uit onderdelen.

- Als eerste een technisch-inhoudelijke deel (hoofdstuk 2). Deze beschrijft de werking van het watersysteem op basis van de aangeleverde informatie en uitgevoerde analyses. De nadruk ligt op het verbinden van bestaande kennis, data en praktijkervaringen tot een samenhangend beeld van het grond- en oppervlaktewatersysteem. De rapportage biedt een synthese van wat geleerd is over de systeemwerking, zoals de invloed van neerslag, verdamping, grondwateronttrekkingen en het beheer van watergangen op natte en droge situaties. Daarbij wordt ook ingegaan op de mate van stuurbaarheid van het systeem.
- Deel 2 (hoofdstuk 3) geeft een samenvatting van de taken en verantwoordelijkheden met betrekking tot het waterbeheer.
- In het derde en laatste deel (hoofdstuk 4) worden mogelijke handelingsperspectieven beschreven en beoordeeld.
- Afsluitend komen in hoofdstuk 5 conclusies en aanbevelingen naar voren.

2 Watersysteembeschrijving

In dit hoofdstuk is de werking van het watersysteem beschreven. Als eerste de samenvattende synthese, daarna gevolgd door verdiepende paragrafen per deelsysteem.

2.1 Synthese (werking van het watersysteem)

Het gebied Loenen-Eerbeek ligt op de overgang van de Veluwe stuwwal naar de IJsselvallei. Deze overgang is geologisch en hydrologisch bepalend voor de werking van het watersysteem en de gevoeligheid voor wateroverlast en droogte. De stuwwal is ontstaan tijdens het Saalien, waarbij sedimentlagen zijn opgestuwd en scheefgesteld. Hierdoor is een complexe ondergrond ontstaan met afwisselende zand-, grind- en kleilagen, waarin kleischotten een belangrijke rol spelen. Deze kleischotten zijn niet volledig ondoorlatend, maar vormen wel een hydraulische weerstand die de stroming van grondwater beïnvloedt. In de stuwwal stroomt het grondwater hier voornamelijk in noord-zuidrichting, gestuurd door de noord-zuid oriëntatie van kleischotten. Oostwaartse stroming richting de IJsselvallei wordt beperkt door de hoge weerstand van kleilagen. Ondanks de beperkte stroming is de invloed van het Veluwesysteem op de grondwaterstand duidelijk terug te zien in Eerbeek en Loenen.

Het watersysteem is onderverdeeld in drie geohydrologische deelgebieden, elk met een eigen dynamiek:

Veluwe (stuwwal)

- Diepe grondwaterstanden en een dikke onverzadigde zone.
- Trage respons op neerslag door lange reistijd van infiltrerend water.
- Stroming voornamelijk noord-zuid, gestuurd door kleischotten.
- Ontbreken/ beperkte invloed van oppervlaktewater.
- Gevoelig voor grondwateronttrekkingen, die direct merkbaar zijn in de – weliswaar diepe - freatische grondwaterstand door het ontbreken van scheidende lagen boven de winningen.

IJsselvallei

- Stroming van de rand van de Veluwe richting de IJssel.
- Grondwaterstanden dicht aan maaiveld, met duidelijke seizoen dynamiek.
- Sterke invloed van oppervlaktewater, met mogelijkheden voor peilbeheer via sloten en greppels.

Grondwaterfluctuatietoneel (overgangsgebied)

- Gelegen tussen stuwwal en IJsselvallei – Eerbeek en Loenen liggen in deze zone
- Combinatie van trage toevoer van grondwater vanuit de Veluwe en directe respons op neerslag en verdamping.
- Grote en trage fluctuaties in grondwaterstanden.
- Gevoelig voor wateroverlast bij langdurige natte periodes, mede door afwezigheid van ontwateringsmiddelen.
- Beïnvloedbaar door onttrekkingen en deels door oppervlaktewater.

Er zijn verschillende factoren die de fluctuaties van het grondwater bepalen:

Meteorologie

Neerslag en verdamping zijn primaire bepalende factoren in het systeem. Infiltratie vindt vooral plaats op de Veluwe, waar het water met vertraging via de ondergrond afstroomt naar de randen. In de stuwwal leidt dit tot langzame, langjarige fluctuaties in grondwaterstanden. In de IJsselvallei is de dynamiek seizoensgebonden, met duidelijke jaarlijkse cycli. De Grondwaterfluctuatietoneel vertoont een gemengde respons: zowel vertraagde stijgingen door kwel vanuit de Veluwe als snelle reacties op neerslag en droogte. In 2023-2024 viel hier circa 1.200 mm neerslag, wat leidde tot een extra stijging van de grondwaterstand met 0,5 tot 1 meter.

Grondwateronttrekkingen

Industriële en drinkwateronttrekkingen (zoals Coldenhove en Vitens) beïnvloeden het systeem afhankelijk van diepte en ligging ten opzichte van kleischotten. Statistische analyses tonen aan dat onttrekkingen vooral invloed hebben in de stuwwal en Grondwaterfluctuatietoneel, niet of minder in de IJsselvallei.

De sluiting van papierfabriek De Hoop in Eerbeek heeft geleid tot een lokale stijging van de grondwaterstand met 0,5 tot meer dan 2 meter.

Oppervlaktewaterbeheer

Het oppervlaktewatersysteem bestaat uit (sprengen)beken, sloten en greppels. Deze watergangen voeren hemelwater en grondwater af naar lager gelegen gebieden. Er zijn echter ook geïsoleerde stukken die geen afvoer hebben, maar waar het water infiltreert in de bodem. Normaliter voert een sloot grondwater af als de grondwaterstand hoger is dan het waterpeil in de sloot. In sommige sprengbeken is de bodem beleemd, waardoor deze als het ware afgesloten is en geen grondwater afvoert.

). De afvoer is afhankelijk van de afvoercapaciteit. De afvoercapaciteit wordt bepaald door enerzijds het verhang in het systeem en afmetingen van de watergang en inliggende kunstwerken, maar ook begroeiing in de watergang speelt een belangrijke rol. Het maaien van watergangen die begroeid zijn kan het afvoerdebiet vergroten met een factor 1,5 tot 3.

Stuurbaarheid van het systeem

De mate van stuurbaarheid verschilt per deelgebied:

- Veluwe: beperkt stuurbaar door trage respons en diepe ligging van het grondwater. Onttrekkingen hebben wel directe invloed.
- IJsselvallei: relatief goed stuurbaar via oppervlaktewaterbeheer en peilregulatie.
- Grondwaterfluctuatietoneel: complex maar potentieel beïnvloedbaar via een combinatie van maatregelen (zie hoofdstuk 4).

2.2 Systeembeschrijving o.b.v. literatuur en praktijkervaring

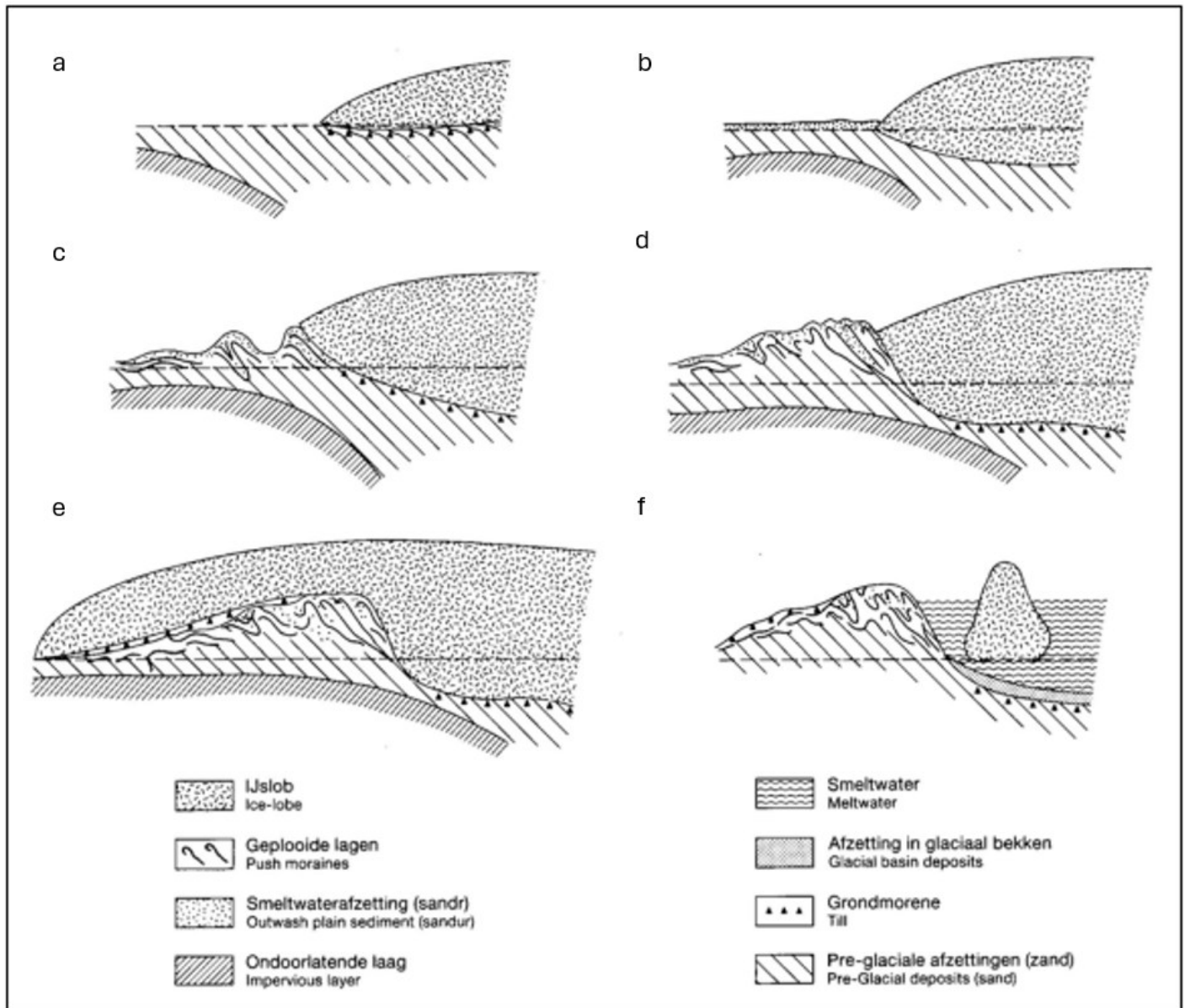
Deze paragraaf beschrijft een beknopte analyse van het hydrologische systeem rondom Loenen - Eerbeek op basis van verscheidene rapportages en openbare data. Hiermee biedt dit een overzicht en gedeelde kennisbasis over het watersysteem.

2.2.1 Ontstaan van een stuwwal

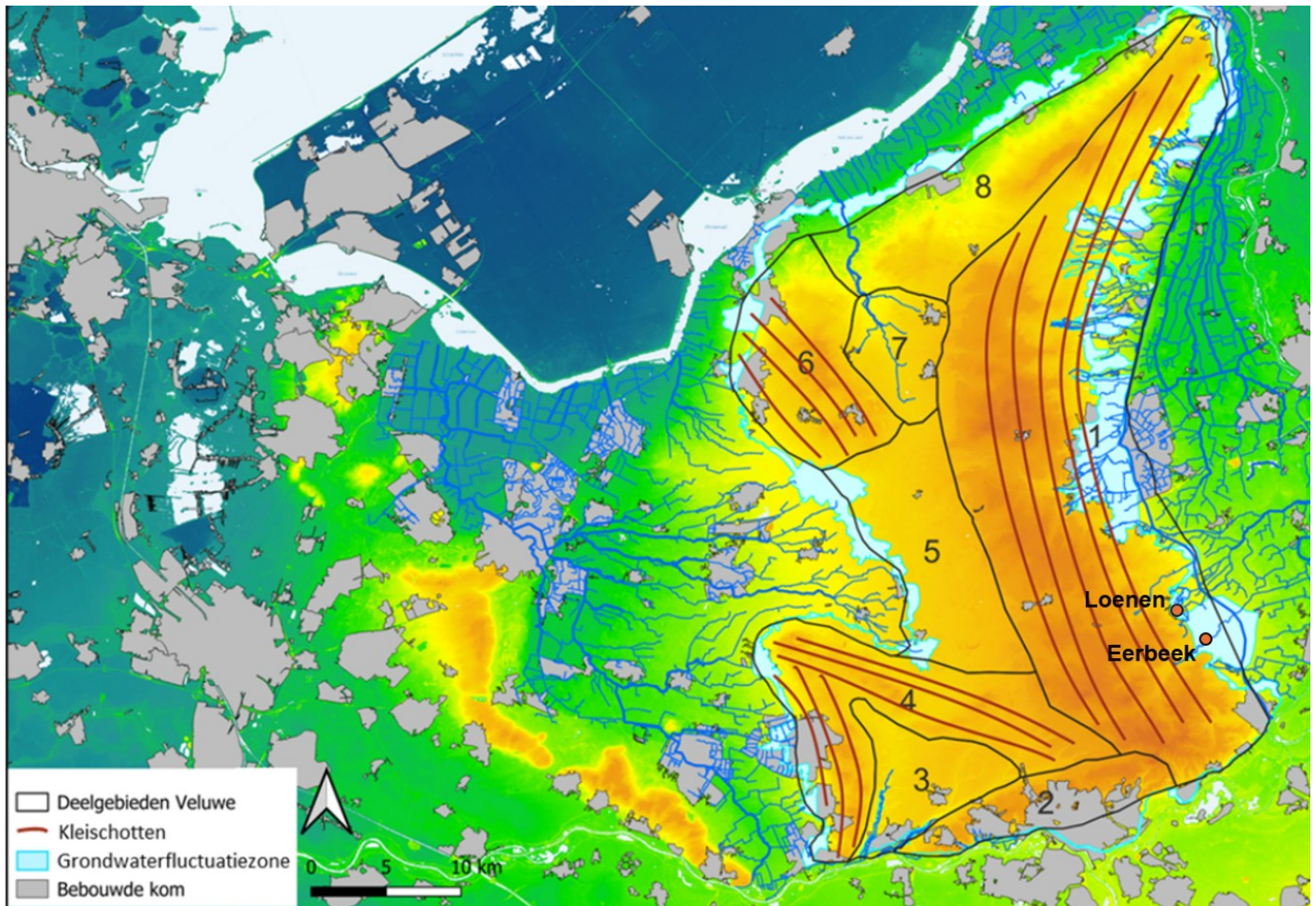
Loenen en Eerbeek zijn gelegen aan de oostzijde van de Veluwe stuwwal. Tijdens de voorlaatste ijstijd, het Saalien, reikte landijs tot halverwege Nederland. Dit landijs stuwde een serie stuwwallen op, waaronder die van de Veluwe. Hierbij werd de ondergrond over elkaar heen gedrukt en scheefgesteld. De schematische weergave in Figuur 2-1 toont stapsgewijs hoe een stuwwal ontstaat onder invloed van een ijslob. De stappen zijn als volgt:

- Vervorming van sediment:** Onder invloed van het gewicht en de beweging van een massieve ijslob wordt het onderliggende sediment samengedrukt en vervormd. Dit proces leidt tot de vorming van een ondoorlatende laag keileem (grondmorene) aan de basis van het ijs.
- Inschuring en verspoeling:** De ijslob schuurt zich steeds verder in de ondergrond in. Aan de voorkant van de ijslob ontstaan verspoelingen, doordat smeltwater niet in de bodem kan infiltreren.
- Opstuwend sediment:** Het oprukkende ijs duwt sediment voor zich uit. Hierdoor ontstaan geplooides lagen en overschuivingen.
- Vorming stuwwal:** Door verdere opstuwing worden de geplooides en overschoven sedimentlagen omhoog gedrukt tot een stuwwal.
- Overrijden stuwwal:** De stuwwal wordt overreden door aangroeiend landijs. Het reliëf onder het ijs wordt gladgestreken. Op de stuwwal en aan de zijzijde (linkerkant in de figuur) wordt keileem afgezet onder het ijs.
- Aftocht van de ijslob:** Wanneer het klimaat opwarmt en de ijslob zich terugtrekt, blijft het glaciële bekken achter. Dit bekken wordt vervolgens opgevuld met sediment.

Door deze ontstaanswijze komen in de Veluwe stuwwal scheefgestelde lagen voor, die in de richting van het glaciële bekken hellen. Naarmate de afstand tot de oorspronkelijke ijslob toeneemt, worden deze lagen minder steil [2]. Omdat de Veluwe uit meerdere stuwwallen bestaat, verschilt de oriëntatie van de scheefgestelde lagen. Aan de oostzijde van de Veluwe, waar Loenen en Eerbeek zijn gelegen, is de oriëntatie van deze scheefgestelde lagen voornamelijk noord-zuid (zie Figuur 2-2).



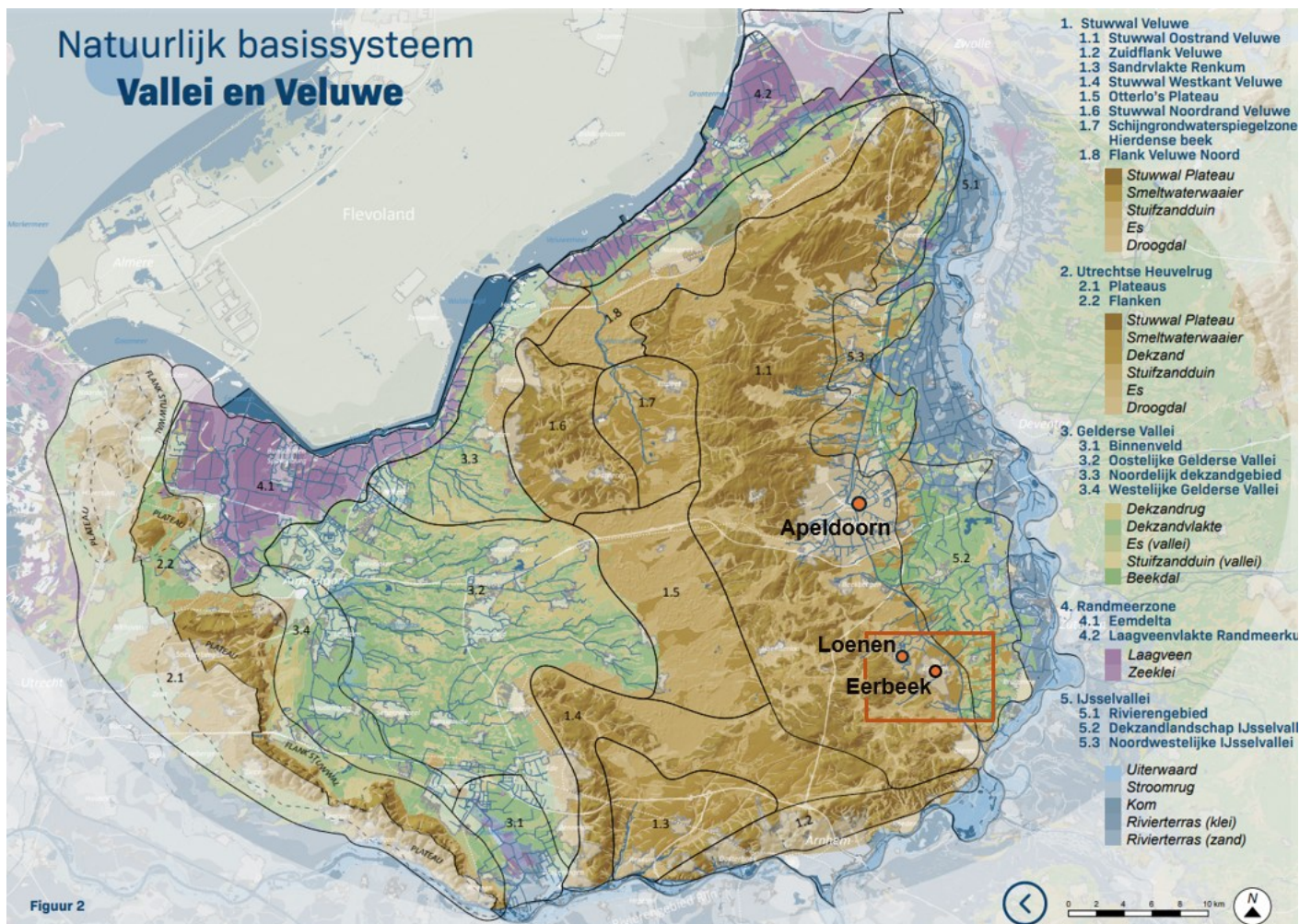
Figuur 2-1: Schematische voorstelling van de opeenvolgende stadia van het ontstaan van een stuwwal in Oost-Nederland [1].



Figuur 2-2: Oriëntatie van de kleischotten in de Veluwse stuwwal [2].

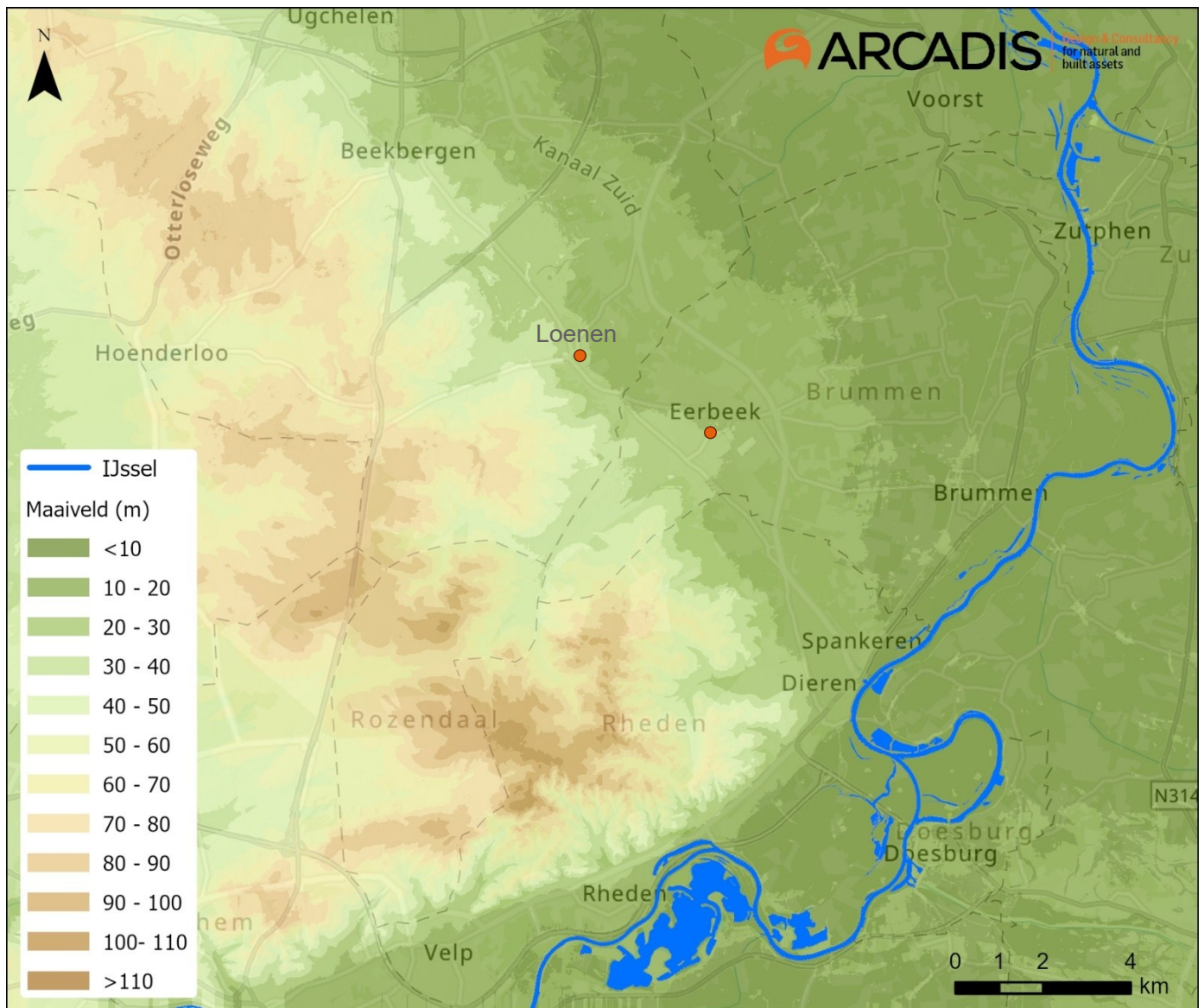
2.2.2 Ligging Loenen en Eerbeek

Loenen en Eerbeek zijn gelegen aan de zuidoostflank van de Veluwe stuwwal, ten zuiden van Apeldoorn, en bevinden zich op de overgang van het Veluweplateau naar het landschap van de IJsselvallei (Figuur 2-3).



Figuur 2-3: Regio Vallei en Veluwe en de ligging van Eerbeek en Loenen ten opzichte van Apeldoorn. Overgenomen uit [3].

In westelijke richting vanaf Loenen en Eerbeek stijgt het maaiveld naar de hogere delen van de Veluwe (Stuwwal plateau). Naar het oosten, richting de IJsselvallei, daalt het maaiveld. Op de hoogtekaart zijn verschillende dalen zichtbaar. Deze dalen zijn hoofdzakelijk uitgesleten door smeltwater dat gedurende en na de ijstijden door het gebied stroomde. Tegenwoordig liggen in deze dalen (sprengen)beken (Figuur 2-4).



Figuur 2-4: Maaiveldhoogte in de omgeving van Loenen en Eerbeek (stippelijn = gemeentegrens).

2.2.3 Hydrogeologie

Rondom Loenen en Eerbeek verschilt de ondergrond tussen het westelijke deel (Veluwe stuwwal) en het oostelijke deel (IJsselvallei) door verschillen in ontstaansgeschiedenis. Een geologische dwarsdoorsnede is weergegeven in Figuur 2-5.

De diepe ondergrond rondom Loenen en Eerbeek bestaat uit een opeenvolging van formaties, geologische lagen in de ondergrond met kenmerkende samenstellingen en ontstaanswijzen. Van diep naar ondiep wordt de ondergrond gevormd door de mariene afzettingen van de Formaties van Breda (BR), Oosterhout (OO) en Maassluis (MS). Boven de Formatie van Maassluis ligt de Formatie van Peize-Waalre (PZWA). Deze formatie bestaat uit klei- en zandlagen die door oude riviersystemen zijn afgezet [4] [5]. De Formatie van Peize-Waalre wigt richting het oosten uit. De horizontale doorlatendheid van de Peize en Waalre zanden liggen tussen de 25 en 50 meter per dag. Onder het tweede en derde zandeenheid van deze formatie ligt de slecht doorlatende Waalre klei. Deze kleiige formatie heeft een verticale doorlatendheid tussen de 0.01 en 0.005 meter per dag [6].

Tijdens de vorming van de stuwwal de Veluwe zijn onderliggende grondlagen met zand, grind en klei opgestuwd. Deze lagen zijn hierdoor scheefgesteld en zijn kleilagen als schotten over elkaar heen gedrukt. Deze schotten zorgen voor een complexe gelaagdheid en variabele doorlatendheid. Daarnaast is door de druk van het ijs en de schuivende

grondlagen het glijvlak tussen Peize-Waalre en de gestuwde afzettingen samengedrukt en/of versmeerd [4]. Dit glijvlak biedt echter geen weerstand aan waterstroming, en is doorlatend. De afsluitende laag van het grondwatersysteem is daarom de Waalre Klei.

Doorlatendheid van kleischotten

Binnen het systeem van de Veluwe stuwwal spelen kleischotten een belangrijke rol in de stroming van grondwater. Hoewel deze schotten vaak worden voorgesteld als ondoorlatende lagen die de watervoerende pakketten scheiden, zijn ze in werkelijkheid niet continu en niet volledig ondoorlatend [5].

Het moedermateriaal van de stuwwal bestaat uit verschillende formaties en gletsjermateriaal dat tijdens het Saalien door het landijs is verschoven en als schubben over elkaar is geduwd. Hierdoor is een complex gestuwd pakket ontstaan met een sterke afwisseling van grof (zandig) en fijn (kleihoudend) materiaal.

De zones van de schubben met fijn materiaal noemen we kleischotten. Deze kleischotten werken als gedeeltelijke barrières voor de grondwaterstroming: ze versmallen de banen van de watervoerende pakketten en zorgen voor extra weerstand in de stuwingsrichting. Waar de schubben dicht bij elkaar liggen, neemt de weerstand sterk toe en kunnen grondwatersprongen ontstaan. Dit is bij grotere afstanden tussen de schubben minder het geval. Water kan ook tussen of onder de lagen door stromen, zij het met meer weerstand en een langere stromingsweg.

Kleischotten vormen dus geen volledig ondoorlatende lagen, maar scheefgestelde, geschubde structuren die lokaal de stroming afremmen en zorgen voor variatie in de hydraulische weerstand binnen de stuwwal. Deze variabiliteit verklaart waarom we lokale verschillen in stijghoogte en stromingsrichting waarnemen, en waarom steil verhang van isohypsen optreedt.

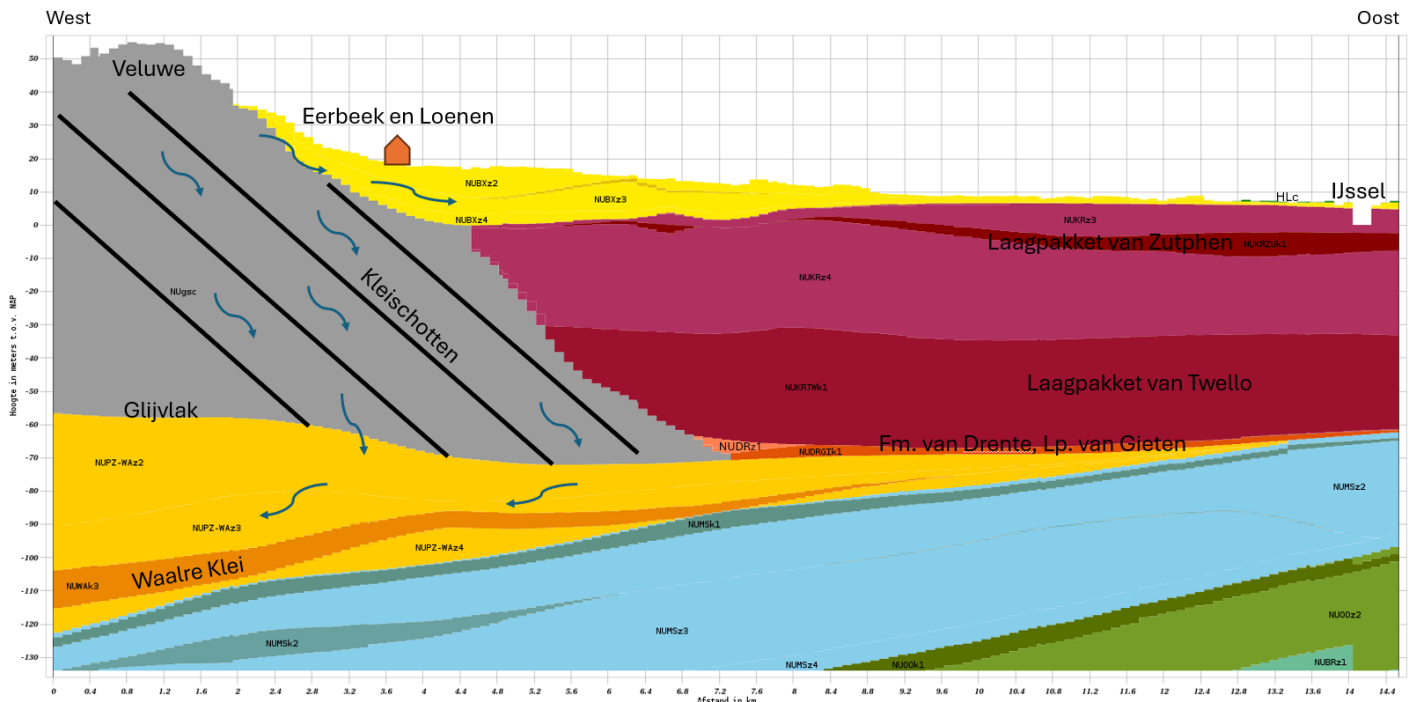
Kortom, de kleischotten vormen geen ondoordringbare barrière, maar eerder een heterogeen systeem van gedeeltelijke scheidingen.

Aan de oostzijde gaat de stuwwal over in de IJsselvallei. Diep in de vallei komt de Formatie van Drente – Laagpakket van Gieten (DRGI) voor, een laag keileem die is ontstaan door versmering en druk onder het landijs [5]. In tegenstelling tot het fluvioglaciale materiaal van de Formatie van Drente (DR) is dit materiaal slecht gesorteerd en heeft het een lage verticale doorlatendheid. De verticale doorlatendheid van de Formatie van Drenthe – Laagpakket van Gieten is 0,001 tot 0,005 meter per dag [6].

Het dal van de IJsselvallei is na het terugtrekken van het landijs opgevuld met dikke pakketten fijne afzettingen van de Rijn (Formatie van Kreftenheye – Laagpakket van Twello (KRTW)). Het laagpakket van Twello bestaat voornamelijk uit klei en heeft een verticale doorlatendheid tussen de 0,0001 en 0,0005 meter per dag [6]. Boven Laagpakket van Twello is het dal opgevuld met grofzandige en grindige afzettingen (Formatie van Kreftenheye (KR)). Tijdens het Eemien (warme tijdperk) ging het riviersysteem over van een vlechtend naar een meer meanderend riviersysteem en is in het dal een komklei afgezet (Formatie van Kreftenheye – Laagpakket van Zutphen (KRZU)) [4]. Het laagpakket van Zutphen bestaat voornamelijk uit klei en heeft een verticale doorlatendheid die ligt tussen de 0,01 en 0,05 meter per dag [6].

Boven de Formatie van Kreftenheye ligt de Formatie van Boxtel. Deze formatie is tijdens en na de laatste ijstijd (Weichselien) ontstaan. Door de kou was er weinig begroeiing en vonden er eolische (wind) processen plaats. Hierdoor is er zand vanaf de stuwwal en rivierbeddingen verplaatst en als dekzand achtergelaten. Het dekzand bestaat voornamelijk uit zand, met een horizontale doorlatendheid van 2,5 tot 10 meter per dag [7].

Tijdens het Holoceen heeft de IJssel de IJsselvallei verder opgevuld met sediment (HLC). De afzettingen in deze periode bestaan uit rivierafzettingen, veen en stuifzand, afhankelijk van het landschapstype [7].



Figuur 2-5: West-oost georiënteerde dwarsdoorsnede van de ondergrond rondom Loenen en Eerbeek van REGIS II v2.2.3 [6], tot een diepte van -135 m NAP. Met blauwe peilen is een globale inschatting van de stroomrichting weergegeven. Het oranje huisje geeft de globale ligging van Loenen en Eerbeek aan. De volgende formaties komen, van ondiep naar diep, voor: HLC = Holocene afzettingen, BX = Formatie van Boxtel, KR = Formatie van Kreftenheye, KRZU = Formatie van Kreftenheye – Laagpakket van Zutphen, KRTW = Formatie van Kreftenheye – Laagpakket van Twello, DR = Formatie van Drente, DRGI = Formatie van Drente – Laagpakket van Gieten, gsc = gestuwd complex, PZ-WA = Formatie van Peize en Formatie van Waalre, WA = Formatie van Waalre, MS = Formatie van Maassluis, OO = Formatie van Oosterhout, BR = Formatie van Breda. Zand- en klei-eenheden worden onderscheiden met toevoegsel: z = zand, k = klei (gebaseerd op [4]).

2.3 Grondwater

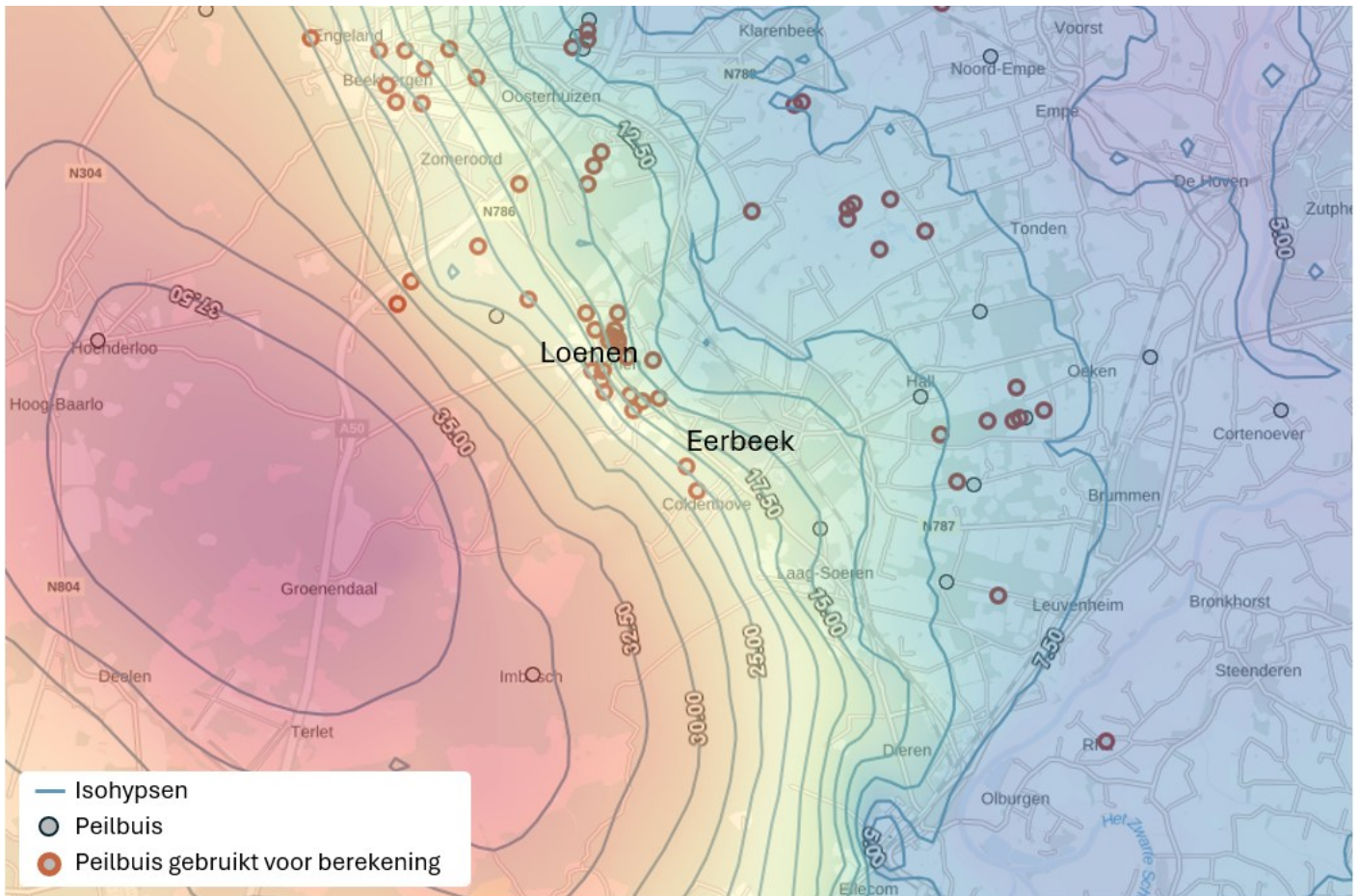
2.3.1 Regionale grondwaterstroming

In Figuur 2-6 is de grondwaterstand t.o.v. NAP weergegeven. De grondwaterstand is het hoogst op de Veluwe stuwwal en loopt af richting de IJssel. Aan de isohypsen, de lijnen op de kaart waar de stijghoogte van het grondwaterpeil gelijk is, is te zien dat er op de overgang van de Veluwe naar de IJsselvallei veel verhang is (lijnen dicht op elkaar).

De geologische opbouw heeft een grote invloed op de grondwaterstroming in het gebied. Zandige lagen geleiden het grondwater goed, terwijl slecht doorlatende lagen, zoals kleischotten, Waalre-klei en het Laagpakket van Twello de stroming juist belemmeren. Hierdoor ontstaan lokaal grote verschillen in grondwaterstanden en -stromen.

Tijdens het ontstaan van de Veluwe zijn kleischotten schuin afgezet in noord-zuidrichting (Figuur 2-2). Deze kleischotten verlopen oostwaarts schuin door de ondergrond (Figuur 2-1Figuur 2-5). Doordat kleischotten een hoge weerstand bieden aan waterstroming, vormen ze een natuurlijke barrière voor de west-oost stroming van grondwater. Het gevolg is dat het grondwater in de zandlagen voornamelijk in noord-zuidrichting stroomt. Ook kan er water richting het oosten stromen wanneer de grondwaterstand boven de kleischotten uitkomt; niet overal komen deze tot aan maaiveld; zie Figuur 2-5 als schematisch voorbeeld.

Onder de stuwwal ligt de zandige formatie van Peize-Waalre, die naar het westen toe afneemt in dikte. Onder dit zandpakket ligt de Waalre klei en Oosterhout klei. Aan de bovenkant bevindt zich de hoge weerstand van het Laagpakket van Twello. Door deze combinatie kan het diepe grondwater niet gemakkelijk oostwaarts stromen. Hierdoor wordt het diepe grondwater westwaarts geleid (Figuur 2-5) [4].



Figuur 2-6: Weergave van isohypsen, lijnen met gelijke grondwater stijghoogtes, van de grondwaterstand in m t.o.v. NAP, van [8]. De weergegeven isohypsen zijn berekend voor laag 1 van het LHM (Landelijk Hydrologisch Model), op basis van metingen (peilbuizen) en het LHM. Laag 1 geeft het freatisch grondwater in gebieden zonder deklaag weer.

2.3.2 Grondwaterfluctuatie

De specifieke bodemopbouw in het gebied zorgt voor verschillen in timing in de reactie van grondwater op neerslag. Door de hoge ligging en de zandige bodem van het Veluwemassief kan regenwater hier makkelijk in de grond zakken en is het Veluwemassief een infiltratiegebied voor regenwater. Dit water vult het grondwater aan en stroomt naar de randen van de Veluwe. In het Veluwemassief is de onverzadigde zone, het deel van de ondergrond boven de grondwaterspiegel, dik en bevindt het grondwater zich vele meters onder het maaiveld. Het duurt lang voordat het regenwater het grondwater bereikt. Hierdoor is de dynamiek van de grondwaterstanden in het centrale deel van de Veluwe langjarig vertraagd. Door deze vertraging is er geen duidelijke dynamiek van neerslaggebeurtenissen [2]; de grondwaterstand verandert hier pas na langere periodes van veel of juist weinig neerslag [9].

Aan de randen van de stuwwallen, zoals de overgangszone tussen het hoge Veluwemassief en de lagergelegen IJsselvallei, is de onverzadigde laag tussen maaiveld en het grondwater veel dunner. Hier werkt het systeem van de stuwwal nog wel door, maar reageert het grondwater ook sneller op neerslag. In deze zone is een combinatie van beide invloeden zichtbaar. Hier zijn zowel langzame, langjarige fluctuaties door de toevoer van grondwater uit het hogere gebied als snelle, directe reacties op neerslag en droogte merkbaar. Door die combinatie kan het grondwater soms snel en onverwacht stijgen of dalen [9]. Loenen en Eerbeek bevinden zich in deze overgangszone [4]. Deze zone, die extra gevoelig is voor grondwateroverlast, is de zogenoemde Grondwaterfluctuatiezone [10]. Sloten en greppels zijn hier veelal niet aanwezig, omdat het grondwater normaliter niet zo hoog komt. Daardoor is het risico op wateroverlast bij extreem lang nat weer juist in deze gebieden groter.

In de lagergelegen gebieden om de Veluwe, waaronder de IJsselvallei, is de grondwaterstand veel dichters aan maaiveld en kent een duidelijke seizoen dynamiek als gevolg van neerslag en verdamping. In dit gebied zijn sloten en greppels aanwezig die invloed hebben op de grondwaterstanden en de mogelijkheid bieden tot peilbeheer [2]. [9].

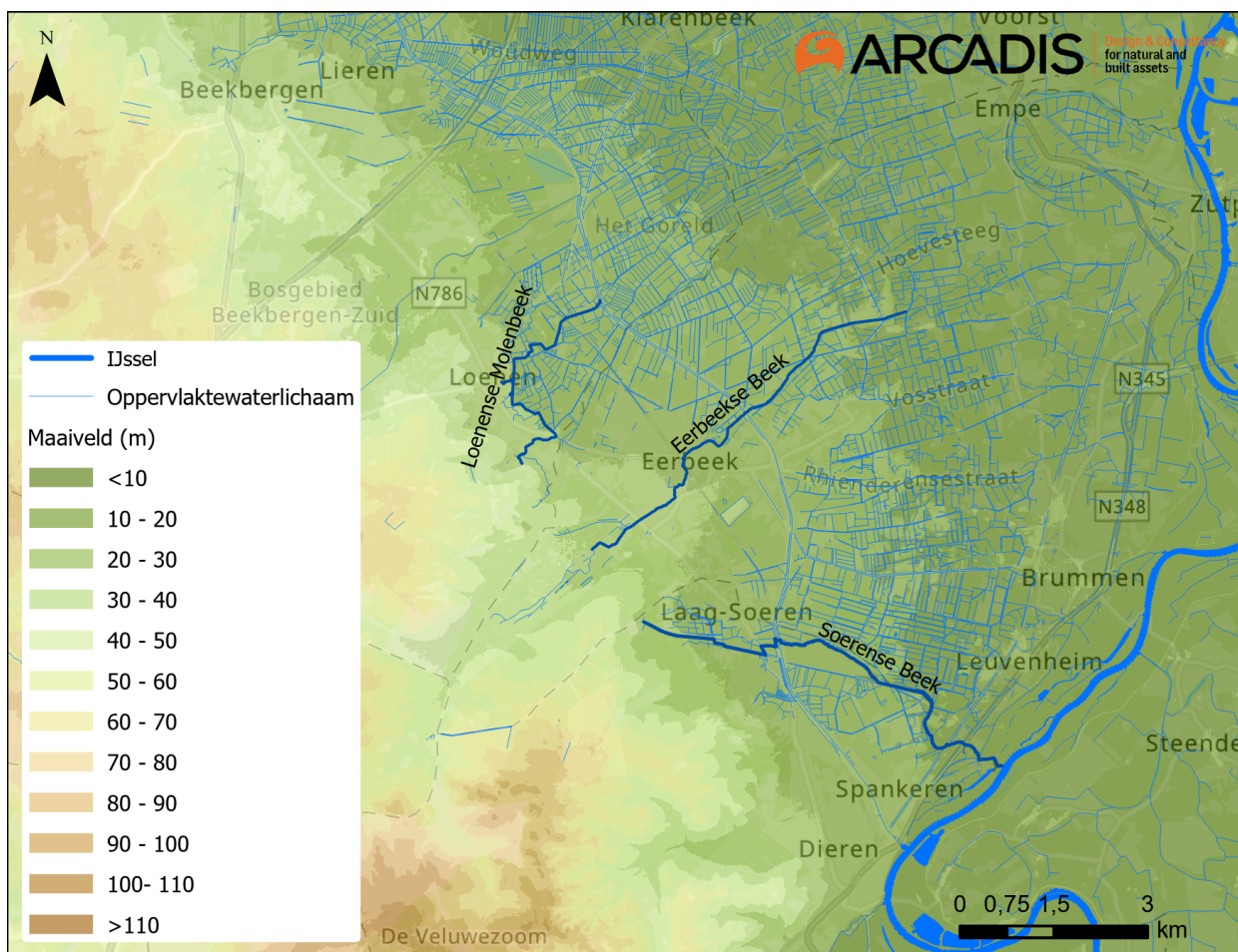
2.4 Oppervlaktewater

Het oppervlaktewatersysteem in de omgeving van Loenen en Eerbeek bestaat uit een netwerk van (bron)beken, sprengbeken, sloten en greppels. Sprengbeken zijn kenmerkend voor de Veluwe. Dit zijn door mensen gegraven beken die oorspronkelijk zijn aangelegd voor industrieel gebruik, zoals bijvoorbeeld het aandrijven van watermolens bij de papierindustrie. Vooral aan de oostkant van de Veluwe zijn deze beken veel voorkomend [11].

Het natuurlijke hoogteverschil (verval) in het landschap zorgt ervoor dat de beken kunnen stromen. Op plekken waar de beekbodem onder de grondwaterspiegel ligt wordt het grondwater aan het oppervlak gebracht; deze bronpunten worden aangeduid als sprengkoppen en sprengen. Sprengbeken zijn veelal opgeleid om het verval over de watermolen groot te maken. Stroomafwaarts van de watermolen ligt het grondwaterpeil dieper dan de bodem van de beek. Om te voorkomen dat het water hier weer uit de beek wegzakt in de bodem, is op de beekbodem vaak een laag leem, slecht waterdoorlatend materiaal, aangebracht.

De Loenense Molenbeek, Eerbeekse beek en Soerense Beek zijn voorbeelden van sprengbeken (Figuur 2-7). Deze beken ontspringen aan de stuwwal en stromen vervolgens door respectievelijk Loenen, Eerbeek en Laag-Soeren. De sprengbeken zijn veelal opgeleid om het verval bij de molen te maximaliseren. Daarom is de beekbodem benedenstrooms van de sprengkoppen vaak hoger dan de grondwaterstand en is er leem in de bodem van de sprengbeek aangebracht om het verlies/lekkage te minimaliseren.

De overige watergangen zijn veelal gegraven om de grondwaterstand te verlagen en het land te ontwateren. Samen voeren alle watergangen het water af richting de IJssel. Dat vormt daarmee het hoofdsysteem voor de afvoer van zowel oppervlakte- als grondwater uit de regio. In paragraaf 2.7 wordt verder ingegaan op de watergangen in en rondom Eerbeek.



Figuur 2-7: Oppervlaktewater in het zuidwesten van de Veluwe, weergegeven op de hoogtekaart van het maaiveld.

2.5 Samenvatting bestaande analyses wateroverlast 2024

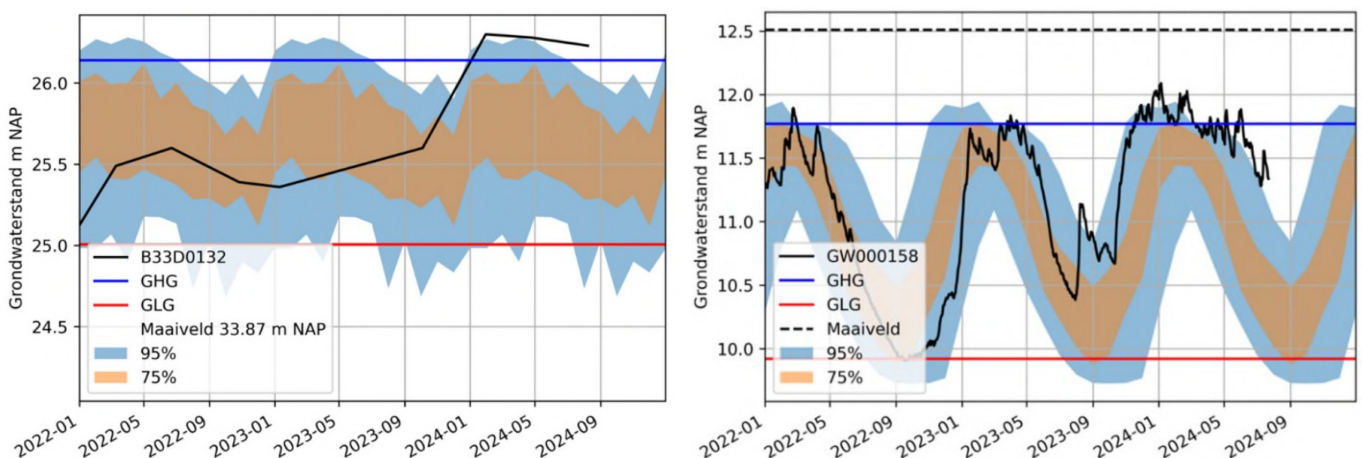
In de periode 2023/2024 is in de Grondwaterfluctuatietoneel (waaronder Eerbeek en Loenen) sprake geweest van aanzienlijke wateroverlast. Deze is in verschillende studies onderzocht. Deze paragraaf geeft een samenvatting van deze studies:

- Wateroverlast Vallei en Veluwe 2023/2024, TAUW (2025) [2]
- Eerbeek - analyse grondwaterstanden, Arcadis (2025) [12]

Samenvatting rapportage Wateroverlast Vallei en Veluwe 2023/2024 (zie [2] voor de volledige rapportage)

Door de uitzonderlijke neerslag in het najaar van 2023 en voorjaar 2024 raakte het grondwatersysteem rond de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug geleidelijk verzadigd. In de eerste fase begon de bodem in lageregelegen gebieden, zoals de IJsselvallei en Gelderse Vallei, vol te lopen door de aanhoudende neerslag. De Veluwe zelf reageert trager. Door de aanhoudende neerslag stijgt de grondwaterstand na verloop van tijd sterk. Door de specifieke bodemopbouw en aanwezigheid van kleischotten stroomde het water via doorlatende zandlagen naar de randen. In de sprengenbeken was dit te zien doordat de afvoer toenam. De Grondwaterfluctuatietoneel kregen nu veel grondwater toestrooming vanaf de stuwwal en bleef langdurig nat, doordat het opgeboude grondwater uit de Veluwe en Heuvelrug nog lang bleef toestromen.

De grafieken in Figuur 2-8, die hieronder worden toegelicht, geven weer wat er in de directe omgeving van Eerbeek heeft plaatsgevonden. De peilbuis in het linker figuur (nummer B33D0132) bevindt zich ten westen van Eerbeek, relatief hoog in het systeem (grondwaterstanden tussen 25 m en 26 m +NAP), maar wel in of aan de rand van de Grondwaterfluctuatietoneel en vertoont geen seizoensdynamiek. De neerslag die in de winter op de Veluwe is gevallen stroomt hiernaartoe, waardoor de grondwaterstand in deze fluctuerende zone gedurende de hele zomer hoog is gebleven. Vanaf november 2023 is hier duidelijk een stijging van de grondwaterstand zichtbaar. In het rechter figuur (peilbuis nummer GW000158, ten oosten van Eerbeek) is te zien dat de grondwaterstand vanaf november 2023 tot boven de 95%-bandbreedte stijgt. Ook in de zomer van 2024 blijft de grondwaterstand hier lang erg hoog, buiten de 95%-bandbreedte. Ondanks dat deze peilbuis verder van de Grondwaterfluctuatietoneel afstaat, ontvangt het gebied veel kwel vanaf de Veluwe, die niet snel kan worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Hierdoor stijgen de grondwaterstanden.



Figuur 2-8: Grondwaterdynamiek Eerbeek over de periode 2022-2024. Peilbuis B33D0132 (links, gelegen ten westen van Eerbeek) en GW000158 (rechts, gelegen ten oosten van Eerbeek).

Het onderzoek beschrijft dat bij Eerbeek wateroverlast op het maaiveld en in kelders onder andere werd veroorzaakt door volgelopen infiltratiebuizen. Deze infiltratiebuizen worden gebruikt om water gecontroleerd in de bodem te laten infiltreren. Het doel ervan is om water op te slaan en langzaam af te geven aan het grondwater, waardoor wateroverlast en later droogte wordt verminderd. Echter wanneer infiltratiebuizen vol raken tijdens langdurige neerslag en hun maximale opslagcapaciteit is bereikt, kunnen ze geen extra water meer opnemen met als gevolg dat het water niet meer in de bodem geïnfilteerd wordt. Dit kan ook worden veroorzaakt door hoge grondwaterstanden waardoor de

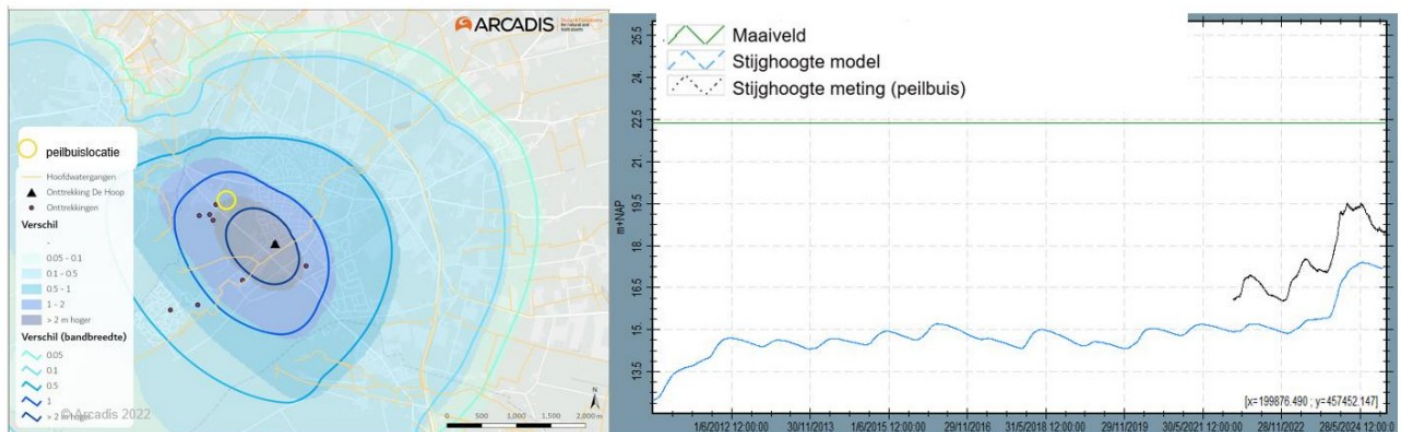
infiltratiebuizen vol raken. Beide kan leiden tot water dat zich verzamelt op het maaiveld of terugstromend water in gebouwen of kruipruimtes.

De herhalingsjijd van de neerslag die gevallen is in 2023-2024, is eens per 35 jaar bij Oldebroek, eens per 300 jaar bij Radio Kootwijk, en circa eens per 1.000 jaar bij Wageningen en Soest.

Samenvatting rapportage Eerbeek - analyse grondwaterstanden (zie [12] voor de volledige rapportage)

Deze studie heeft de combinatie van de neerslag en het uitschakelen van winning De Hoop onderzocht:

Met een hydrologisch model is het gecombineerde effect van de verminderde grondwaterwinning en de extreme neerslag inzichtelijk gemaakt. Op basis van het neerslagstation bij Eerbeek is er 1200 mm neerslag gemeten in 2024. Uit de modelstudie blijkt dat de extreme neerslag in 2024 op de rand van de Veluwe heeft geleid tot een extra stijging van 50 cm tot 1 meter. De vermindering van de grondwaterwinning De Hoop heeft geleid tot een verhoging van de grondwaterstand bij Eerbeek met circa 0,5 tot lokaal meer dan 2 meter¹ (2-9). Beide effecten hebben elkaar in 2024 versterkt, wat heeft geresulteerd in een aanzienlijk hogere grondwaterstand dan in voorgaande jaren.



2-9: Berekend stationair effect van uitschakeling winning De Hoop (links) en tijdreeks bij peilbuislocatie 33DM008001 (rechts) bij Eerbeek.

2.6 Analyse grondwatermetingen

Verschiede partijen (waterschap, gemeenten, terrein beherende organisaties en onttrekkers) monitoren de grondwaterstanden in peilbuizen. Zij hebben allemaal verschillende doeleinden en gebieden waarin zij monitoren. Door deze gegevens allemaal bij elkaar te halen ontstaat een beter beeld in tijd en ruimte van de grondwaterstanden.

2.6.1 Regionaal beeld

In de omgeving van Eerbeek zijn van 397 grondwatermeetpunten de tijdreeksen geanalyseerd, zie figuur 2-10. Deze meetreeksen beslaan niet allemaal dezelfde periode, maar zijn wel geschikt om een beeld te krijgen van de grondwaterstanden in tijd en ruimte. Op basis van de tijdreeksanalyse is na te gaan waar in een bovengemiddeld droge periode (2018/2019 op basis van KNMI-gegevens) de grondwaterstanden (relatief) het laagst waren en waar in een bovengemiddeld natte periode (winter 2023/2024) de grondwaterstanden (relatief) het hoogst waren. Op basis van verklarende variabelen (meteorologie, waterpeilen, onttrekkingen) is aan te geven of er een statistisch verband is tussen de grondwaterstand en deze omgevingsfactoren.

¹ De maximaal berekende verlaging is 5,8 meter op de locatie van de winlocatie zelf.

EERBEEK

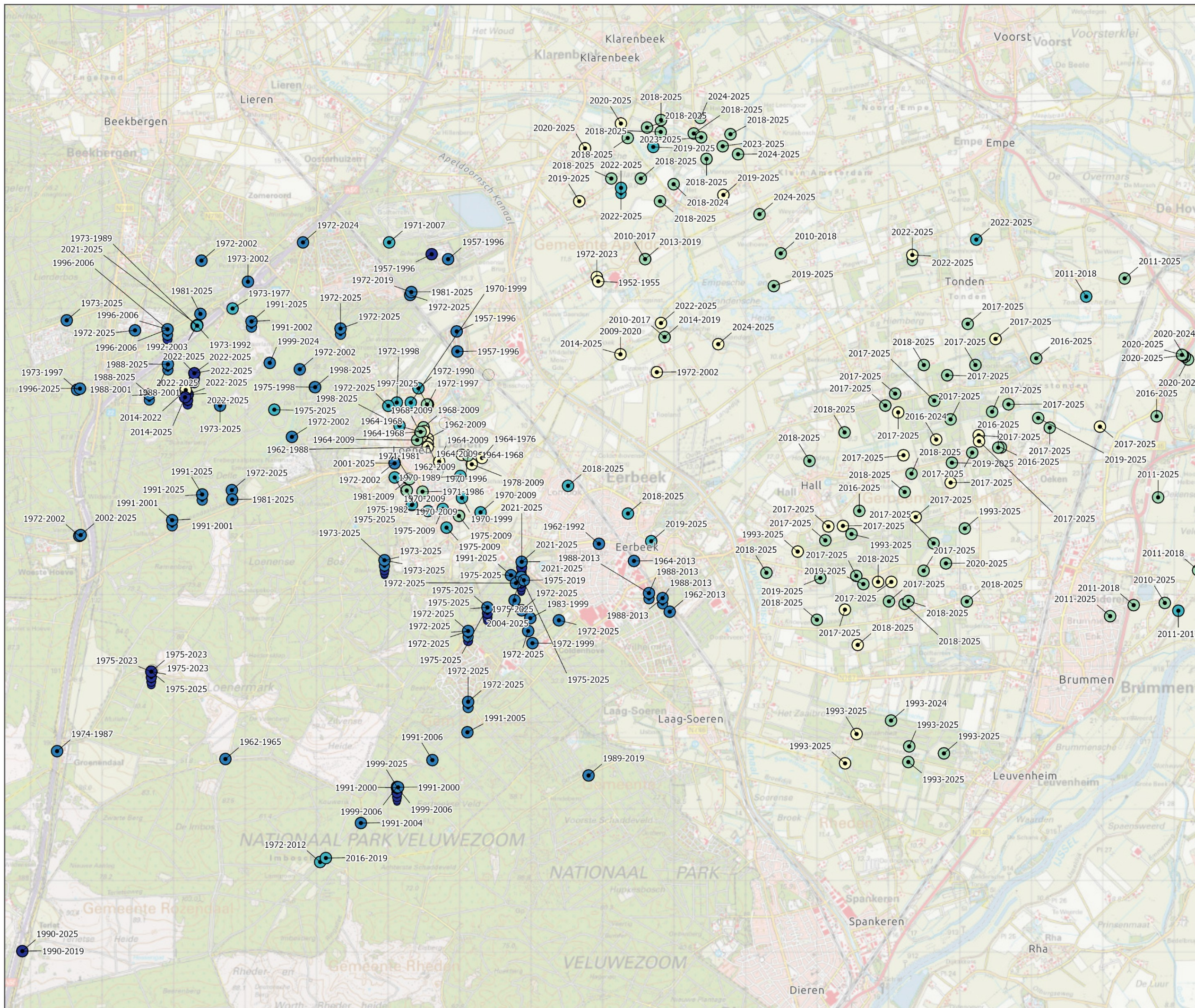
Onderkant peilbuis

m-mv

- < 3,0
- 3,0 - 5,0
- 5,0 - 10,0
- 10,0 - 50,0
- > 50,0

Filternummer

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6



ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

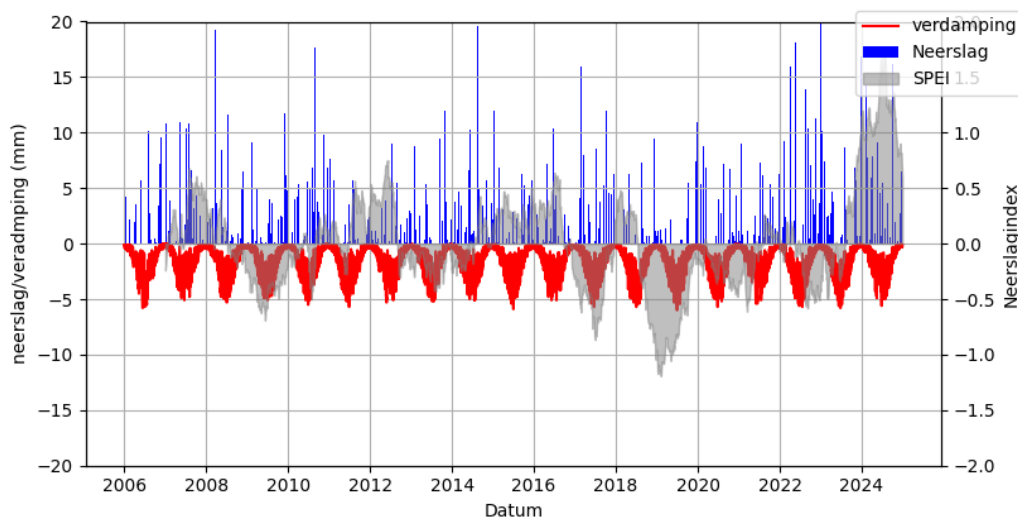
SCHAAL (A3): 1:50.000



Figuur 2-10 Kaart van de ligging, diepte en gemeten periode van peilbuizen. NB: meetreeksen uit Lizard (Vitens) zijn uitgelezen vanaf 1972, deze reeksen beginnen soms ook eerder.

De flanken van de stuwwal worden gekenmerkt door grote, langdurige fluctuaties in grondwaterstanden (paragraaf 2.3.2). In een “normaal” systeem is binnen het jaar een fluctuatie te zien tussen nat (gemiddeld hoogste grondwaterstand: GHG) en droog (gemiddeld laagste grondwaterstand: GLG), dat ieder jaar ongeveer dezelfde grondwaterstanden kent. In de Grondwaterfluctuatietoneel van de stuwwal is de grondwaterstand vooral een afspiegeling van de situatie van de voorgaande jaren, doordat het water dat geïnfiltreerd is op de Veluwe met een vertraging weer in de flanken uittreedt. Hierdoor treden verschillen in grondwaterstand niet zozeer op binnen een jaar, maar vooral tussen een bovengemiddeld nat jaar en een bovengemiddeld droog jaar.

Om te bepalen wat een bovengemiddeld droog of nat jaar is, hanteert het KNMI de SPEI (de neerslag-verdamping index) [13]. Hierbij wordt het afgelopen jaargemiddelde uitgezet tegen het langjarig gemiddelde, waarbij een hoge index een bovengemiddeld natte periode aangeeft en een erg negatieve index een bovengemiddeld droge periode aangeeft, zie Figuur 2-11.



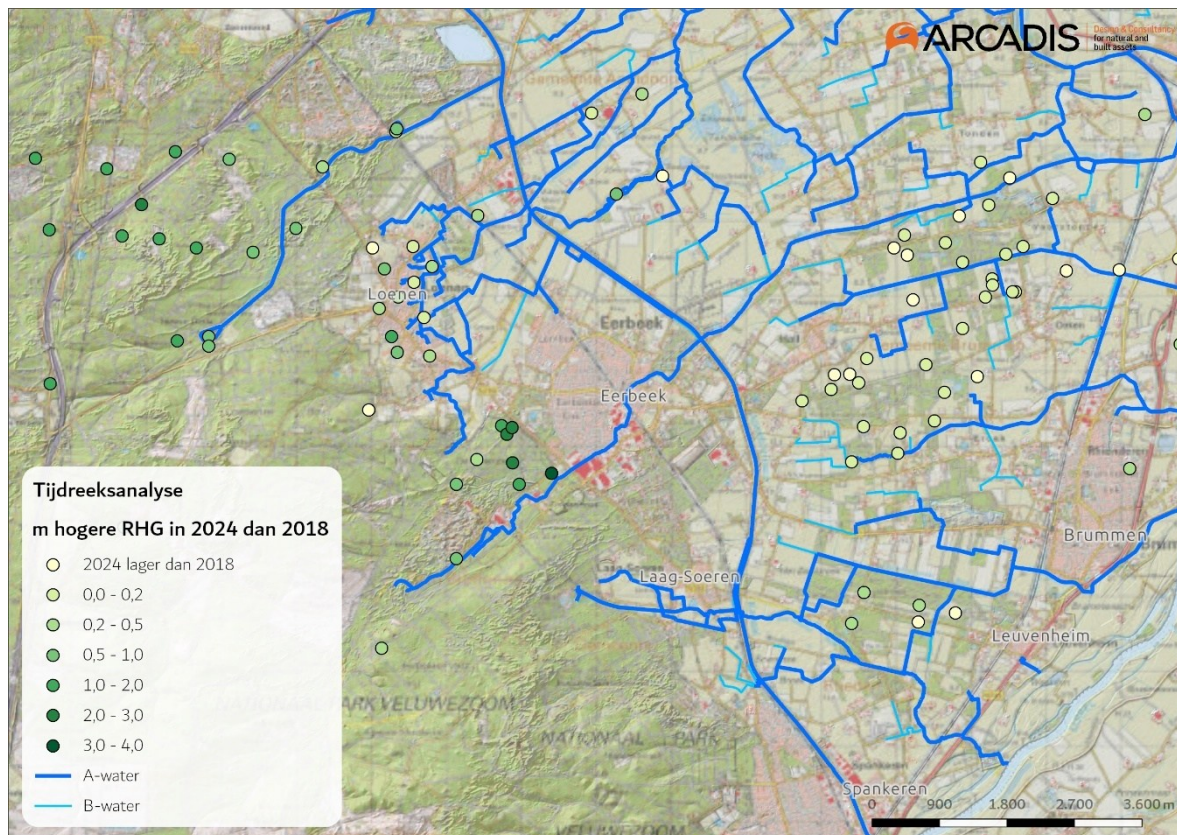
Figuur 2-11 Neerslag, verdamping en de neerslag-verdamping index (SPEI) in Eerbeek (gemaakt op basis van KNMI-gegevens).

Hieruit blijkt dat 2018/2019 en 2024 eruit springen als respectievelijk droog en nat jaar. Voor deze jaren zijn daarom RHG en RLG (representatieve hoogste en laagste grondwaterstand) bepaald. Om verschillen in meetfrequentie tussen peilbuizen te ondervangen zijn de tijdreeksen eerst geschaald naar 14-daagse metingen.

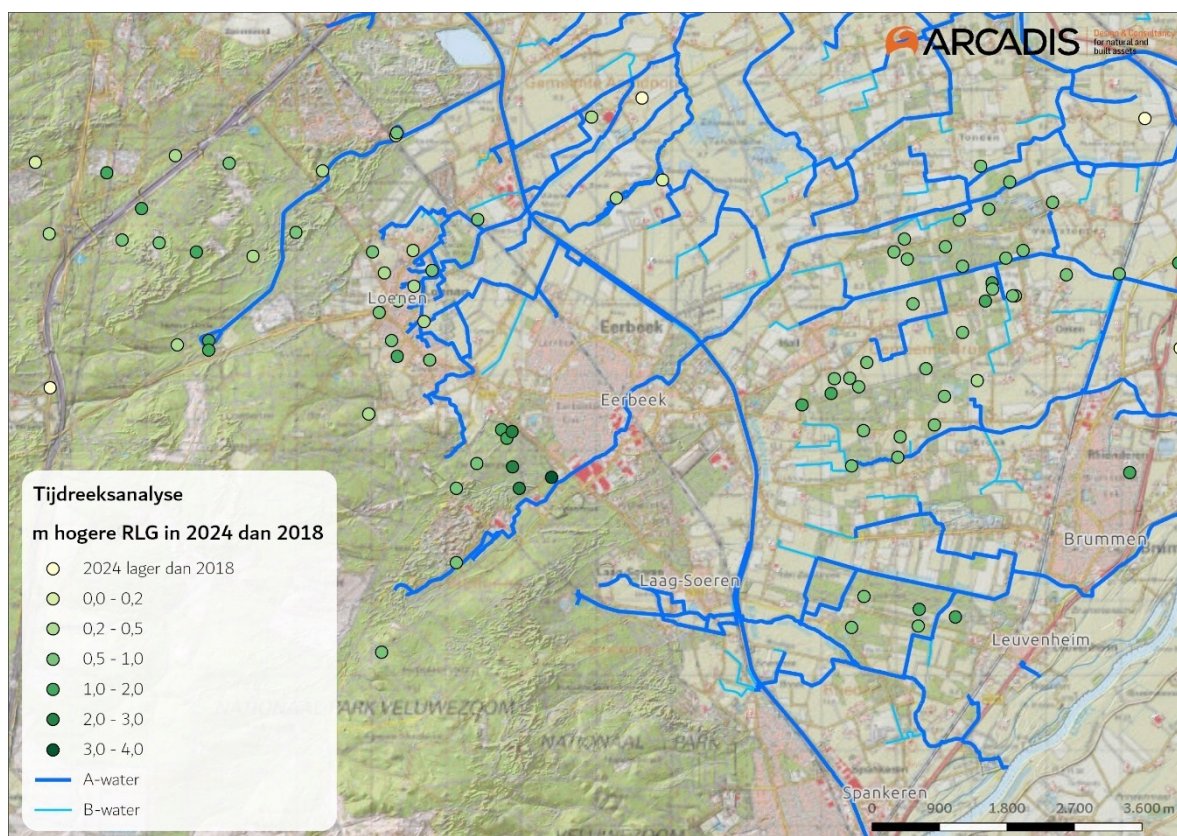
Bij het begin van het **droge** jaar 2018 waren de RHG's ongeveer aan maaiveld in de Landgoederen Brummen, omdat de voorafgaande winter een natte december en natte januari maand hadden [14], terwijl op de stuwwal de grondwaterstanden meerdere meters onder maaiveld lagen. De verschillen tussen RHG en RLG waren meer dan een meter in Brummen, terwijl verschillen tussen RHG en RLG op de stuwwal beperkt bleven tot ongeveer een halve meter. In het **natte** jaar 2024 waren de RHG's op de meeste plekken ten westen van het Apeldoorns Kanaal 1 m-mv tot meerdere meters onder maaiveld, terwijl ten oosten van het kanaal de RHG op veel plekken nabij maaiveld lag. De fluctuatie binnen het jaar was op de stuwwal veelal minder dan een halve meter, terwijl ten oosten van het kanaal de verschillen tussen RHG en RLG rond de 0,7-0,8 m lagen.

De verschillen tussen het droge en het natte jaar zijn in beeld gebracht in Figuur 2-12 en Figuur 2-13. Hierin is te zien dat in de directe nabijheid van De Hoop de grondwaterstanden ruim 3 meter hoger zijn in 2024 dan in 2018, en ook dat dit een groter verschil is dan op de alle andere plaatsen. Ruimtelijk zijn de verschillen in grondwaterstanden tussen 2018 en 2024 het grootst net ten westen van de N786 (Harderwijkerweg/Eerbeekseweg). Er zijn echter geen peilbuizen ten oosten en ten zuiden van De Hoop die zowel metingen in 2018 als 2024 hebben, waardoor een verband in andere richtingen niet te maken is.

Het verschil in geohydrologische deelgebieden ten oosten (Laagpakket van Twello) en ten westen (stuwwal) van het Apeldoorns Kanaal wordt uit deze vergelijking ook zichtbaar. Ten oosten van het kanaal is er geen verschil in RHG's tussen beide jaren en een meter verschil in RLG's tussen beide jaren. Ten westen van het kanaal is het verschil tussen RHG's vergelijkbaar met het verschil tussen de RLG's, hier is dus sprake van het traag reagerende grondwatersysteem.



Figuur 2-12 Verschil in RHG tussen het natte jaar 2024 en het droge jaar 2018.



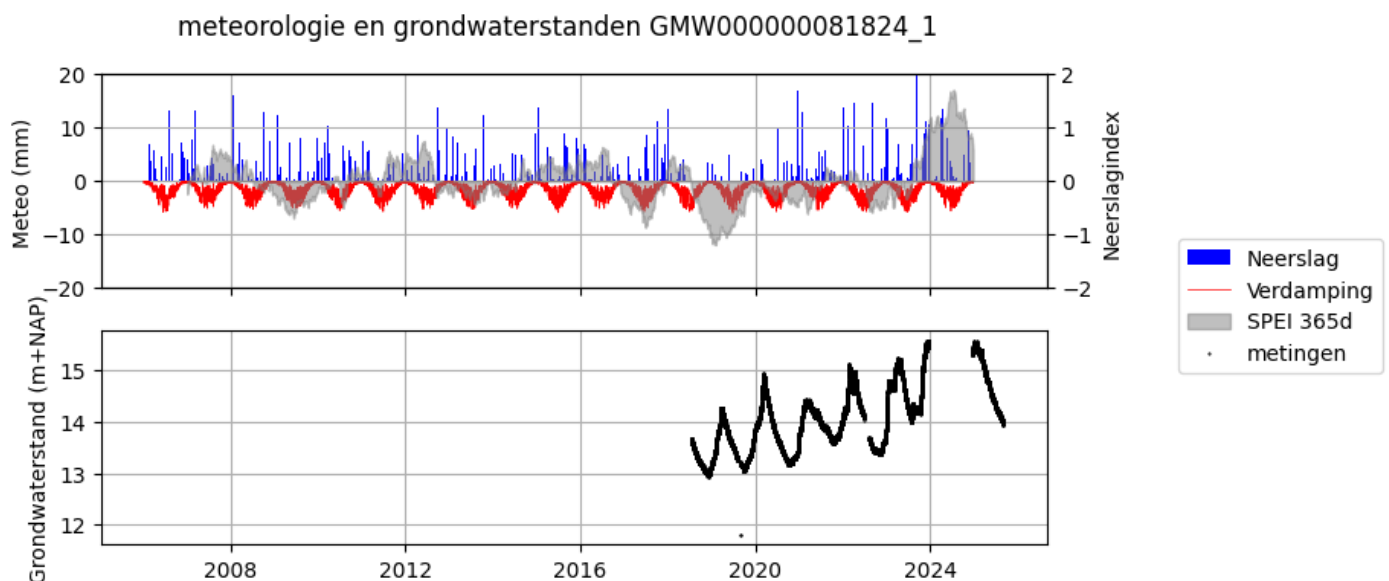
Figuur 2-13 Verschil in RLG tussen het natte jaar 2024 en het droge jaar 2018.

2.6.2 Lokaal beeld

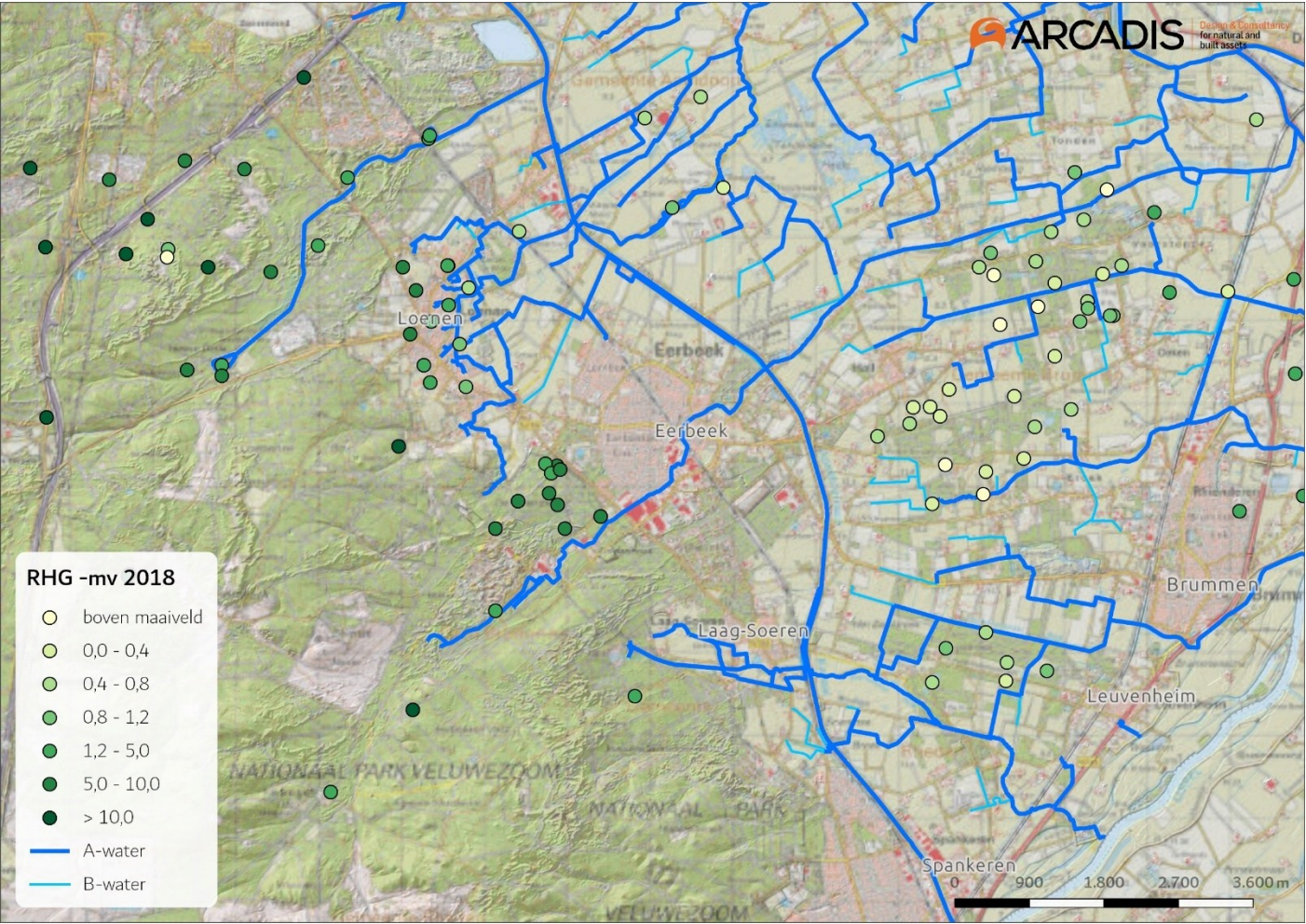
Naast het duidelijke verschil tussen geohydrologische hoofdsystemen zijn er op lokale schaal verschillen in geomorfologie die leiden tot hydrologische verschillen. Figuur 2-21 geeft een indicatie van welke deelsystemen er zijn. Op de flank van de stuwwal is het verschil direct te zien in de dichtheid van het oppervlaktewatersysteem.

Op de plaatsen waar (fijn lemig) dekzand is afgezet liggen de hoofdwatgangen (A- en B-watgangen). Deze 'kronkelen' om de dekzandkopjes heen om zo min mogelijk hoogteverschil te verliezen. In peilbuis B33D0256-001 zien we hier dat de grondwaterfluctuatie wel leidt tot uitzakken in droge jaren, maar in natte jaren de grondwaterstand wordt afgetopt door het oppervlaktewatersysteem. In de IJsselvallei (peilbuis GW000007_filter1) zakt het grondwater iedere zomer uit en wordt het iedere winter afgetopt door oppervlaktewater of maaiveld.

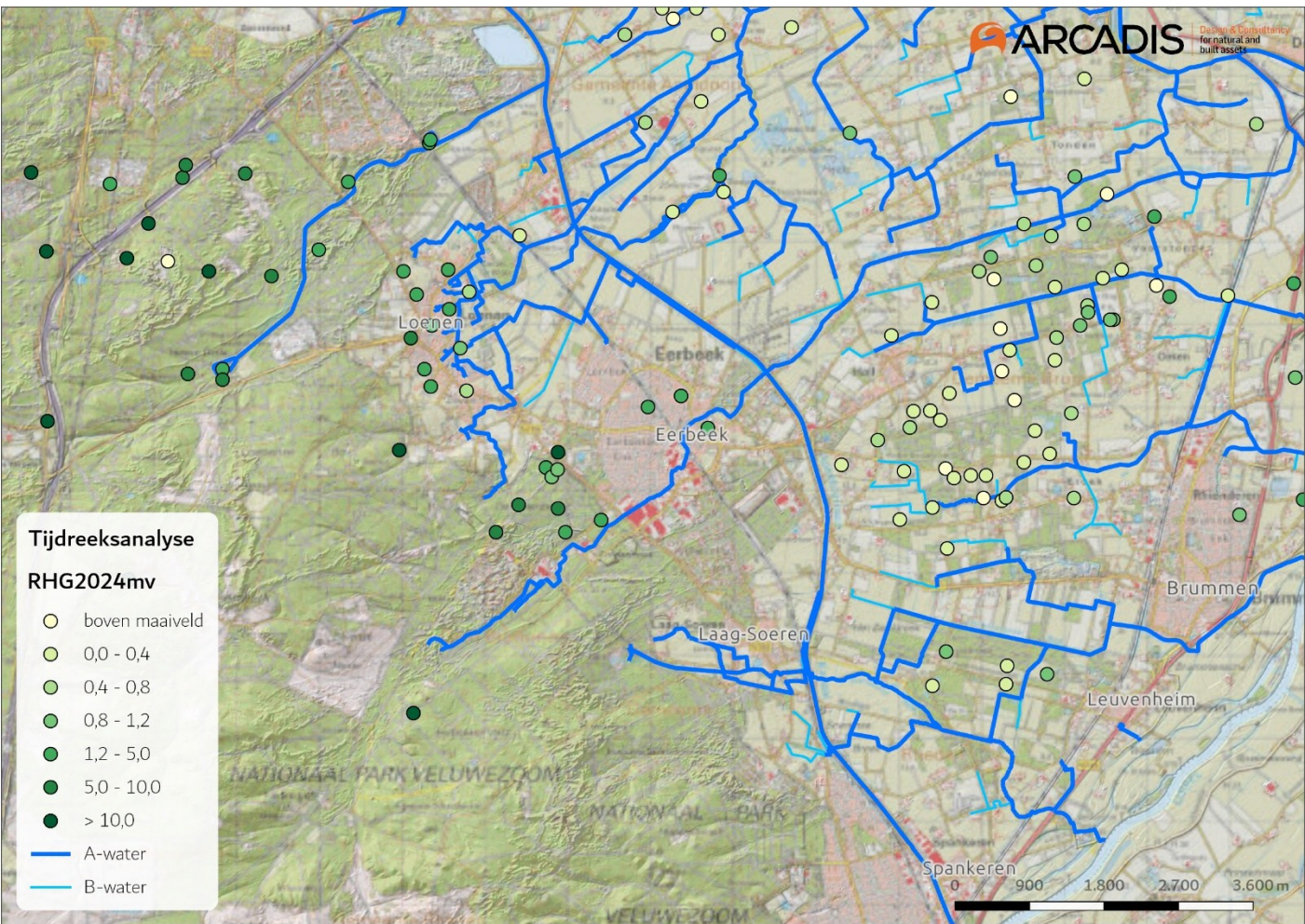
Waar grof zand en grind direct aan maaiveld komen, liggen geen watgangen zoals op de stuwwal of alleen rechte greppels en C-watgangen op de daluitspoelingswaaier. In de stuwwal is een sterke fluctuatie tussen langjarige perioden, zie peilbuis B33D0144-001. De daluitspoelingswaaiers zijn later ontgonnen omdat grof zand sneller uitdroogt en mineralogisch arm is, zodat er moeilijker gewassen zijn te telen [15]. Deze locaties liggen in de Grondwaterfluctuatiezone. Door de vlakkere ligging is hier een sterkere jaarlijkse cyclus in grondwaterstanden te merken dan op de stuwwal, maar worden de grondwaterstanden ook beïnvloed door de grondwaterstanden in de stuwwal. Dit is duidelijk te zien in tijdreeksen op de flanken (zie kaart Figuur 2-21), zoals een langjarige reeks (peilbuis B33G0232-001). Ook de metingen peilbuis GMW000000081824_1 lijken sterk samen te hangen met een trage factor (Figuur 2-14), maar blijkt uit de tijdreeksanalyse ook een correlatie te hebben met onttrekkingen in de omgeving.



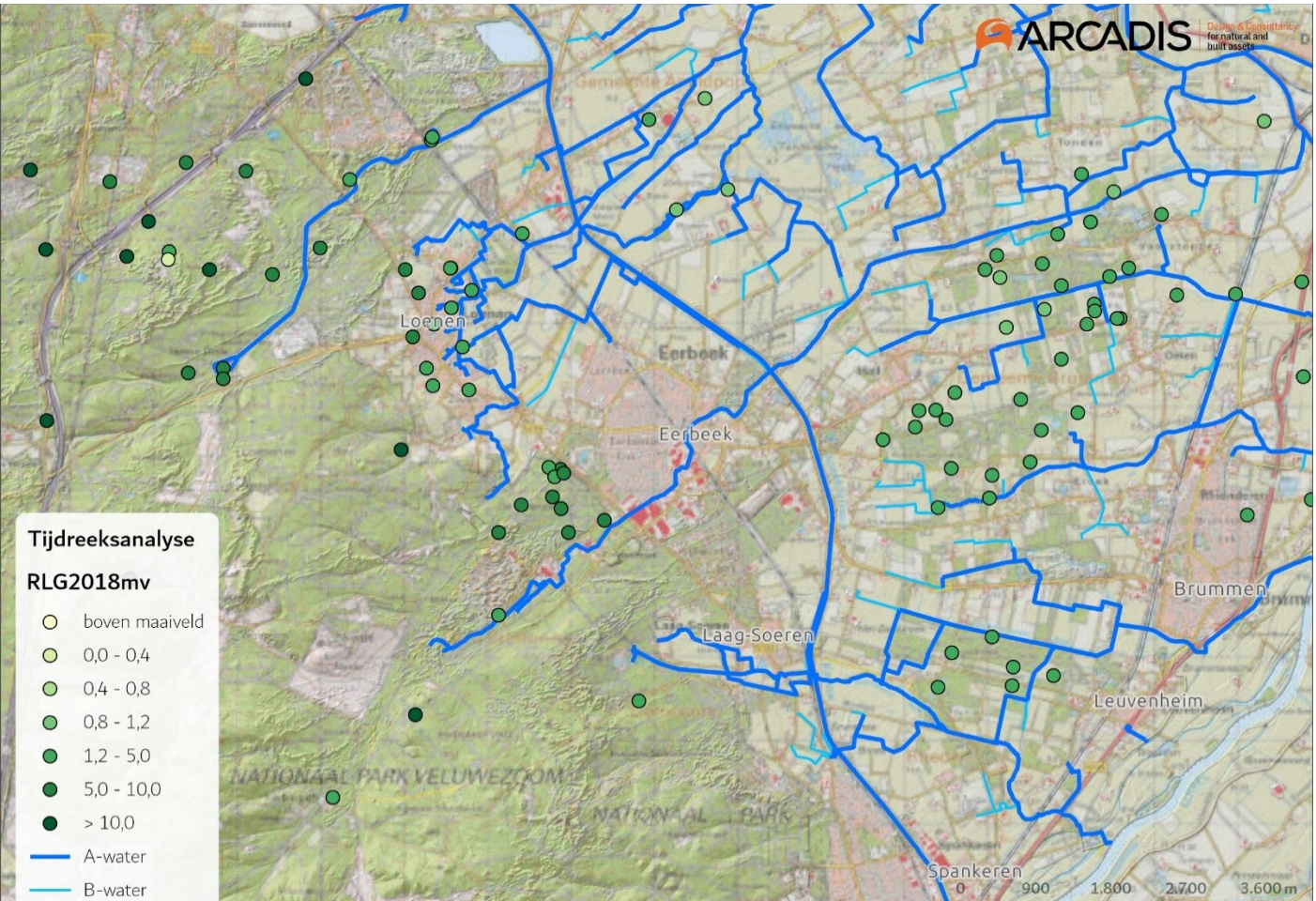
Figuur 2-14 Meteorologie en meteorologie-index langs de tijdreeks van peilbuis GMW000000081824_1.



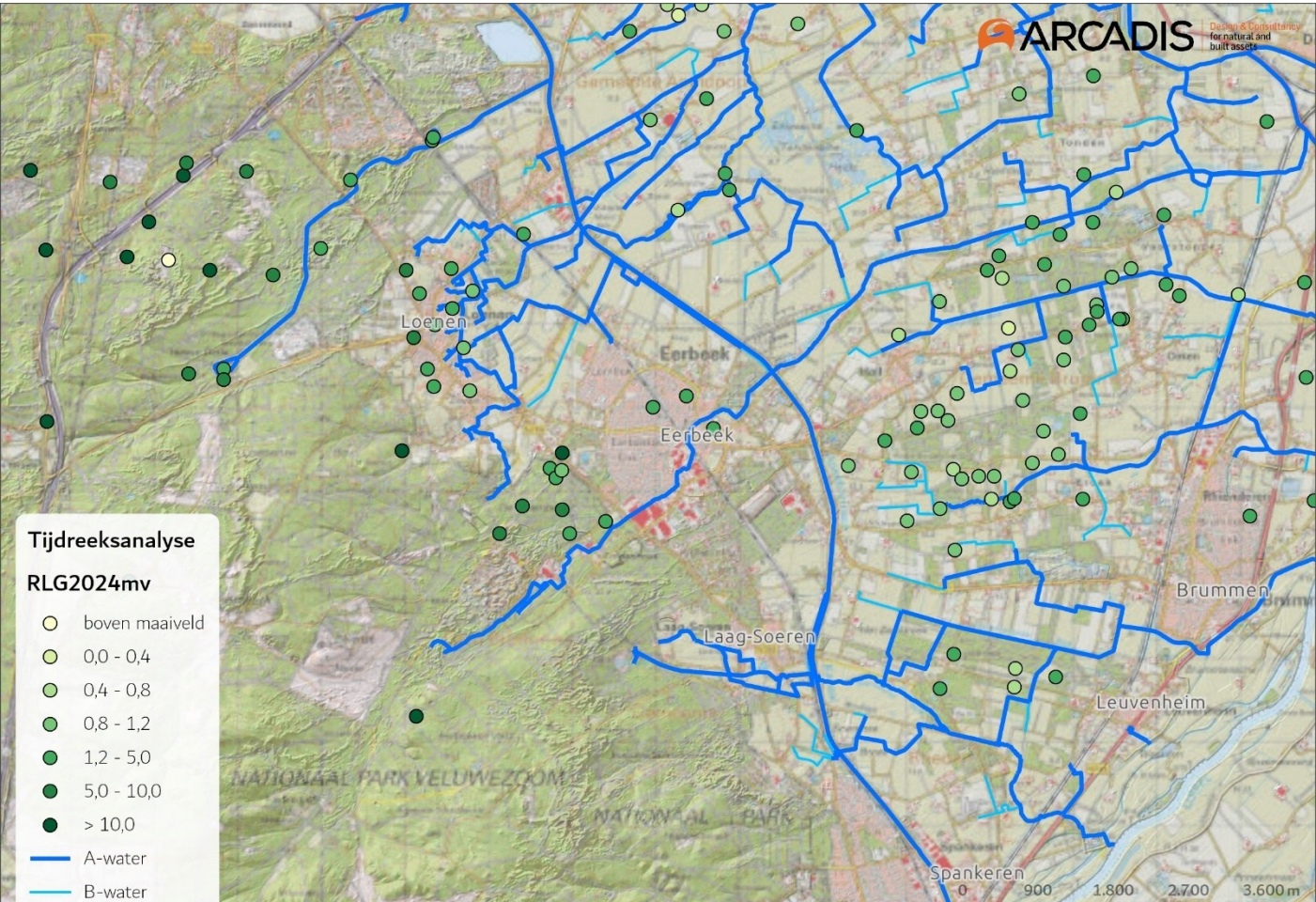
Figuur 2-15: Op tijdreeksen gebaseerde RHG ten opzichte van maaiveld voor het droge jaar 2018



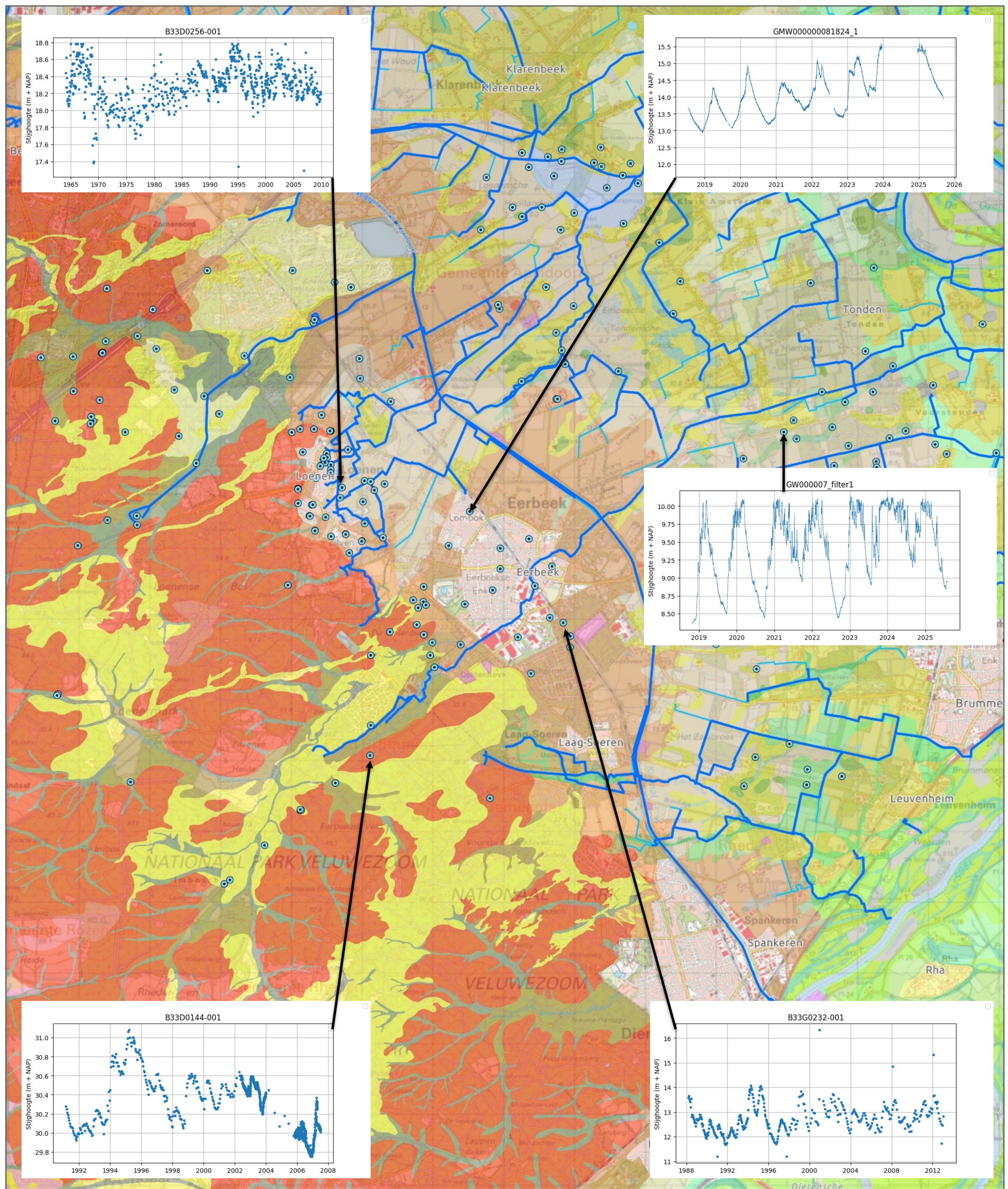
Figuur 2-18 Op tijdreeksen gebaseerde RHG ten opzichte van maaiveld voor het natte jaar 2024.



Figuur 2-17: Op tijdreeksen gebaseerde RLG ten opzichte van maaiveld voor het droge jaar 2018.



Figuur 2-19 Op tijdreeksen gebaseerde RHG ten opzichte van maaiveld voor het natte jaar 2024.



Peilbuis

- Peilbuis
- A-water
- B-water

Geomorfologische kaart

- Beekoverstromingsvlakte
- Beekdalbodembodem
- Complex van dekzandwelingen
- Daluitspoelingswaaier
- Dalvormige laagte
- Dekzandrug
- Dekzandvlakte
- Doorbraakwaaier
- Droogdal
- Glooiing van hellingafspoelingen
- Glooiing van sneeuwsmeltwaterafzettingen
- Groef
- Laagte ontstaan door afgraving
- Landduin
- Landduinen met bijbehorende vlakten en laagten
- Meanderruggen en -geulen
- Oeverwal
- Ontgonnen veenvlakte
- Overloop- of crevassegeul
- Plateau-achtige storthoop

Restgeul

- Rivier-erosielaagte
- Rivierduin
- Rivierkom- en oeverwalachtige vlakte
- Rivierkomvlakte
- Smeltwaterwaaier
- Storthopen met grind-
- Stroomrug of stroomgordel
- Stroomrugglooiing
- Stuifzandvlakte
- Stuwwal
- Stuwalglooiing
- Stuwwalplateau

Terrasrest-rug

- Terrasvlakte
- Trechtersvormig droogdal
- Uitblazingskom
- Vlakte ontstaan door afgraving en/of egaliseren
- Vlakte van fluviatiele doorbraakafzettingen
- Vlakte van rivierafzettingen
- Vlakte van sneeuwsmeltwaterafzettingen
- Vlakte van ten dele verspoelde dekzanden of löss
- Welingen in rivierafzettingen
- Welingen in sneeuwsmeltwaterafzettingen

EERBEEK WATERSYSTEEM



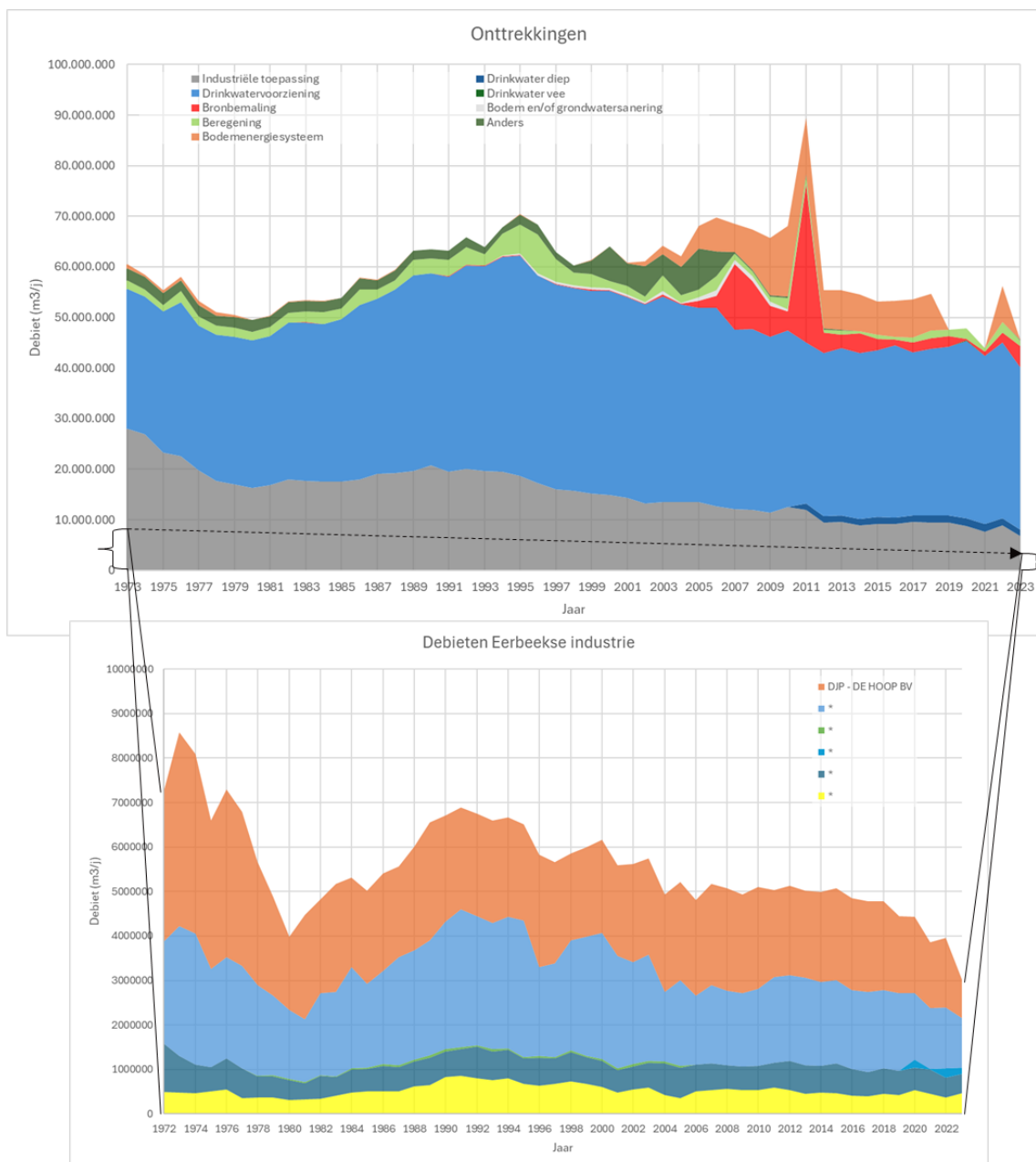
SCHAAL (A3): 1:50.000



Figuur 2-21 Geomorfologische kaart met oppervlaktewatersysteem en enkele representatieve grondwatertijdreeksen voor de lokale situatie.

2.6.3 Grondwateronttrekkingen

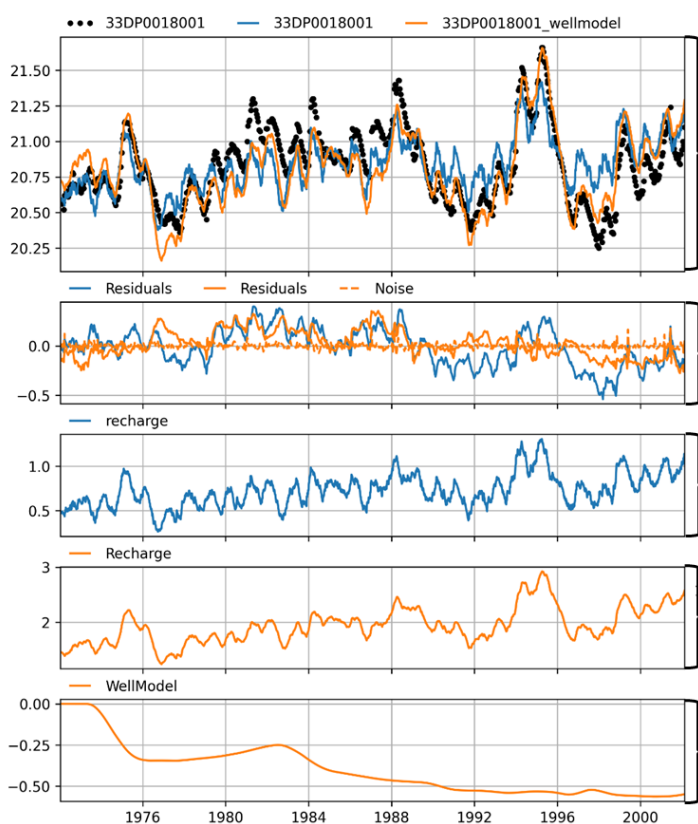
In het gebied tussen Arnhem, Apeldoorn en Zutphen (groter gebied dan enkel Loenen - Eerbeek) wordt voor verschillende doeleinden grondwater onttrokken, waarvan de geregistreerde hoeveelheden zijn weergegeven in Figuur 2-22. De uitsnede voor de omgeving Eerbeek staat onderin dit figuur. Hierin is te zien dat het debiet van geregistreerde grondwateronttrekkingen in de laatste jaren onder de 50 miljoen m³/j is uitgekomen, wat in de afgelopen 50 jaar niet eerder is voorgekomen. Het grootste aandeel hierin is het afnemende geregistreerde verbruik voor industriële toepassing, waaronder de sluiting van papierfabriek De Hoop in Eerbeek. Hiervoor is recent met een grondwatermodel [4] onderzoek gedaan naar het effect van de sluiting. In hetzelfde watervoerend pakket als de onttrekking van de Hoop is in 2011 de drinkwaterwinning verdiept (ca 1 miljoen m³/j, de post "Drinkwater diep" in Figuur 2-22), waardoor daar uit een dieper pakket wordt onttrokken en niet meer uit hetzelfde pakket als De Hoop. Door de onttrekking uit een dieper pakket dat door een weerstandlaag wordt afgedekt, werken de effecten van een diepere winning minder sterk door naar het freatische pakket (de grondwaterstanden die aan maaiveld te merken zijn). Het aandeel van De Hoop in de industriële onttrekkingen in Eerbeek was 35% de laatste 25 jaar, met gemiddeld 2 miljoen m³/j.



Figuur 2-22 Geregistreerde jaarlijkse onttrekkingshoeveelheden, met een uitvergroting naar de industrieën in Eerbeek.

2.6.4 Verband tussen onttrekkingen en grondwaterstanden

De in de omgeving aanwezige papierfabrieken en drinkwaterwinningen hebben de verplichting om jaarlijks het onttrokken debiet op te geven, zodat dit in een openbaar register opgenomen kan worden. De onttrekkingen ten westen van de IJssel tussen Apeldoorn en Arnhem (zie Figuur 2-22) zijn in dit onderzoek gebruikt. Hierdoor hebben wij de invloed van deze grondwateronttrekkingen statistisch kunnen koppelen aan grondwatermetingen in peilbuizen. Dit gebeurt aan de hand van parameter fitting met het python-package Pastas [16]. Hiervoor hebben wij per peilbuis de debieten van onttrekkingen als verklarende parameter opgegeven, waarbij op basis van kwadratische afwijking (least squares), statistisch wordt bepaald of en hoe groot de invloed van een onttrekking mogelijk is op de verklaarbaarheid van de waargenomen stijghoogte, zie Figuur 2-23 voor een visuele uitleg hoe reeksen uit elkaar gehaald worden. In Figuur 2-24 is weergegeven hoe voor iedere tijdreeks het aandeel onttrekkingen opgesplitst in een aandeel per onttrekking.



Tijdreeksen van

- Metingen (zwarte bol)
- Simulatie 1: meteorologie (blauwe lijn)
- Simulatie 2: meteorologie en onttrekkingen (oranje lijn)

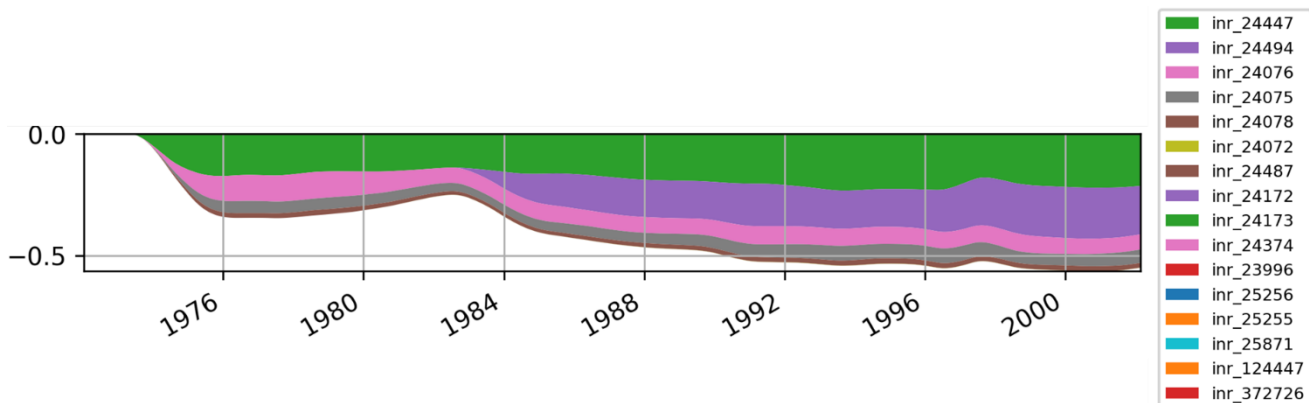
Ruis die overblijft als verschil tussen meting en simulatie (blauw = simulatie 1; oranje = simulatie 2)

Invloed van meteorologie op grondwaterstand in simulatie 1

Invloed van meteorologie op grondwaterstand in simulatie 2

Invloed van onttrekkingen op grondwaterstand in simulatie 2

Figuur 2-23 Voorbeeld van een uitgesplitste tijdreeks voor grondwaterstanden, waarbij er (naast een meteorologisch verband) een verband is tussen grondwaterstand en nabije onttrekkingen.

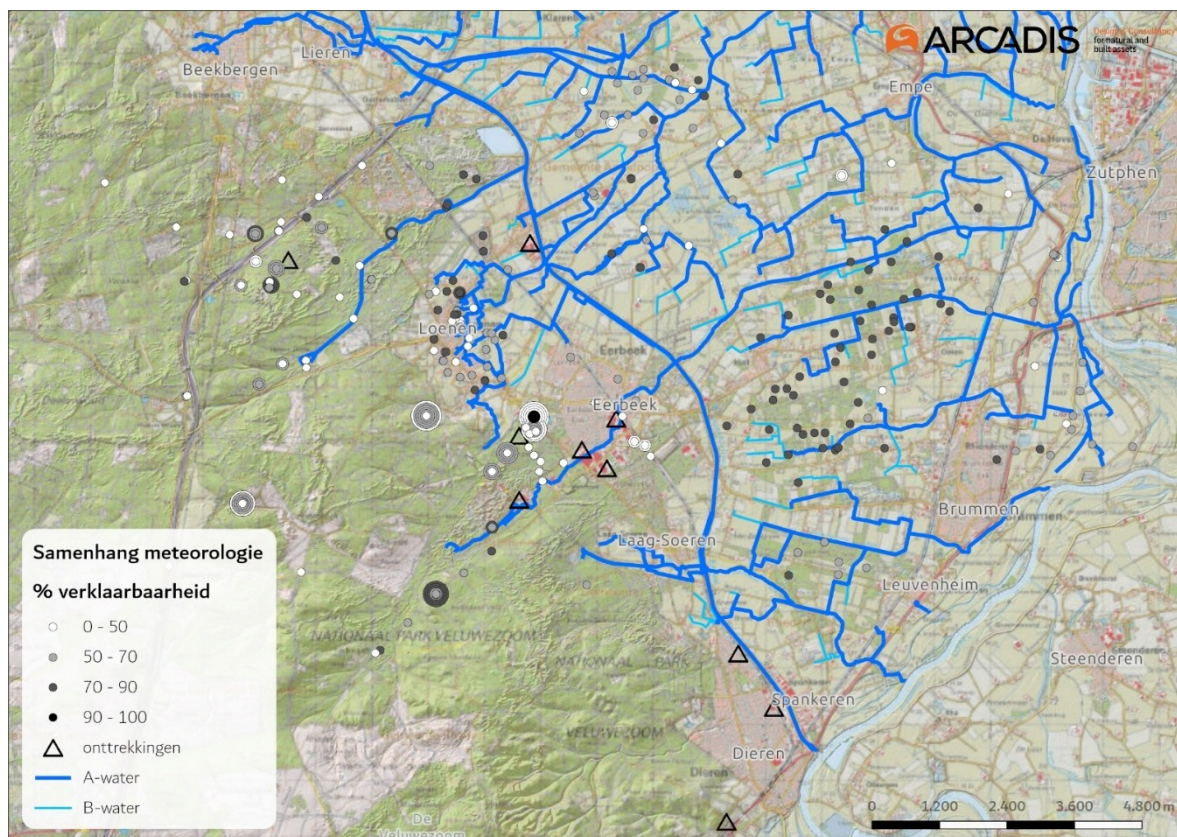


Figuur 2-24 De invloed van de winningen op basis van tijdreekscorrelatie, uitgesplitst per winning, waaraan te zien is dat de onttrekkingsdebieten van een drietal winningen op deze locatie sterker correleren met de gemeten tijdreeks dan de andere winningen.

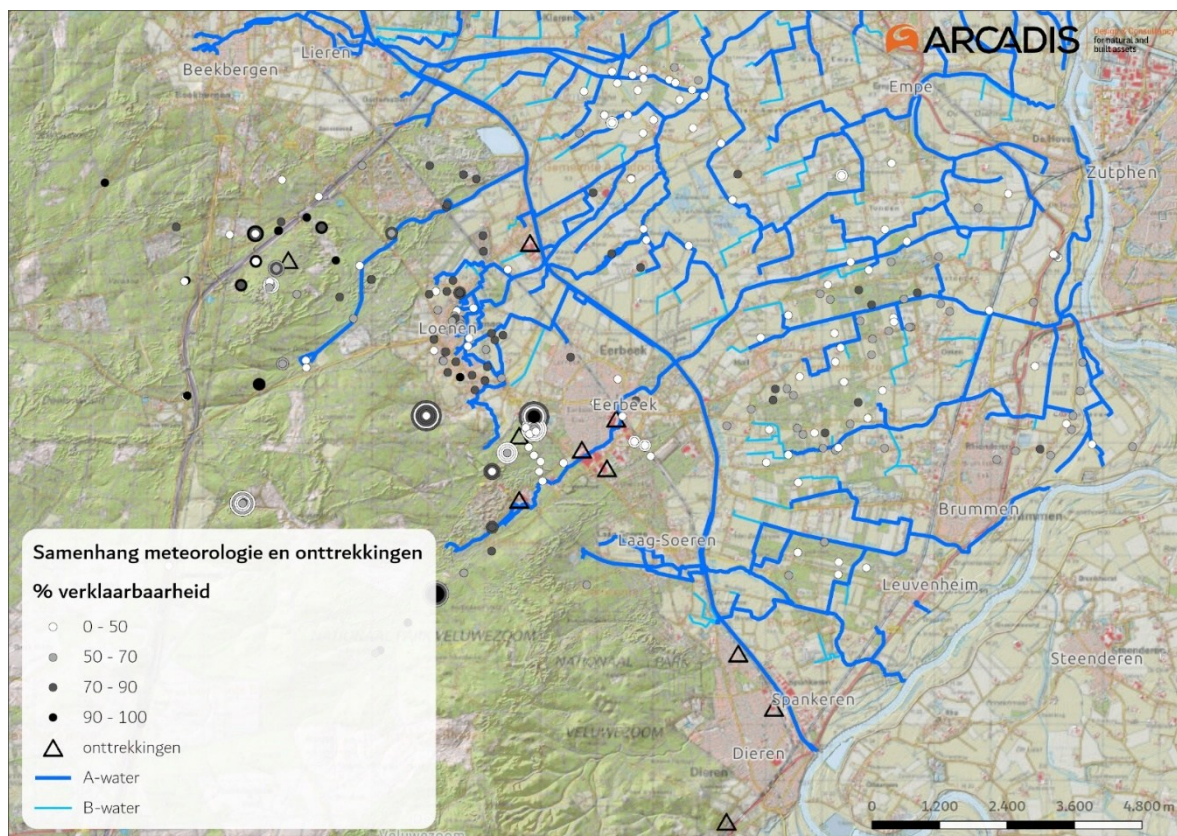
Het verschil in verklaarbaarheid tussen een model met onttrekkingen en een model zonder onttrekkingen is weergegeven in Figuur 2-25. Hierin vertonen de lichtgekleurde meetlocaties geen statistisch verband met de onttrekkingsvariabelen, terwijl de donkergekleurde meetlocaties een duidelijke samenhang vertonen met onttrokken debieten in de nabijheid van het grondwatermeetpunt. De invloed van onttrekkingen op de gemeten grondwaterstanden komt met name voor ten westen van het Apeldoorns Kanaal, dit hangt samen met de zone waar grofzandige en grindige afzettingen voorkomen omdat het geomorfologisch gezien stuwwallen of uitspoelingswaaiers zijn, waar weinig oppervlaktewateren liggen.

Op de stuwwal zijn ook locaties waar zeer lokaal geen samenhang lijkt te zijn met onttrekkingen, te midden van locaties waar dat verband er wel is. Hierbij zijn er verschillende dieptes waarop gemeten is, waarbij een deel van de filterdieptes wel verband laten zien en een deel niet, waarschijnlijk wordt hier aan twee zijden van een scheidende laag (een kleischot) gemeten. Daarnaast zijn er reeksen gemeten op momenten dat er geen (grote) veranderingen in debieten waren, waardoor het verband met een onttrekking moeilijk is aan te tonen.

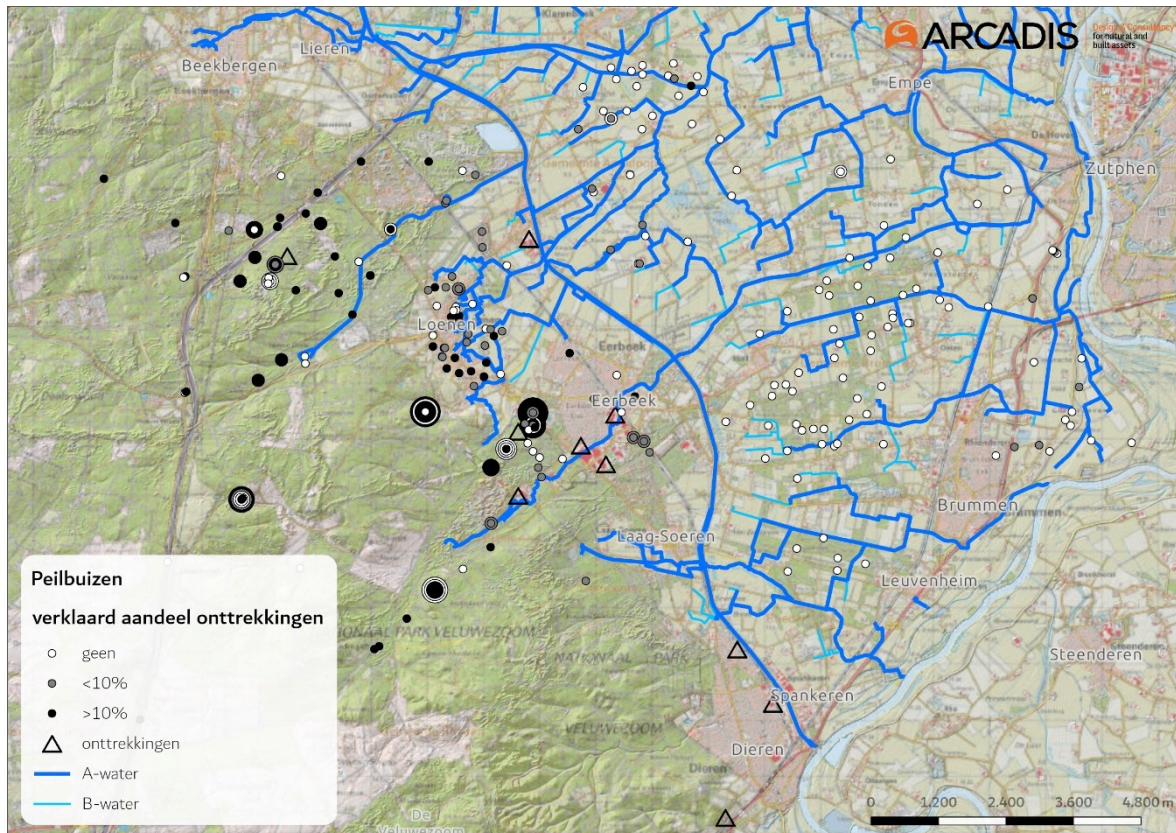
Ten oosten van Brummen lijken enkele punten enige samenhang te vertonen met de onttrekkingen, maar dat is onwaarschijnlijk, omdat dan ook effecten in het tussenliggende gebied zouden moeten zijn. Waarschijnlijk is hier samenhang met de waterstand op de IJssel en is de statistische correlatie met de winningen onterecht.



Figuur 2-25 Verklaarbaarheid van de tijdreeksen aan de hand van meteorologie. Grotere cirkels geven diepere filters aan op locaties waar op meerdere dieptes wordt gemeten



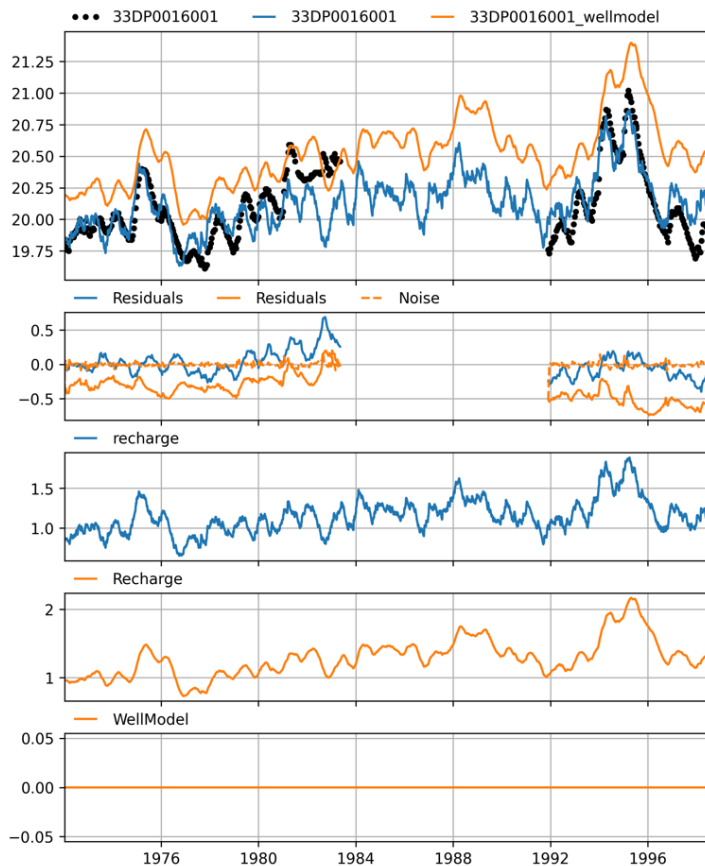
Figuur 2-26 Verklaarbaarheid van de tijdreeksen aan de hand van meteorologie en onttrekkingen. Grotere cirkels geven diepere filters aan op locaties waar op meerdere dieptes wordt gemeten.



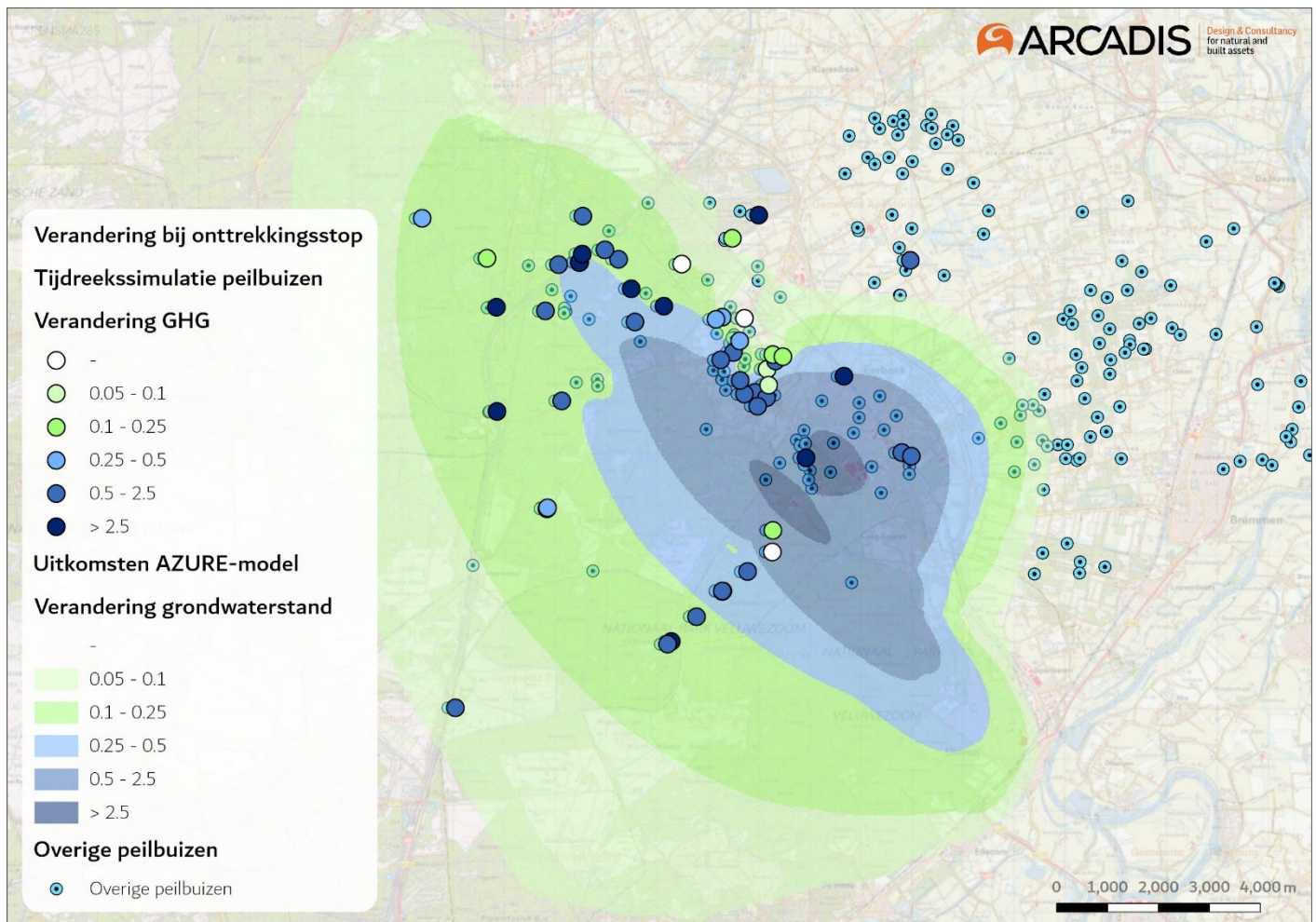
Figuur 2-27 Kaart van de onttrekkingen en verschil in tijdreeksverklaarbaarheid met en zonder onttrekkingen als variabele. Grotere cirkels geven diepere filters aan op locaties waar op meerdere dieptes wordt gemeten.

Voor de locaties waar de tijdreeksen een duidelijk statistisch verband laten zien met de geregistreerde onttrekkingshoeveelheden (eis = verklaarbaarheid met onttrekkingen >70%; verklaarbaarheid met onttrekkingen > 5% hoger dan zonder onttrekkingen) is op basis van de tijdreeksanalyse een inschatting gemaakt van de effecten van het stoppen van alle onttrekkingen. Hiervoor is met het opgestelde tijdreeksmodel met onttrekkingen een simulatie gedaan waarbij alle onttrekkingshoeveelheden op 0 zijn gezet, zie Figuur 2-28. In de praktijk zal de stijging van het grondwater op enig moment worden belet door afvoer via het oppervlaktewatersysteem of maaiveld, wat niet in deze statistische modellen zit, omdat die zijn getraind op de situatie waarbij de grondwaterstanden veelal dieper onder maaiveld liggen. In het fysisch gebaseerde AZURE-model wordt de oppervlakte(water)afvoer en verdamping vanuit de onverzadigde zone beter gesimuleerd, maar ontbreekt soms inzicht in de lokale ondergrondopbouw. Het statistische tijdreeksmodel en het fysisch gebaseerde AZURE-model zijn vergeleken in Figuur 2-29, waarbij wordt gekeken naar het verschil in GHG of gemiddelde grondwaterstand bij het uitschakelen van winningen. Hierin is te zien dat het grondwatermodel en het tijdreeksmodel redelijk overeenkomen. Beide modellen bevatten andere onzekerheden, dus wijken op verschillende locaties iets van elkaar af. Zo is het effect volgens het tijdreeksmodel groter verder naar het westen de Veluwe op, en verder naar het noorden (richting Apeldoorn). Bij Loenen komen de modellen redelijk goed overeen waarbij het tijdreeksmodel een iets groter effect laat zien. De tijdreeksmodellen laten ook wat onlogische effecten zien; een locatie met nauwelijks tot geen effect dicht bij de winningen, of afwisselend veel en weinig effect dicht bij elkaar. De verwachting is dat het grondwatermodel een betrouwbaarder beeld geeft doordat hierin fysische processen zijn meegenomen in plaats van enkel statistische relaties.

Het globale beeld van het effectgebied is bij beide modellen gelijk.



Figuur 2-28 Voorbeeld van tijdreeksberekening met onttrekkingsmodel waarbij de onttrekkingen op nul zijn gezet. De bovenste figuur laat de metingen zien in het zwart, het tijdreeksmodel op basis van neerslag en verdamping in blauw, en het tijdreeksmodel op basis van neerslag, verdamping en onttrekkingen, waarbij nu de onttrekkingen zijn uitgeschakeld, in het oranje (zie ook Figuur).

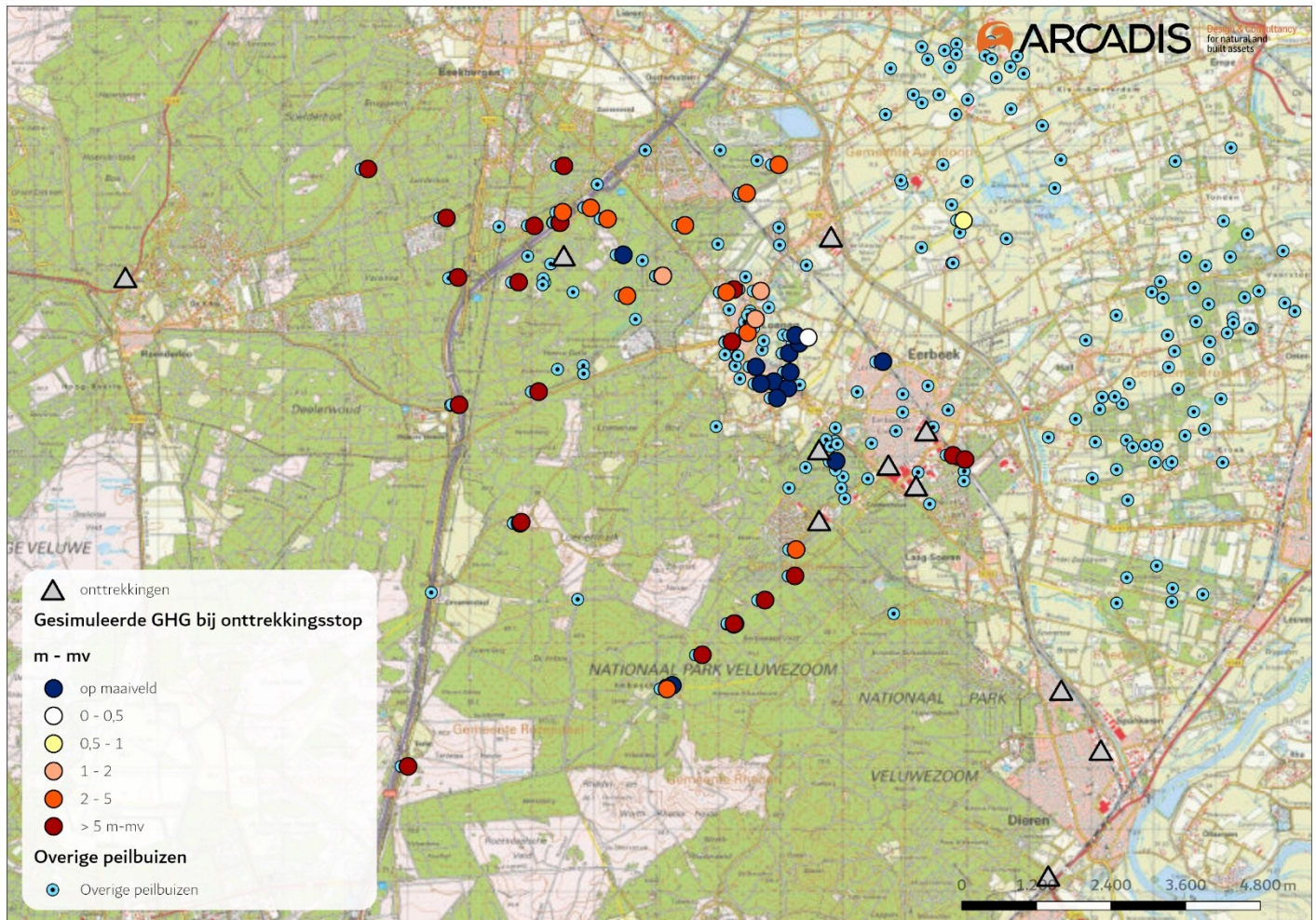


Figuur 2-29 Vergelijking tussen statistisch model (tijdreeksen) en fysisch gebaseerd model (AZURE) voor een situatie waarbij alle grondwateronttrekkingen gestopt zouden worden. Voor het statistisch model is gekeken naar de verandering op de GHG, met het fysisch model is een stationaire berekening gedaan en wordt gekeken naar de gemiddelde grondwaterstand.

Een stijging van grondwaterstanden leidt niet automatisch tot grondwaterproblematiek. Wanneer de grondwaterstanden stijgen tot (nabij) maaiveld terwijl dat in het recente verleden niet zo is geweest, kan dit tot overlast zorgen in het watersysteem of de landgebruiksfuncties op die plaatsen. In Figuur 2-30 is te zien dat het stoppen van alle onttrekkingen volgens de tijdreeksmodellen met name in het vlakke gebied tussen de Eerbeekse Beek en de Horstweg in Loenen zorgt voor grondwaterstanden nabij maaiveld (waarbij geen rekening wordt gehouden met drainage door oppervlaktewater). Ook de grondwaterstanden ten noorden en ten zuiden van deze laagte stijgen, maar doordat het maaiveld hoger ligt, is de ontwateringsdiepte nog steeds ruim onder maaiveld, waardoor er minder invloed is op het oppervlaktewatersysteem en landgebruik in deze zones.

De zone waar volgens de tijdreeksanalyse de grondwaterstanden aan maaiveld kunnen komen valt samen met de gebieden die voor de tweede helft van de negentiende eeuw als heide (op de bodemkaart herkenbaar als podzolbodems) en weiland (herkenbaar op de bodemkaart als gooreerdgronden) in gebruik waren, tussen de bouwlanden van de Eerbeekse Enk en Loenense Enk [17]. Tussen de weilanden lagen altijd al greppels of sloten, en dit deel is nu ook nog voorzien van veel watergangen. De heide had een grens ter plaatse van de Oude Beek, die tegenwoordig slechts ten dele nog bestaat als C-watergang. Waarschijnlijk lag daar 200 jaar geleden al een watergang, de overige watergangen zijn aangelegd bij of na de markeverdeling van 1847 [18]. De Oude Beek is in de legger van 1993 nog aangemerkt als A-watergang [19], maar tegenwoordig is deze watergang deels gedempt en deels aangemerkt als C-watergang [20]. Afgaande op luchtfoto's [21] is de Oude Beek deels meer dan 20 jaar geleden gedempt, deels in 2017/2018.

Een vergelijkbare zone is aanwezig tussen Eerbeek en Laag-Soeren. Dit gebied heeft dezelfde kenmerken als het gebied tussen de Eerbeekse Enk en Loenense Enk, maar hier zijn geen peilbuizen aanwezig.



Figuur 2-30 GHG ten opzichte van maaiveld volgens het tijdreeksmodel voor peilbuizen waar de grondwaterstanden stijgen wanneer alle onttrekkingen zouden stoppen.

2.7 Beheer en onderhoud oppervlaktewater

Momenteel lopen er verschillende onderzoeken naar de staat van beheer en onderhoud van de watergangen. De onderzoeken worden uitgevoerd door het waterschap, de provincie en de gemeente. De resultaten van deze onderzoeken zijn nu nog niet beschikbaar. Daarom geven wij op basis van de beschikbare gegevens – waaronder recente en historische leggerkaarten en een overzicht van reeds genomen maatregelen – een overzicht van de aanwezige watergangen en het vroegere watersysteem. Daarnaast beschrijven wij kwalitatief de verwachte impact van beheer en onderhoud op het functioneren van het oppervlaktewatersysteem.

Zie ook de toelichting bij Figuur 2-36.

2.7.1 Overzicht van de aanwezige watergangen

Figuur 2-31 laat het oppervlaktewatersysteem zien. De Eerbeekse Beek heeft haar oorsprong als de Coldenhovense Beek in het landgoed Grootmoeshul. Vanaf hier stroomt de beek, aanvankelijk als A-watergang, langs park Coldenhove. Vervolgens wordt de beek samengevoegd met de Huiskamperspreng, waar een vaste dam aanwezig is. Na deze samenvoeging stroomt het water via een duiker met een diameter van circa 800 mm in de richting van zwembad Coldenhove.

Daarna passeert de beek, opnieuw via een duiker, een bedrijventerrein en komt samen met de C-watergangen Gravinnebeek en Molenbeek. Vanaf dit punt wordt de watergang aangeduid als de Eerbeekse Beek. De beek vervolgt haar weg onder meerdere papierfabrieken door en stroomt vervolgens verder door het dorp Eerbeek. Binnen Eerbeek

zijn diverse stuwen en duikers aanwezig. Ter hoogte van Huis te Eerbeek bevinden zich enkele grotere vijvers. Na dit deel van het traject stroomt de beek met behulp van een sifon onder het Apeldoorns Kanaal door. De invloed van de onttrekkingen heeft ook effect op de Zilvense Beek en andere beken en watergangen bij Loenen. De Zilvense Beek begint als de Steenputtense Spreng. De Zilvense Beek loopt langs een aantal duikers waarna het zicht samenvoegt met de Bergakkersloot en de Loenense Molenbeek. Vandaar stroomt het water onder de Eerbeekseweg door, waar er beken en watergangen vanuit landbouwpercelen bij komen en vervolgens verder afstromen naar Loenen.



Figuur 2-31: Watergangen (A-B-C) voor een deel van het gebied (bron: legger waterschap V&V)

In het gebied liggen veel C-watergangen. Een deel van deze watergangen is niet aangesloten op andere watergangen (zie hetzelfde figuur), deze zorgen dus niet voor afvoer. Watergangen die wel aansluiten op andere C, B en/of A-watergangen dragen wel bij aan de afvoer van water uit het gebied. Watergangen voeren het grondwater af als dat hoger staat dan het waterpeil in de watergang, met uitzondering van de Eerbeekse beek (deze is opgelegd in een lemen constructie, waardoor er geen uitwisseling is met grondwater). Bij andere watergangen worden hoge grondwaterstanden dus afgevoerd, waarbij de afvoer afhankelijk is van hoe makkelijk water door de watergang kan stromen (zie paragraaf 2.7.3). De invloed van watergangen op de grondwaterstanden is het sterkst direct bij de watergang, en neemt af verder van de watergang af.

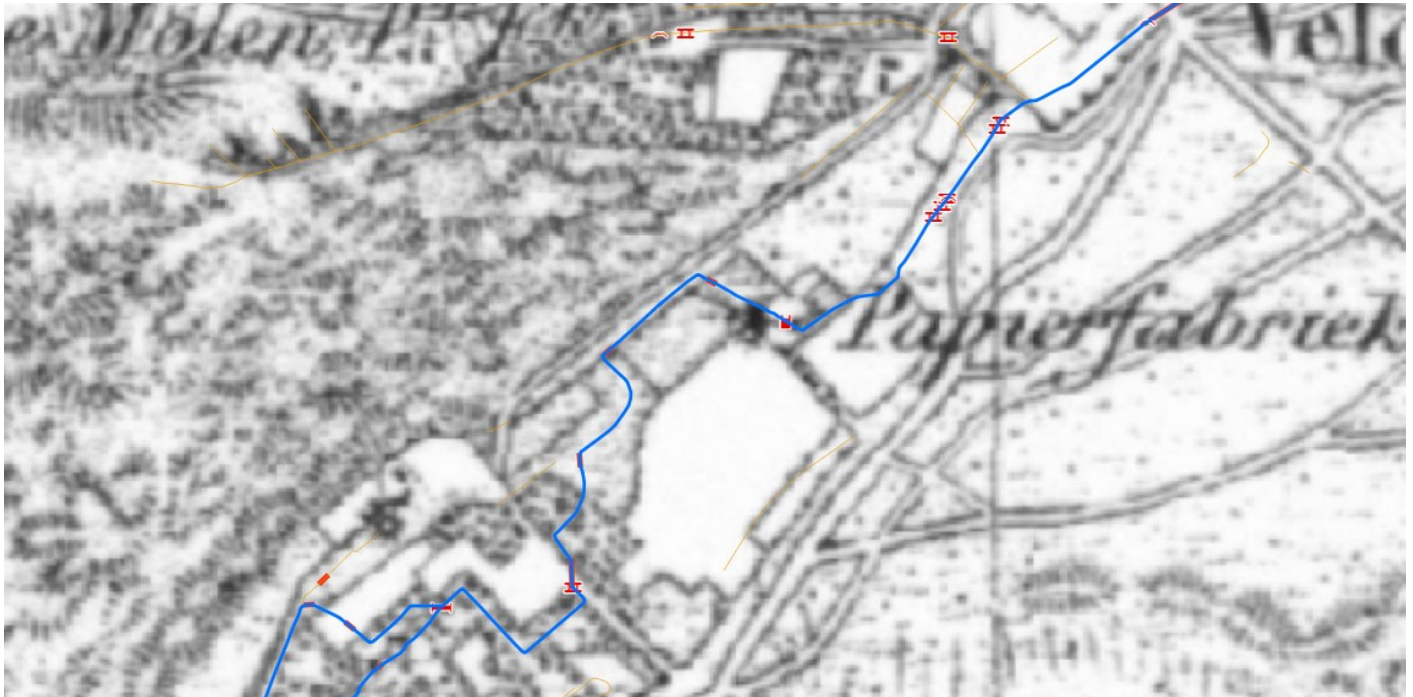
2.7.2 Watersysteem van vroeger

De oudste beschikbare kaart uit Topotijdreis dateert uit 1850. Vergeleken met de huidige legger van de watergangen zijn er enkele verschillen zichtbaar, met name in de loop van het water bij de papierfabrieken in Eerbeek en bij Coldenhoven. Verder vertoont het watersysteem weinig afwijkingen; ook de sprengen zijn al in 1850 in het landschap aanwezig. Vanaf 2011 krijgt het watersysteem duidelijk zijn huidige vorm. De aanpassingen door de tijd heen lijken relatief beperkt, waardoor het niet aannemelijk is dat het systeem in het verleden robuuster was dan nu. Hierbij wordt

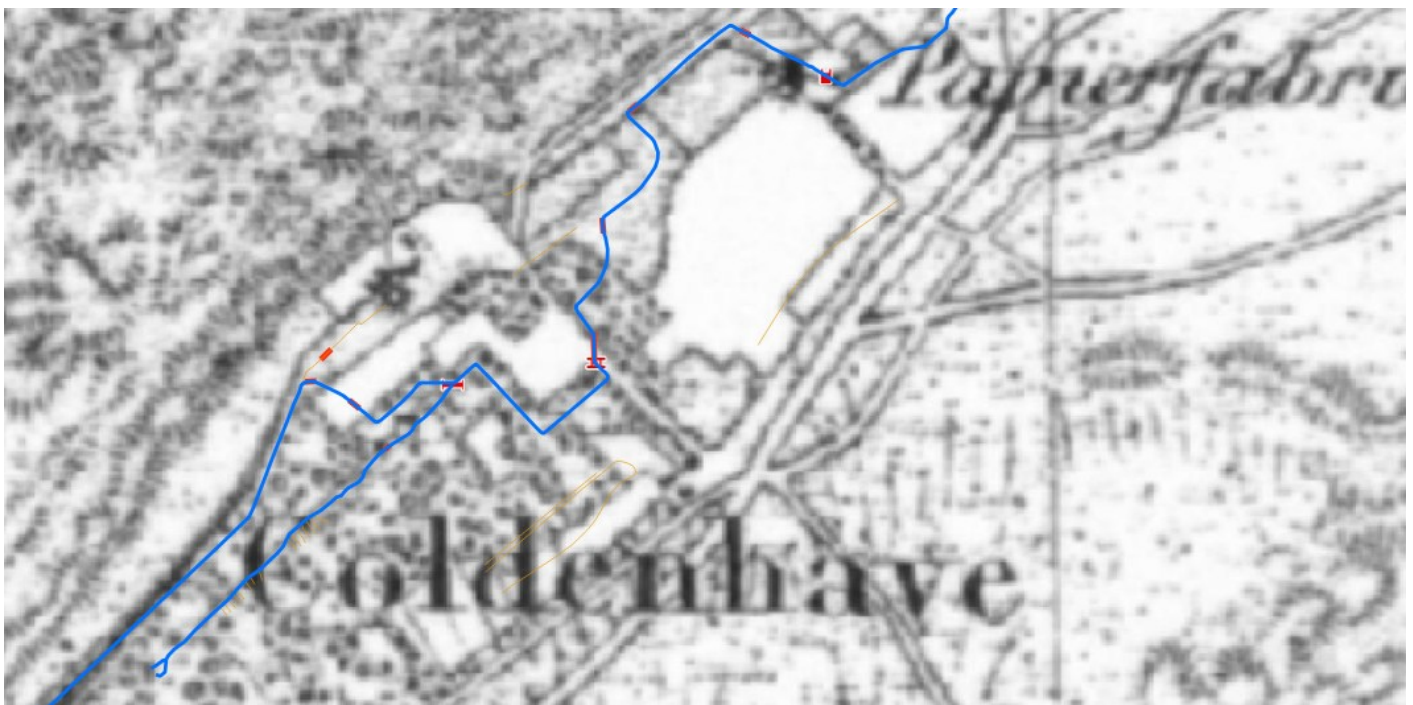
wel aangenomen dat alle greppels van vroeger zichtbaar zijn op de kaarten. Ook Zilvense beek lijkt sinds 1850 niet aangepast. De sprengen zijn in Figuur 2-32 tot en met Figuur 2-35 al zichtbaar en de loop van de watergang lijkt ook niet aangepast.



Figuur 2-32: De huidige legger watergang met de Topotijdreis 1850 als achtergrond.



Figuur 2-33: De huidige legger watergang met de Topotijdreis 1850 als achtergrond.



Figuur 2-34: De huidige legger watergang met de Topotijdreis 1850 als achtergrond.



Figuur 2-35 De huidige legger watergang met de Topotijdreis 1850 als achtergrond.

In de archieven van het toenmalige Waterschap Oost-Veluwe beschrijven de legger uit 1992. Hierin worden C watergangen niet getoond of beschreven. De conclusies voor de A-watergangen zijn gelijk aan bovenstaande bevindingen. Vanuit de Bekenstichting en het waterschap komt nog de volgende informatie:

- Voor de papiermolens zijn in het midden van de 17e eeuw sprengen gegraven; een zuidwestelijke tak boven het Huis Coldenhove en een noordwestelijke tak die onder het huis in de hoofdbeek uitkomt.
- De noordelijke tak van de Coldenhovense beek is in 2010 opnieuw ingericht (sprengkoppen zijn schoongemaakt en weer watervoerend). Tot aan het bedrijventerrein Eerbeek is in 2010-2013 de watergang opgeschoond en de watertransporterende delen (dus niet de spreng) zijn beleemd.
- In 2015 zijn de vijvers van het Huis te Eerbeek gerestaureerd/uitgediept en van een nieuwe beschoeiing voorzien. Er zijn nieuwe voorzieningen bij de aansluiting met de beek aangebracht
- De duikers bij de Smeestraat zijn in 2016 vervangen/vergroot.
- De duiker in de Stuivenburchstraat is in 2016 opgeschoond.
- Het traject Weberbos (bij Huis te Eerbeek) is in 2018-2019 beleemd
- De gravinnenbeek heeft lang droog gestaan en is weer open gegraven. In 2023 was in een beperkt aantal beekdelen weer stromend water.

Uit oude kaarten is nog het volgende op te maken: Tussen de bouwlanden van de Eerbeekse Enk en Loenense Enk [17] lagen vroeger al greppels of sloten, en dit deel is nu ook nog voorzien van veel watergangen. De heide had een grens ter plaatse van de Oude Beek, die tegenwoordig slechts ten dele nog bestaat als C-watergang. Waarschijnlijk lag daar 200 jaar geleden al een watergang, de overige watergangen zijn aangelegd bij of na de markeverdeling van 1847 [18]. De Oude Beek is in de legger van 1993 nog aangemerkt als A-watergang [19], maar tegenwoordig is deze watergang deels gedempt en deels aangemerkt als C-watergang [20]. Afgaande op luchtfoto's [21] is de Oude Beek deels meer dan 20 jaar geleden gedempt, deels in 2017/2018.

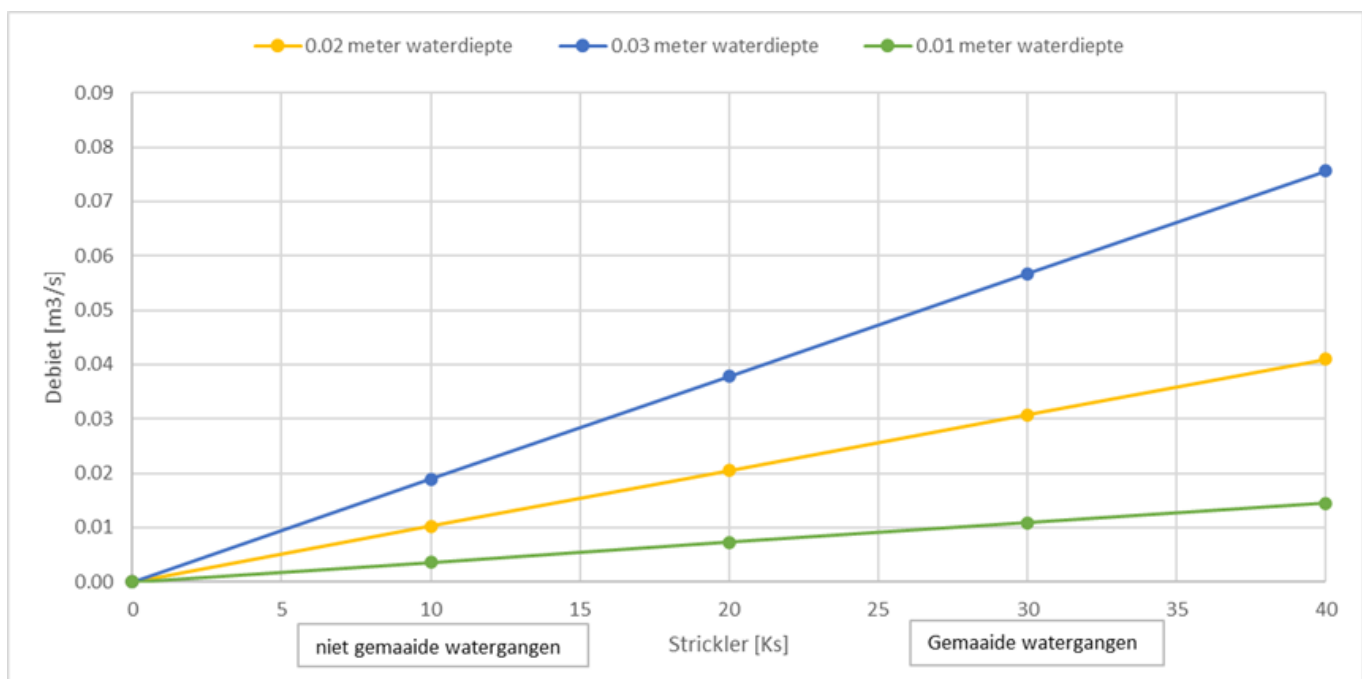
2.7.3 Impact van beheer en onderhoud

Een oppervlaktewatersysteem moet worden onderhouden om de afvoercapaciteit te borgen. In deze paragraaf zijn enkele voorbeelden toegelicht om dit duidelijk te maken.

Als voorbeeld: veel begroeiing in de watergang vertraagt de afvoer van water aanzienlijk. Voor een watergang met een waterdiepte tussen de 0.01 en 0.03 meter en een profiel en verhang vergelijkbaar met de Coldenhovense Beek, kan het verschil in debiet tussen een gemaaide en een niet-gemaaide situatie een factor 1,5 tot 2 bedragen. Dit verschil wordt verklaard door de ruwwaarde (Ks-waarde): in modelstudies wordt voor niet-gemaaide watergangen vaak een Ks-waarde van 10 gehanteerd, terwijl voor gemaaide watergangen een Ks-waarde van 30 wordt gebruikt. Deze verhouding geldt per waterdiepte; de mate waarin het debiet toeneemt bij het maaien is dus afhankelijk van de actuele waterdiepte in de beek.

De sprengen in het gebied, zoals de Huiskamperspreng en C-watergangen zoals de Gravinnebeek, liggen diep in het landschap. De sprengen liggen niet dieper dan de Eerbeekse beek, maar bevinden zich voornamelijk op locaties waar het omliggende terrein relatief hoog is. Het omliggende terrein van het meest bovenstroomse deel van de Gravinnebeek ligt circa 8 meter hoger dan de spreng. De Gravinnebeek staat desondanks veelal droog

Naast de invloed van vegetatie in de watergangen kunnen ook kunstwerken, zoals duikers, bij hogere debieten zorgen voor opstuwing. De bovenstroomse duiker nabij Coldenhove Papier BV is met een diameter van 800 mm ruim bemeten en zal daardoor niet snel tot opstuwing leiden. Verder stroomafwaarts in Eerbeek zijn de duikers kleiner (600 mm) en moeten zij een groter afwaterend oppervlak verwerken. Hierdoor is de kans op peilstijging bij deze duikers aanzienlijk groter, vooral wanneer de watergang gemaaid is en de afvoercapaciteit toeneemt.



Figuur 2-36 Debiet en ruwheidswaarde. Dit is een voorbeeld en niet gebaseerd op dit specifieke gebied.

2.8 Leemten in kennis

Op basis van het onderzoek en de huidige inzichten zijn nog enkele punten waar aanvullende informatie nodig is:

Staat van onderhoud en ligging van watergangen

Er is onvoldoende inzicht in de actuele staat van onderhoud van watergangen en duikers, en in de exacte ligging van kleinere watergangen (met name C-watergangen). Dit is nodig om de afvoercapaciteit en het effect van beheer en onderhoud op grondwaterstanden goed te kunnen beoordelen.

Gebieden zonder peilbuisgegevens

Met name in en rondom Eerbeek ontbreken meetlocaties. Hierdoor is het lastig om lokaal de invloed van grondwateronttrekkingen en oppervlaktewater op grondwaterstanden vast te stellen. Aanvullende monitoring is gewenst.

Ligging en eigenschappen van kleischotten

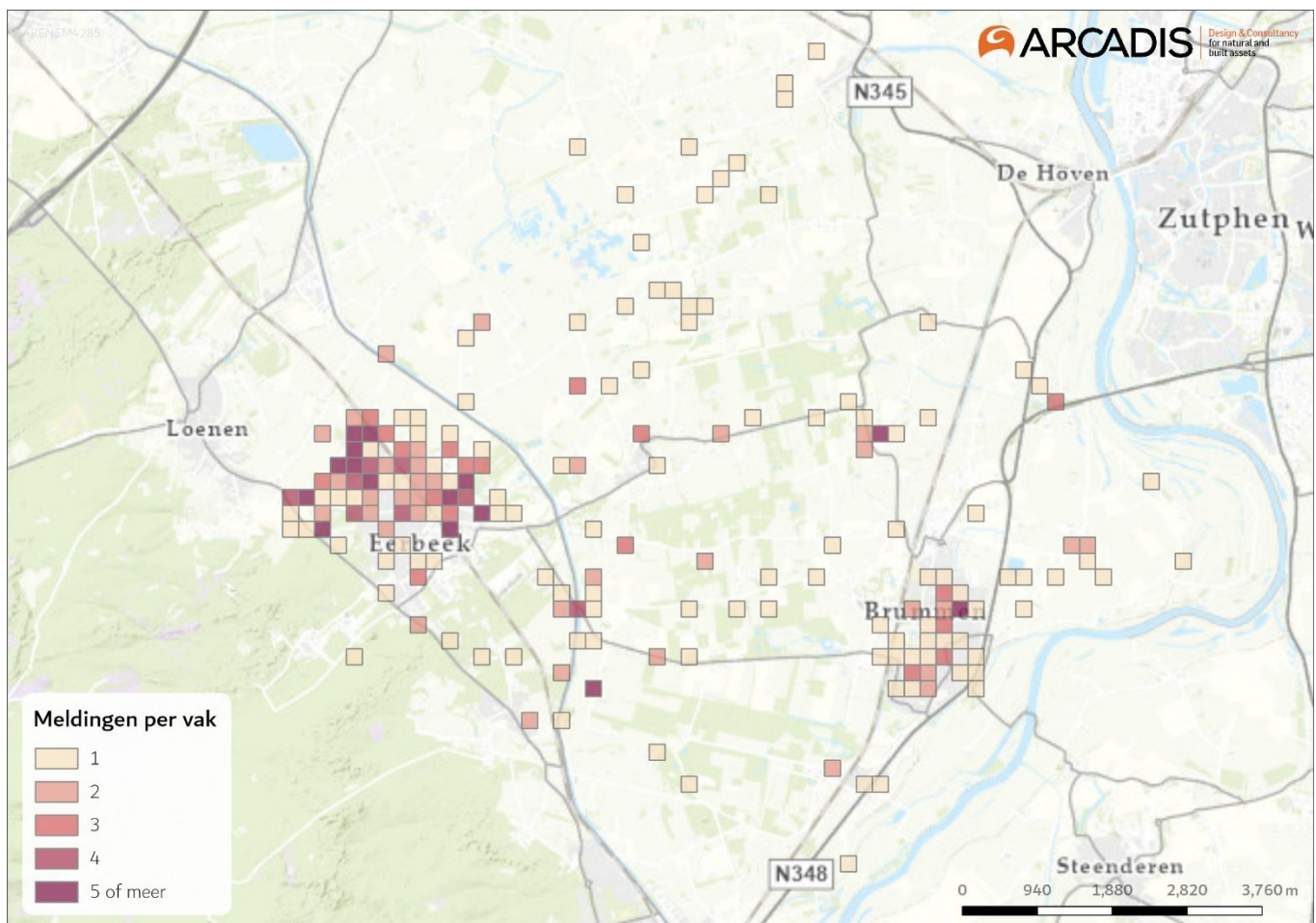
De exacte positie en diepte van kleischotten in de ondergrond is onzeker. Deze kleischotten beïnvloeden stromingsrichting en weerstand in het grondwatersysteem en daarmee ook het effect van onttrekkingen. Een pompproef kan inzicht geven in de hydraulische eigenschappen en ligging.

Effect van winningen in meerdere richtingen

Door niet-cirkelvormige verlagingskegels is het van belang om peilbuismetingen uit te voeren in meerdere richtingen rondom winningen. Dit geeft beter inzicht in de ruimtelijke spreiding van effecten.

2.9 Meldingen wateroverlast door inwoners

De onderstaande kaart (Figuur 2-37) geeft wateroverlastmeldingen van bewoners weer (2023-2024), zowel de ligging als het aantal meldingen. Deze kaart is aangeleverd door de gemeente Brummen. De gegevens zijn door de gemeente geanonimiseerd, zodat meldingen niet zijn te herleiden naar personen of adressen. Dit is gedaan door meldingslocaties toe te kennen aan vlakken van 200x200m. De kleur van deze vakjes geeft het aantal meldingslocaties weer dat daarbinnen valt (hoe roder hoe meer). Deze meldingen gaan deels over water in de woning of kelder, maar kunnen ook betrekking hebben op de riolering of op water op maaiveld. Niet elke melding betreft wateroverlast door grondwater. Wel geeft deze kaart een indicatie. Het gebied tussen Loenen en Eerbeek, welke ook volgt uit de analyse in paragraaf 2.6.4 komt naar voren als een gebied met veel overlastmeldingen. De meldingen in dit gebied betreffen met name overlast in woningen. Ook aan de oostkant van Eerbeek, en richting Laag-Soeren zijn meldingen over overlast in woningen gemaakt.



Figuur 2-37: Aantal meldingen van wateroverlast, opgedeeld in vakken

3 Taken en verantwoordelijkheden

De taken en verantwoordelijkheden in het (grond)waterbeheer zijn beschreven in diverse bronnen over de juridische context en de praktijk. Voor dit hoofdstuk putten we uit Kennisbank van RIONED over het grondwaterbeheer in bebouwd gebied, evenals het Informatiepunt Leefomgeving (IPLO), het onderzoek van STOWA (2025) naar de juridische context rondom natschade en een rapport van Haskoning (2025) voor grondwateroverlast Nijmegen-West (die gebruik maakt van deels dezelfde bronnen). Bij een directe grondslag in wet- en regelgeving, is een verwijzing naar wetsartikelen opgenomen.

Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd:

1. **Wettelijk kader**, om via een schets van de relevante wettelijke kaders te komen tot een overzicht van de taken en verantwoordelijkheden van betrokken partijen;
2. **De praktijk**, om het wettelijk kader nader te duiden vanuit de lokale context van de hier betrokken partijen, evenals het positioneren van enkele aandachtspunten die in de praktijk spelen;
3. **Loenen - Eerbeek**, om de voorgaande informatie te vertalen naar voorliggend onderzoek voor de casus Loenen - Eerbeek.

3.1 Wettelijk kader

3.1.1 Algemeen

Het 'waterbeheer' is een veelomvattend fenomeen. Het raakt aan waterkwantiteit, waterkwaliteit, waterveiligheid, drinkwater, afvalwater, infrastructuur, et cetera. In voorliggend onderzoek en daarom ook in dit hoofdstuk, ligt de focus op het grondwaterbeheer en een bredere blik op wateroverlast en droogte.

Het omschrijven van taken en verantwoordelijkheden is hier bewust geen allesomvattend verhaal, wel een doelgericht verhaal. Oftewel het bevat alle (juridische en praktijk) informatie die nodig is, maar is zeker niet uitputtend. De focus en daarom het vertrekpunt betreft het grondwaterbeheer. Hiertoe is het wettelijk kader uitgewerkt in paragraaf 3.1.2.

Hierna volgt een bredere blik, om ook oog te hebben voor andere factoren die van invloed zijn op het grondwaterpeil. Daarom komen ook de wettelijke kaders aan bod zoals hemelwaterzorgplicht van gemeenten en het oppervlaktewaterbeheer in het buitengebied.

3.1.2 Grondwater

3.1.2.1 Gemeenten

Vanuit de wetgeving heeft de gemeente een **wettelijke grondwatertaak** (artikel 2.16 Omgevingswet, voorheen art. 3.6 Waterwet). Deze wettelijk taak luidt als volgt:

Artikel 2.16 (gemeentelijke taken voor de fysieke leefomgeving)

De gemeenteraad en het college van burgemeester en wethouders dragen zorg voor het in het openbaar gemeentelijke gebied treffen van maatregelen om structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de op grond van deze wet aan de fysieke leefomgeving toegedeelde functies zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken, voor zover het treffen van die maatregelen doelmatig is en niet op grond van artikel 2.17, 2.18 of 2.19 tot de taak van een waterschap, een provincie of het Rijk behoort.

De taak bestaat uit 7 samenhangende elementen die bepalen of de gemeente verantwoordelijk is om nadelige gevolgen van de grondwaterstand te voorkomen:

- Treffen van maatregelen;
- In openbaar gebied;
- Om structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand;
- Voor de aan de grond gegeven bestemming;
- Zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken;
- Mits dit doelmatig is en voor zover er;
- Geen verantwoordelijkheid bestaat voor de waterbeheerder² of de provincie.

Als alle elementen aan de orde zijn, is de gemeente gehouden maatregelen te treffen om grondwateroverlast (of -onderlast) te voorkomen of te beperken. Dit is een inspanningsplicht (geen resultaatsverplichting).

Gemeenten leggen in hun beleid vast wat ze verstaan onder de elementen, zoals een definitie van 'structureel'. Over het algemeen staat dit in een **Water- en rioleringsprogramma** (Wrp)³. Dit betreft een beleidskader van tijdelijke aard, waar invulling wordt gegeven aan te definiëren zaken in de wettelijke kaders voor zover dat mogelijk en beleidsmatig gewenst is. De basis voor dit beleid ligt in de omgevingsvisie, de juridisch bindende doorvertaling ervan in het omgevingsplan. De omgevingsvisie wordt op dit moment opgesteld, en naar verwachting in Q4 van 2026 vastgesteld.

3.1.2.2 Waterschappen

De waterschappen zijn bevoegd gezag voor alle grondwateronttrekkingen die niet onder de bevoegdheid van de provincie of het Rijk vallen (zoals bronbemalingen, beregingen, kleinere industriële toepassingen, etc.). De (grond)waterzorgtaak voor waterschappen kent ook een wettelijk kader. Artikel 2.17 Omgevingswet regelt de waterschapstaken voor de fysieke leefomgeving waarvan watersystemen deel uitmaken. Een 'watersysteem' is "het samenhangend geheel van een of meer oppervlaktewaterlichamen en grondwaterlichamen, met bijbehorende bergingsgebieden, waterkeringen en de voor het waterbeheer noodzakelijke ondersteunende kunstwerken" (artikel 1.1 Omgevingswet). In de praktijk richt een waterschap zich vooral op het buitengebied.

Onder het 'beheer van watersystemen' verstaat de wet het "samenstel van aan watersystemen verbonden taken, gericht op:

- het voorkomen en waar nodig beperken van overstromingen, wateroverlast en waterschaarste, in samenhang met
- het beschermen en verbeteren van de chemische en ecologische kwaliteit van die watersystemen en
- de vervulling van de op grond van deze wet aan die watersystemen toegekende maatschappelijke functies" (artikel 1.1 Omgevingswet).

De doelstellingen 1 en 3 betreffen een inspanningsverplichting en geen resultaatsverplichting. Dit laat dus ruimte voor een doelmatigheidsafweging. Een waterschap hoeft bij wateroverlast of -schaarste geen technische compensatie (treffen van fysieke maatregelen) te bieden, als blijkt dat dit niet doelmatig (lees: kosteneffectief) is uit belangenafweging en bijbehorend onderzoek.

² Rijkswaterstaat (artikel 2.19, lid 2 Omgevingswet) en de waterschappen (voor zover toegedeeld, zie artikel 2.17, lid 1 onder a Omgevingswet) zijn beheerder van het watersysteem. Het waterschap is beheerder van de regionale wateren en de Minister van Infrastructuur en Waterstaat (in de praktijk Rijkswaterstaat) als het gaat om Rijkswateren. (bron: IPL0)

³ De gemeente Brummen heeft een Programma Water en Riolerings 2023-2027. Paragraaf 3.2 gaat hier inhoudelijk op in, waaronder de definities in het grondwaterbeheer die hier worden gehanteerd.

3.1.2.3 Provincies

In het grondwaterbeheer zijn ook taken belegd bij de provincie. De provincie heeft een regisserende, kaderstellende en coördinerende rol, zowel voor grondwaterkwantiteit als voor -kwaliteit (Wet bodembescherming). Ze is bevoegd gezag voor vergunningverlening en toezicht op grondwateronttrekkingen voor industriële toepassingen (> 150.000 m³ per jaar), de openbare drinkwatervoorziening en een open bodemenergiesysteem. Daarnaast geeft artikel 2.18 van de Omgevingswet provincies een coördinerende rol bij het behalen van KRW- en GWR-doelen. Zowel binnen als buiten grondwaterbeschermingsgebieden zorgt de provincie voor gebiedsgerichte coördinatie van de uitoefening van taken en bevoegdheden door gemeenten en waterschappen.

3.1.2.4 Rijk

De grondwaterzorg is niet alleen een taak van de gemeente, waterschap en provincie. De waterbeheerder kan in plaats van het waterschap ook het Rijk zijn. Rijkswaterstaat en de waterschappen zijn samen beheerder van het watersysteem. Grondwaterkwantiteits- en grondwaterkwaliteitstaken zijn hier een integraal onderdeel van.

Rijkswaterstaat is in rijkswater bevoegd gezag voor wateronttrekkingsactiviteiten (waaronder grondwateronttrekkingen), met het oog op:

- het voorkomen en waar nodig beperken van overstromingen, wateroverlast en waterschaarste;
- het beschermen en verbeteren van de chemische en ecologische kwaliteit van watersystemen; en
- het vervullen van maatschappelijke functies door watersystemen.

3.1.2.5 Taken en verantwoordelijkheden grondwaterbeheer

Vanuit het wettelijk kader bezien, hebben de hiervoor besproken vier bestuurslagen de volgende grondwatertaken en bevoegdheden:

Taken, beleid, uitvoering, regelgeving	Provincie	Gemeente	Rijk	Waterschap
Algemene taak	Voor het bereiken van de grondwatergerelateerde KRW- en GWR-doelen, zowel binnen als buiten grondwaterbeschermingsgebieden zorgt de provincie voor gebiedsgerichte coördinatie van de uitvoering van taken en bevoegdheden door gemeenten en waterschappen (artikel 2.18 Omgevingswet).	'zorg (beheer) van de fysieke leefomgeving' (waaronder bodem- en grondwatersysteem, zie artikel 2.3 Omgevingswet).	Rijkswaterstaat (artikel 2.19, lid 2 Omgevingswet) en de waterschappen (voor zover toegevoegd, zie artikel 2.17, lid 1 onder a Omgevingswet) zijn beheerder van het watersysteem. Grondwaterkwantiteits- en grondwaterkwaliteitstaken zijn hier een integraal onderdeel van.	-
Beleid op hoofdlijnen	omgevingsvisie (artikel 3.1 Omgevingswet)	omgevingsvisie (artikel 3.1 Omgevingswet)	omgevingsvisie (artikel 3.1 Omgevingswet)	geen verplichte integrale omgevingsvisie
Uitwerking beleid en uitvoeringsmaatregelen	regionaal waterprogramma, mede ter uitvoering van o.a. de KRW en GWR (artikel 3.8 Omgevingswet)	programma's vaststellen, daar waar nodig (artikel 3.4 Omgevingswet). Eventueel een rioleringsprogramma waarin de grondwataertaak wordt ingevuld (artikel 3.14 Omgevingswet).	stroomgebiedbeheerplannen (artikel 3.9 Omgevingswet) Het nationale waterprogramma (NWP) bevat voor de rijkswateren maatregelen ter uitvoering van beide richtlijnen (artikel 4.10 Bkl).	waterbeheerprogramma
Regelgeving	omgevingsverordening	omgevingsplan (artikel 2.4 Omgevingswet)	regels in H6 en H7 Bal aan wateronttrekkingsactiviteiten	regels aan grondwaterbedreigende activiteiten in de waterschapsverordening
Specifieke taak	beschermen grondwaterkwaliteit in grondwaterbeschermingsgebieden in verband met de winning van grondwater voor de bereiding van voor menselijke consumptie bestemd water (artikel 2.18 Omgevingswet)	specifieke taken op het gebied van het beheer van watersystemen en waterketenbeheer, waaronder de grondwataertaak (artikel 2.16 Omgevingswet)	rijksregels omgang historische verontreinigingen in de vaste bodem (boven grondwaterspiegel)	-
Monitoring	KRW-monitoring grondwater	geen specifieke verplichting	geen specifieke verplichting	geen specifieke verplichting
Bevoegd gezag voor	- onttrekkingen van grondwater i.v.m. de openbare drinkwatervoorziening en industriële toepassingen > 150.000 m³ p/j (artikel 16.1 en 16.3 Bal) - de milieubelastende activiteit open bodemenergiesystemen (artikel 3.18 e.v. Bal)	- lozingen op of in de bodem en rioolozingen - het treffen van maatregelen en geven van aanwijzingen bij een ongewoon voorval (artikel 19.4 Omgevingswet) - het treffen van tijdelijke beveiligingsmaatregelen bij een toevallig vonds (artikel 19.9a Omgevingswet)	- onttrekkingen van grondwater in rijkswater (art. 6.34 e.v. Bal)	- wateractiviteiten in regionaal water Bij de beoordeling van wateractiviteiten (met name onttrekkingen van grondwater) rekening houden met de gevolgen voor de grondwaterkwaliteit (en dus ook aanwezige grondwaterverontreinigingen). Waterschappen moeten daartoe in beginsel zelf een beoordelingskader ontwikkelen, zij het dat via de bruidsschat voor wateronttrekkingsactiviteiten beoordelingsregels aan de waterschapsverordening worden toegevoegd.

Tabel X. Overzicht grondwatertaken en bevoegdheden (bron: IPLO)

Grondwaterbeheer is dus een interbestuurlijke verantwoordelijkheid. Maar het speelveld is breder dan deze bestuurslagen. Ook particuliere eigenaren (belanghebbenden) en grondwateronttrekkers (zoals drinkwaterbedrijven, agrariërs, industrie) hebben verantwoordelijkheden om problemen te voorkomen of op te lossen.

De onderlinge verhoudingen in taken en verantwoordelijkheden is dan als volgt te schetsen:

- **Particuliere eigenaar:** De particuliere eigenaar is zelf verantwoordelijk voor de staat van zijn perceel en gebouwen. Hierin is het schadevergoedingsrecht een belangrijk uitgangspunt, waarin is gesteld dat ieder in beginsel zijn of haar eigen schade draagt. De particuliere eigenaar treft zelf bouwkundige en/of waterhuishoudkundige maatregelen voor de wering van grondwater in, onder en om zijn woning (bijvoorbeeld een waterdichte kelder of funderingsherstel). Ook de bouwregelgeving kan hierin een rol spelen.
- **Gemeente:** Op grond van haar wettelijke zorgtaak voert de gemeente regie in bebouwd gebied. Zij informeert bewoners en bedrijven bij werkzaamheden en biedt voorlichting aan particulieren over hun verantwoordelijkheden en over maatregelen. Bij grondwaterproblemen in bebouwd gebied is de gemeente vaak eerste aanspreekpunt. Zij maakt (mits doelmatig) een analyse van oorzaken, gevolgen en mogelijke maatregelen. Maar dit betekent niet dat de gemeente overal voor verantwoordelijk is en alle problemen voor iedereen moet oplossen. Omdat het buiten de afbakening van de wettelijk taak van de gemeente ligt of omdat problemen het gevolg zijn van activiteiten waarvoor een ander bestuursorgaan verantwoordelijk is.
- **Waterbeheerder:** Oppervlaktewaterpeilbeheer en grondwateronttrekkingen kunnen de grondwaterstanden beïnvloeden. Hiervoor is de waterbeheerder (waterschappen en Rijkswaterstaat) verantwoordelijk. In zijn waterbeheerprogramma legt hij beleid en maatregelen vast om grondwaterproblemen zoveel mogelijk te voorkomen. In onttrekkingsvergunningen kan hij maatregelen voorschrijven om schade te beperken.
- **Provincie:** De provincie is bevoegd gezag voor grondwateronttrekkingen voor industriële toepassing (> 150.000 m³ per jaar), voor de openbare drinkwatervoorziening en voor open bodemenergiesystemen. De overige grondwateronttrekkingen vallen vrijwel altijd onder de verantwoordelijkheid van het waterschap.
- **Grondwateronttrekker:** Grondwateronttrekkingen, bijvoorbeeld door (drinkwater)bedrijven, kunnen de grondwaterstand verlagen. Bij vastgestelde schade en aansprakelijkheid door een vergunning- of meldingsplichtige⁴ onttrekking moet de grondwateronttrekkende partij deze vergoeden. Maar een partij is niet eenvoudig aansprakelijk te houden voor schade die ontstaat doordat het een onttrekking stopt of vermindert.

De rollen en verantwoordelijkheden van partijen kennen een bepaalde reikwijdte. Het is deels afhankelijk van de situatie, waar deze elkaar al dan niet raken of overlappen. Relevant hierbij is het volgende:

- **Openbaar en particulier terrein:** De wettelijke grondwatertaken strekken zich niet uit over particuliere eigendommen. De taak begint bij de perceelgrens, waar de privaatrechtelijke verantwoordelijkheid ophoudt. Een partij als de gemeente is niet verplicht tot het nemen van maatregelen op particulier terrein, maar kan dit uiteraard wel doen mits doelmatig. Bijvoorbeeld wanneer waterhuishoudkundige en/of bouwkundige maatregelen nemen op particulier terrein doelmatiger is dan de aanleg en het beheer van drainagevoorzieningen.
- **Stedelijk gebied en buitengebied:** Grondwatervraagstukken doen zich voor in zowel stedelijk gebied als buitengebied. In stedelijk gebied kan het grondwaterniveau effect hebben op onder andere bebouwing, infrastructuur en groen. In het buitengebied op bijvoorbeeld natuurgebieden, agrarische percelen en (bodemdaling in) veengebieden. De taken en verantwoordelijkheden van partijen strekken zich uit over beiden. In de praktijk houdt het waterschap zich vooral bezig met het buitengebied, de gemeente met de bebouwde kom.
- In het buitengebied is vervolgens ook relevant of de grondwaterstand wordt gestuurd via het oppervlaktewaterpeil, dan ligt de verantwoordelijkheid bij de waterbeheerder. *Meer hierover in 3.1.3.*

⁴ Een meldingsplichtige onttrekking betreft formeel een onttrekking met vrijstelling van de vergunningplicht, waarbij met een melding met het voldoen aan de voorgeschreven algemene voorwaarden wordt volstaan.

3.1.3 Oppervlaktewater

Het grondwaterbeheer staat niet op zichzelf maar heeft een relatie met het beheer van oppervlaktewater. Beide systemen zijn fysiek en hydrologisch met elkaar verbonden. Zo kan het oppervlaktewaterpeil de grondwaterstanden beïnvloeden. Maar ook de wateraanvoer- en afvoer via oppervlaktewater ten behoeve van de hemelwaterzorg of voor droogtebestrijding. De Omgevingswet verplicht overheden tot een integrale benadering van waterbeheer.

Oppervlaktewater(-peil)

Peilbeheer kan de grondwaterstand in bebouwd gebied beïnvloeden. In het geval van peilverhoging door een peilbesluit, of door het hanteren van streefpeilen in niet-aangewezen waterlichamen, ligt de verantwoordelijkheid bij grondwaterstandsproblemen (overlast, onderlast of zelfs schade) bij de waterbeheerder (artikel 2.16, lid 1 Omgevingswet). Deze legt in zijn waterbeheerprogramma beleid en maatregelen vast om overlast of schade zoveel mogelijk te voorkomen.

Voor niet-aangewezen waterlichamen stellen waterschappen vaak streefpeilen vast. Deze zijn geen peilbesluiten in de zin van de wet en bieden geen rechtsbescherming, maar vormen wel beleid waaraan de beheerder zich in beginsel moet houden. Afwijken is mogelijk mits gemotiveerd.

Het projectgebied is vrij afwaterend (het is geen polder). Met behulp van watergangen en kunstwerken zoals stuwen wordt het oppervlaktewaterpeil beïnvloed. De grotere watergangen zijn in beheer bij het waterschap. Deze werkt met streefpeilen.

In de poldergebieden in laag-Nederland wordt de grondwaterstand (de ontwateringsdiepte) doorgaans gestuurd via het peil van het oppervlaktewater. Waterschappen stellen op grond van artikel 2.41 van de Omgevingswet een peilbesluit vast voor aangewezen oppervlaktewaterlichamen. Dit besluit bevat bandbreedten of een vast peil. Een peilbesluit legt een inspanningsverplichting op om het waterpeil binnen deze grenzen te houden.

Hoewel de wet ook voorziet in de mogelijkheid van een grondwaterpeilbesluit, worden in de praktijk alleen oppervlaktewaterlichamen aangewezen. Grondwaterbeheer is technisch complex, waardoor grondwaterlichamen tot nu toe niet peilbesluitplichtig zijn.

Beheer en onderhoud

De Omgevingswet verdeelt de verantwoordelijkheden voor het beheer van oppervlaktewateren tussen verschillende bestuurslagen. Het Rijk beheert het hoofdwatersysteem. Waterschappen zijn verantwoordelijk voor het beheer van regionale watersystemen. Zij beheren doorgaans de A-watergangen (primaire watergangen, cruciaal voor afvoer en berging). Daarbij is zij verantwoordelijk voor bijvoorbeeld peilbeheer en onderhoud.

Bij B- en C-watergangen ligt de primaire onderhoudsplicht bij aangrenzende perceeleigenaren. Zij moeten zorgen voor een vrije doorstroming en het maaien van taluds. Particulieren moeten daarnaast onderhoudszones vrijhouden van obstakels en maaisel accepteren conform de ontvangstplicht.

Voor alle watergangen geldt dat wijzigingen, zoals het aanbrengen van duikers of dammen, vergunningplichtig zijn.

3.1.4 Hemelwater

Ook de hemelwaterzorgtaak van gemeenten is relevant in het totale grondwaterbeheer, gezien de raakvlakken met eventuele (grond)wateroverlast en droogte. Vanuit de zorgplicht hemelwater (artikel 3.5 Omgevingswet) hebben gemeenten de verantwoordelijkheid voor een doelmatige inzameling van overtollig hemelwater uit de openbare ruimte. Voor de verwerking van hemelwater op particulieren percelen, ligt de verantwoordelijkheid in eerste instantie bij de perceeleigenaar. Verwerking op eigen terrein kan bijvoorbeeld door hergebruik, infiltreren in de bodem of bergen in een voorziening zoals een vijver. Pas wanneer dit redelijkerwijs niet mogelijk is (te hoge grondwaterstand en/of slechte

infiltratiecapaciteit van de bodem), komt de zorgplicht bij de gemeente voor het verwerken van hemelwater van particuliere percelen.

De gemeente bepaalt zelf hoe zij haar wettelijke hemelwatertaak invult (inspanningsverplichting). Maar daarbij moet zij wel nadenken over de mogelijke gevolgen voor de grondwaterstand. Bijvoorbeeld als zij wil dat bewoners hemelwater in eigen tuin opvangen en verwerken. Maar ook als zij maatregelen treft in het openbaar gebied ten behoeve van de hemelwaterzorg, zoals het realiseren van waterbergingsvoorzieningen of het aanwijzen van waterbergingsgebieden.

3.2 De praktijk

3.2.1 Lokale invulling

Bij de wettelijke zorgplichten voor zowel gemeenten als waterschappen, evenals de taken en verantwoordelijkheden van andere betrokken partijen, geldt dat er geen blauwdruk is voor de vraag wanneer aan de (wettelijke) taken wordt voldaan. Het komt geregeld aan op algemene beginselen van behoorlijk bestuur: zorgvuldig afwegen en motiveren van gemaakte keuzes (zoals een vergunning of handelen bij problemen). Bij het maken van die afweging komt men tegen dat de wetgeving niet alle mogelijke situaties of kwesties kan afdekken. Naast algemeen geldende definities in wetgeving, zijn er zaken die (bewust) open zijn aan lokale invulling. Hieronder zijn er een paar uitgewerkt.

- **Incidenteel of structureel:** In de praktijk is de vraag of problematiek incidenteel of structureel is, vaak een punt van discussie in het al dan niet kunnen aanspreken van taken en verantwoordelijkheden. Zo is de gemeentelijke grondwatertaak van toepassing als de gebruiksfunctie van de grond (zoals de woonfunctie) structureel is beperkt. Hiervan is sprake als het normale gebruik structureel wordt belemmerd. Maar de Omgevingswet omschrijft niet wat 'normaal' of 'structureel' inhoudt. Overheden leggen veelal vast in hun (grond)waterbeleid wat wel en niet onder structureel valt en wat de ontwateringsdiepte moet zijn. Een tijdelijk hogere grondwaterstand als gevolg van weersomstandigheden (zoals extreme neerslag of een uitzonderlijk natte winter) is bijvoorbeeld een incidentele situatie. De gebruiksfunctie vermindert dan tijdelijk, maar wordt niet per definitie op lange termijn (structureel) aangetast. Dit risico ligt bij de perceelegeenaar.

Het Water- en rioleringsprogramma van de gemeente Brummen bevat beleid ten aanzien van de algemene doelstelling voorkomen en beperken van structureel nadelige gevolgen van grondwater voor de aan de grond gegeven bestemming. De gemeentelijke taakopvatting van 'structurele overlast' met 'nadelige gevolgen' is als volgt.

De overlast is **structureel** wanneer:

- Hij jaarlijks gedurende een lange periode aaneengesloten periode plaatsvindt (tenminste twee maanden continu)
- De grondwaterstand minder dan 0,7 m* beneden vloerpeil staat
- En 30% van de inwoners van een wijk/straat klachten heeft
- En niet tijdelijk is (tenminste twee jaar)
- En stabiel of toenemend is

Met **nadelige gevolgen** wordt bedoeld:

- Chronische gezondheidsklachten
- Of schade aan gebouwen of infrastructuur
- Of het niet meer mogelijk zijn van de primaire functie vanuit het bestemmingsplan

** Ontwateringscriteria gelden ten opzichte van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) ten opzichte van het aanlegpeil (aanleghoogte). Voor vloeren is dit t.o.v. bovenkant vloer voor wegen t.o.v. de kruin van de weg.*

- **Doelmatigheid:** Wanneer bij een wettelijk taak sprake is van een inspanningsverplichting, is er ruimte voor doelmatigheidsafwegingen. Het gaat bijvoorbeeld om het per situatie beoordelen of (en zo ja welke) grondwatermaatregelen doelmatig zijn. Hierbij spelen de aard, omvang, schaal en duur van te verwachten of ontstane problemen een rol, maar ook de kosten van de mogelijke maatregelen. Deze afweging kan ertoe leiden dat er geen compensatiemaatregelen nodig zijn om aan een taak of verantwoordelijkheid te voldoen.

Een gemeente kan in beleid een beschrijving opnemen wanneer grondwatermaatregelen doelmatig zijn. De gemeente Brummen geeft in haar Wrp geen kaders voor het begrip doelmatigheid. Wel is opgenomen dat bij meldingen van overlast de *beslisboom grondwateroverlast* wordt ingezet. Hiermee wordt alleen maatregelen getroffen mits deze doelmatig zijn.

De waterschapsverordening van Waterschap Vallei en Veluwe bevat artikel 1.11 ter omschrijving van haar zorgplicht watersysteem. Deze bevat het juridisch kader wanneer verwacht wordt dat maatregelen worden genomen bij nadelige gevolgen van activiteiten voor het watersysteem.

Eenieder die weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat zijn activiteit nadelige gevolgen kan hebben voor het watersysteem, is verplicht:

- a. alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van diegene kunnen worden gevraagd om die gevolgen te voorkomen;*
- b. voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen: die gevolgen zoveel mogelijk te beperken of ongedaan te maken; en*
- c. als die gevolgen onvoldoende kunnen worden beperkt: die activiteit achterwege te laten voor zover dat redelijkerwijs van diegene kan worden gevraagd.*

Onder het voorkomen van nadelige effecten gevolgen voor het watersysteem wordt onder andere verstaan het voorkomen van (grond)waterschaarste en (grond)wateroverlast.

- **Overlast of schade:** Of, bij wie en in hoeverre er een taak ligt voor partijen bij grondwaterproblemen gaat deels over de definiëring van 'nadelige gevolgen'. Daarbij is het onderscheid tussen overlast en schade relevant. De Kennisbank Rioned zegt hierover: "*Schade is iets anders dan overlast. Overlast is een vorm van hinder die vervelend kan zijn, maar niet tot schade hoeft te leiden. Schade brengt kosten met zich mee om deze te herstellen. De schade kan bestaan uit zaakschade (bijvoorbeeld schade aan de bouwconstructie van een woning) en vermogensschade (gevolgschade, zoals het niet kunnen gebruiken van een ondergrondse winkelruimte waardoor omzetschade ontstaat)*". Overheden kunnen hier een definitie aan geven in hun waterbeleid. Veelal gebeurt dat ten aanzien van hemelwateroverlast. Hiermee ligt er een algemene basis om op terug te vallen. In specifieke situaties (bij te nemen maatregelen of besluiten zoals vergunningverlening) is vervolgens, voor een goede onderbouwing van besluiten of maatregelen, veelal onderzoek nodig, waarbij ook oog is voor de mogelijk nadelige gevolgen van de maatregel. In beginsel moet eventueel 'onevenredige schade'⁵ weggenomen worden door het treffen van mitigerende maatregelen (technische compensatie) of het vergoeden van de schade (financiële compensatie).

⁵ In beginsel houdt 'onevenredige schade' in: nadelige gevolgen van een besluit/maatregel zijn onevenredig in verhouding tot het doel van het besluit/maatregel. Dit evenredigheidsbeginsel komt voorbij in het beoordelen van schadeclaims door een rechter. Het beginsel is nader uitgewerkt onder artikel 3:4 lid 2 Awb.

In het Wrp van de gemeente Brummen staan definities van overlast en schade, voor situaties die ontstaan als gevolg van hemelwater. Deze gaan dus niet over grondwaterproblematiek. Wel is ten aanzien van de relatie tussen grondwater en oppervlaktewater opgeschreven dat de gemeente, binnen haar beleidsverantwoordelijkheid, zal voorkomen dat toekomstige grondwateroverlast of -onderlast ontstaat door niet goed functionerend oppervlaktewater.

3.2.2 Aandachtspunten in de praktijk

Grondwaterproblemen/schadesituaties kunnen ontstaan door natuurlijke, bouw- en woontechnische en waterhuishoudkundige factoren. In die laatste categorie gaat het om problematiek als gevolg van bijvoorbeeld grondwateronttrekkingen, peilverhoging van oppervlaktewater of infiltratie in de bodem. Hieronder volgt per oorzaak een uitwerking van definities, bevoegde gezagen en juridisch kader bij problematiek en/of schade.

- **Vergunningplichtige onttrekkingen:** Betreft grondwateronttrekkingen waarvoor een omgevingsvergunning vereist is. Waterschappen zijn bevoegd gezag voor de grondwateronttrekkingen binnen het beheergebied van het waterschap, voor zover het provinciaal bestuur niet bevoegd is. Provincies zijn bevoegd gezag voor onttrekkingen voor industriële toepassingen vanaf 150.000 m3 p/j, voor onttrekkingen ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening en voor open bodemenergiesystemen. Voor alle andere grondwateronttrekkingen in hun beheergebied zijn dus de waterschappen bevoegd gezag. In de waterschapsverordening staat of een dergelijke onttrekking vergunningplichtig is, of daarvan is vrijgesteld. Het gaat bijvoorbeeld over bronneringen en bouwputbemalingen.

De waterbeheerder dient in de besluitvorming over een onttrekkingsvergunning, voor een zorgvuldige belangenafweging, expliciet het schadeaspect mee te nemen. Hier bestaat een relatie met hoofdstuk 15 van de Omgevingswet over schade (de schadebepaling en aanvraag van schadevergoeding). De vergunning aanvrager kan⁶ zelf aangeven hoe hij schade aan de omgeving gaat voorkomen. Ook kan de waterbeheerder zelf via vergunningvoorschriften mitigerende maatregelen opleggen, waarmee voorzienbare schade zoveel mogelijk wordt voorkomen.

Wanneer er toch schade door grondwaterproblematiek ontstaat, is er bij een vergunningplichtige onttrekking een basis voor nadeelcompensatie in de Omgevingswet en Algemene wet bestuursrecht (Awb). Schade moet dan zijn veroorzaakt door een (rechtmatig) overheidsbesluit, uitgaan boven het normale maatschappelijke risico en onevenredig zijn. Ook intrekking of wijziging van een vergunning is een formeel besluit en daarmee rechtsgrond voor eventuele schadevergoeding. Het juridisch kader hieromtrent is uitgebreid, zie hiervoor bijvoorbeeld [Nadeelcompensatie | Informatiepunt Leefomgeving](#).

- **Niet vergunningplichtige onttrekkingen:** Betreft grondwateronttrekkingen die zijn vrijgesteld van een vergunningplicht. In de regel zijn grondwateronttrekkingen namelijk vergunningplichtig of, op grond van zelf vastgestelde algemene regels, informatie- en/of meldingplichtig. Wel of geen vrijstelling blijkt uit de waterschapsverordening en is afhankelijk van de omvang (debiet/kuubs per uur), duur, aantal en locatie. Denk aan grondwateronttrekkingen voor bouwputten, beregening, bevoeding, veedrenking, grond(water)sanering, sportvelden, recreatiedoeleinden en/of particuliere woningen. Het komt ook voor dat (meestal kleinere en/of kortdurende) onttrekkingen zelfs meldingsvrij zijn.

Omdat er bij een niet-vergunningplichtige onttrekking geen formeel besluit ligt, is er geen bestuursrechtelijke grond voor schadevergoeding. In essentie is een weg via het civielrecht mogelijk als er sprake zou zijn van een onrechtmatige daad. De juridische route is hier complex en afhankelijk van omstandigheden.

- **Peilverhoging van oppervlaktewater:** Betreft het verhogen van het waterpeil in bijvoorbeeld sloten, kanalen of andere watergangen. Er zijn juridisch gezien drie situaties relevant: een wijziging van het peilbesluit, een feitelijke peilverhoging zonder besluit of een wijziging van het streefpeil. Een peilbesluit is een formeel besluit van de

⁶ De aanvrager kan dat doen om het bevoegd gezag een handvat te geven om alsnog in te kunnen stemmen met een grondwateronttrekking die wel bezwaarlijk zou (kunnen) zijn zonder die mitigerend maatregelen.

waterbeheerder over het gewenste waterpeil. Een streefpeil is geen formeel besluit (in de zin van artikel 2.41 Omgevingswet) maar wel vastgesteld beleid dat zelfbindend is voor de waterbeheerder.

Het juridisch kader bij problematiek/schade is dan ook afhankelijk van welke situatie sprake is. Bij wijziging van het peilbesluit is er sprake van een formeel besluit dat juridisch toetsbaar is. Belanghebbenden kunnen bezwaar maken. Bij feitelijke peilverhoging zonder besluit kan er aanleiding zijn tot aansprakelijkheid wegens onrechtmatig handelen. Bij wijziging van het streefpeil, hoewel niet juridisch bindend, kan het wel gevolgen hebben voor schadeclaims.

Watergangen aanpassen / dempen / aanleggen: voor werkzaamheden aan watergangen zijn regels van toepassing van het waterschap, via de waterschaps verordening en de onderhoudsverordening.

- **Infiltreren en aanvullen:** Infiltreren betreft het in de bodem brengen van water, ter aanvulling van het grondwater, in samenhang met het onttrekken van grondwater. Veelal als maatregel om droogte en verdroging te voorkomen. In lijn met deze wettelijke definitie van infiltreren, wordt het in de bodem brengen van water met een ander doel dan het weer te onttrekken 'aanvullen' genoemd. Bij aanvullen valt in het gemeentelijk domein te denken aan een infiltratierool of infiltratievoorziening in de openbare ruimte, met als oogmerk het grondwater aan te vullen en/of het riool te ontlasten. Vanuit het domein van de waterschappen valt te denken aan oppervlaktewater in greppels te laten stromen om het water via die weg in de bodem te laten.

Grondwateronttrekkingen en de daarmee samenhangende infiltraties (inbreng in de bodem) zijn in het stelsel van de Omgevingswet een 'wateronttrekkingsactiviteit'. Hiervoor is er voor de waterschappen geen specifiek juridisch kader. Water in de bodem laten infiltreren, is vaak een feitelijke handeling maar geen formeel besluit. Voor zowel waterschap als gemeente zullen dan in de praktijk enkel de algemene zorgplicht (Ow) en de specifieke zorgplicht (uit waterschapsverordening dan wel omgevingsplan) van toepassing zijn.

Omdat het in de bodem brengen van water zonder daarmee samenhangende onttrekking vanuit wettelijk oogpunt geen infiltratie is, vallen die activiteiten niet onder de rijks- en decentraal regels voor infiltreren. Diegene die schade ondervindt van het aanvullen van water in de bodem, kan waarschijnlijk geen beroep doen op nadeelcompensatie onder de Omgevingswet.

Daar waar infiltreren in samenhang met een onttrekking plaatsvindt met een vergunning daarvoor, zoals in sommige gevallen door het drinkwaterbedrijf, worden de voorwaarden waaronder het infiltreren plaats mag vinden geregeld via de bij de vergunningen opgenomen voorschriften.

3.3 Loenen - Eerbeek

Bij grondwaterproblemen moeten betrokken partijen overeenstemming vinden in elkaars taken en verantwoordelijkheden om te komen tot gezamenlijk handelen op de problematiek. Deels kan hierbij worden geput uit jurisprudentie (kaders en richting vanuit eerdere casussen, zie hiervoor bijvoorbeeld de Kennisbank RIONED). Tegelijkertijd is iedere casus uniek, zo ook de situatie in Loenen - Eerbeek.

3.3.1 Betrokken partijen, beleid en voorgenomen ontwikkelingen

Partij	Beleid en instrumentaria	Voorgenomen ontwikkelingen	Belangen
Gemeente Brummen	-Omgevingsvisie -Water- en rioleringsprogramma -Andere omgevingsprogramma's -Omgevingsplan		
Waterschap Vallei & Veluwe	-Waterbeheerprogramma -Waterschapsverordening		
Provincie Gelderland	-POVI -Regionaal waterprogramma	o.a. onttrekkingen laagwaardige toepassing	o.a. voorraadbeheer

Partij	Beleid en instrumentaria	Voorgenomen ontwikkelingen	Belangen
Rijk Rijkswaterstaat	-NOVI -Diverse instructieregels -Deltaprogramma		
Particulieren (eigenaar, gebruiker) Gebouwen Percelen	-Vergunningen / algemene regels		
Onttrekkers -drinkwaterbedrijven -industrie -overige onttrekkers	-Vergunningen		-Ondernemen wateronttrekkingsactiviteiten. -Beschikbaarheid van grondwater.
Belangengroepen -beekstichting			-(Beekstichting) Watervoerende beken.

3.3.2 Feitelijke situatie

In de casus Loenen - Eerbeek is feitelijk sprake van een ontstane schadesituatie mede door de beëindiging van een vergunde grondwateronttrekking in combinatie met andere factoren.

Aansprakelijkheid

Wanneer de redentie van de wettelijke kaders en jurisprudentie wordt gevolgd, zou de vergunninghouder in deze situatie niet aansprakelijk zijn. Het gaat hierbij overigens nadrukkelijk om een redentie en geen juridische uitspraak. Het onttrekken van grondwater op grond van een vergunning is een verleend recht en kent geen opgelegde plicht. Met andere woorden, een onttrekkingsvergunning geeft het recht om te mogen onttrekken; van een verplichting om eeuwig te onttrekken is geen sprake. Het staat de vergunninghouder dus vrij een onttrekking te verminderen of te beëindigen zonder bevreesd te hoeven zijn voor nadeelcompensatieclaims.

Voor aansprakelijkheid kan ook worden gekeken naar de betrokken overheden. Het feit dat de vergunninghouder zelf besloot de onttrekking te stoppen en het dus geen formeel besluit van waterschap of provincie betreft, maakt echter dat de schade niet het gevolg is van het wijzigen (of intrekken) van de vergunning. Er is geen sprake van een schadeveroorzakend besluit volgens de Omgevingswet. Wat betreft de rol van de gemeente, gaat het bijvoorbeeld om het incidenteel of structureel zijn van de situatie (paragraaf 3.2.1). De casus Loenen - Eerbeek valt waarschijnlijk niet binnen de definitie van structurele grondwateroverlast volgens het beleid van de gemeente. De exacte feitelijke situatie is echter niet op alle criteria van de definitie voldoende inzichtelijk om deze nu te kunnen beoordelen.

Verhalen van schade

De Omgevingswet gaat in hoofdstuk 15 over Schade in op het verhalen van schade in een situatie waarin de schade is ontstaan door het stoppen of verminderen van een onttrekking. Indien een bedrijf zijn grondwateronttrekking stopt of vermindert, is het volgens de Omgevingswet niet aansprakelijk voor eventuele schade die hierdoor ontstaat. Uit jurisprudentie volgt namelijk dat een vergunning geen verplichting inhoudt om te blijven onttrekken. Het is voor het bevoegd gezag wel mogelijk om via de vergunningvoorschriften* (van bestaande en nieuwe vergunningen) rekening te houden met een mogelijke vermindering of stopzetting van de onttrekkingen. In de casus Loenen - Eerbeek voorzagt

de vergunning echter niet in dergelijke nazorgvoorschriften, wat het juridisch vrijwel onmogelijk maakt de kosten van mitigerende maatregelen, schade e.d. te verhalen op de private onttrekker.

De benadeelde partij kan slechts proberen het bedrijf aansprakelijk te stellen op basis van onrechtmatige daad uit het Burgerlijk Wetboek, maar de kans op succes is gering omdat stoppen van onttrekking geen wettelijke plicht schendt. Ook het aansprakelijk stellen van overheden is lastig. Rechtspraak laat zien dat aansprakelijkheid van gemeenten of waterschappen niet snel wordt aangenomen. Zeker als er geen overheidshandelen aan ten grondslag ligt. Alleen bij schending van de zorgplicht, of een duidelijk causaal verband tussen nalaten en schade, kan een overheid aansprakelijk zijn.

** Een eerste mogelijkheid betreft het opnemen van een meldingsvoorschrift. Voor het ten minste tijdig melden van sterk verminderen of stoppen van onttrekking, zodat geanticipeerd kan worden op mogelijke veranderingen in de grondwaterstand. Of zelfs een meldingsvoorschrift met bijvoorbeeld de verplichting om gedurende een bepaalde termijn na melding te blijven onttrekken en/of de onttrekkingen geleidelijk af te bouwen. Een tweede mogelijkheid is een voorschrift ter dekking van financiële zekerheid voor het nakomen van verplichtingen of voor de dekking van aansprakelijkheid voor schade voortvloeiend uit nadelige gevolgen van de onttrekking of het staken hiervan. Een derde mogelijkheid is een 'nazorgvoorschrift' waaruit volgt dat na het staken van de onttrekking veroorzaakte nadelige gevolgen worden weggenomen, gecompenseerd of beperkt. De nadelige gevolgen gaan hier niet alleen over de belangen van het waterbeheer (het watersysteem) maar ook belangen van derden (zoals onroerend zaken)⁷.*

⁷ P. de Putter en A. Tuinenburg, 'Omgaan met af te bouwen grondwateronttrekkingen: juridisch ofbestuurlijk spoor?', Water Governance 2016, pagina 21-22

4 Mogelijke handelingsperspectieven

In dit hoofdstuk zijn mogelijke handelingsperspectieven c.q. maatregelen beschreven. Daaraan voorafgaand is de feitelijke situatie in dit gebied samengevat, omdat dit inzicht geeft in wat de uitdagingen zijn en waarin de oplossing kan worden gezocht.

4.1 Hydrologische kenmerken en uitdagingen

Het gebied Loenen - Eerbeek ligt in de grondwaterfluctuatietoezone. Hier komen trage grondwater(toe-)stroming vanuit de hogere delen van de Veluwe en snelle reacties op neerslag en verdamping samen, wat leidt tot grote en trage fluctuaties in grondwaterstanden. Deze dynamiek maakt het systeem kwetsbaar: hogere of lagere grondwaterstanden kunnen lang aanhouden, zoals na een extreme neerslagperiode zoals in 2024 (herhalingstijd neerslag ~ 300 tot 1.000 jaar, zie paragraaf 2.5). Dit is niet gelijk aan de herhalingstijd voor de grondwaterstand; deze is niet onderzocht maar is kleiner.

Historisch gezien waren vooral de lagergelegen zones tussen de Eerbeekse Enk en Loenense Enk en het gebied richting Laag-Soeren nat. Dit blijkt uit bodemtypen, het vroegere landgebruik, en oude kaarten waarop watergangen zichtbaar zijn. Op de hogere delen zijn dorpen gebouwd en later uitgebreid. Door de komst van verschillende grondwateronttrekkingen werd het gebied geleidelijk droger. Rond de jaren '60 nam de schaal van deze winningen toe. Hierdoor verloren sommige sloten en greppels hun functie en vielen droog. Na een periode van droogval zijn deze op verschillende plekken gedempt (zoals rondom de Oude Beek Loenen, ten westen van de wijk Lombok).

Na enkele droge zomers (2018–2020) werd het droogteprobleem duidelijker door meer droogval van beken, en verdroging bij natuur en landbouw. Dit leidde in brede zin tot beleid van onder andere provincie en waterschap om beter gesteld te staan tegen droge perioden, bijvoorbeeld door onttrekking van grondwater voor laagwaardige toepassing te beperken. De sluiting van onttrekking De Hoop en de verdieping van de Vitens-winning zorgden voor een stijging van de grondwaterstand. Daarnaast viel er in de periode 2023–2024 uitzonderlijk veel neerslag. Deze combinatie heeft geleid tot wateroverlast.

Uit de analyses komen twee zones naar voren die gevoelig zijn voor hogere grondwaterstanden:

- Tussen Eerbeek en Loenen (op basis van geomorfologie, historie en peilbuisanalyse).
- Tussen Eerbeek en Laag-Soeren (vergelijkbare geomorfologie en historie, maar minder meetpunten voor peilbuisanalyse).

Dit valt samen met het gebied waar watergangen grotendeels zijn verdwenen. De afvoercapaciteit ontbreekt daardoor.

De grote hydrologische dynamiek van de grondwaterfluctuatietoezone waarin Loenen – Eerbeek ligt, maakt het kwetsbaar voor extreme neerslag. Klimaatverandering versterkt deze dynamiek: langere droge perioden en intensere neerslagpieken (en langere perioden met aanhoudende neerslag) zorgen voor grotere schommelingen in grondwaterstanden. Tegelijkertijd is het watersysteem niet eenvoudig direct te sturen, maar is het wel beïnvloedbaar. Daarbij spelen meerdere ruimtelijke functies en belangen tegelijk, zoals natuur, landbouw, wonen, werken en drinkwater. De kernuitdaging is het vinden van een manier waarop deze functies duurzaam en op een acceptabel kwaliteitsniveau kunnen behouden, terwijl de fysieke omstandigheden (grond- en hemelwater) veranderen en extremer worden.

4.2 Overzicht mogelijke maatregelen

In deze paragraaf worden verschillende mogelijke maatregelen verkend. Het gaat om opties die kunnen bijdragen aan het omgaan met de hydrologische dynamiek, de gevolgen daarvan en de opgaven in het gebied. Er wordt geen keuze gemaakt en geen oordeel gegeven; het doel is inzicht bieden in de knoppen waaraan gedraaid kan worden.

De mogelijke maatregelen zijn onderverdeeld in categorieën (richtingen genoemd) die een logische samenhang kennen. Startend met het diepere grondwatersysteem met onttrekking van water, daarna het ondiepe grond- en oppervlaktewatersysteem met aanpassingen aan of dicht onder het maaiveld, gevolgd door de manier waarop gebouwen water bestendig zijn gemaakt. Als laatste de manier waarop men omgaat met wateroverlast en droogte in beleid en gedrag.

- Grondwateronttrekkingen aanpassen
- Watersysteem aanpassen
- Bouwkundige aanpassingen aan gebouwen
- Beleidsmatige en gedrags-aanpassingen

In Tabel 4-1 is een kort en bondig overzicht opgenomen waarin ook kosten en uitvoeringsduur zijn aangestipt.

Het is een brede waaier aan denkbare oplossingen, zonder enige voorkeur. De onderstaande volgorde zegt dus niets over een voorkeur voor het een of het ander

Richting onttrekkingen

Grondwateronttrekkingen beïnvloeden de grondwaterstand. Door onttrekkingen in te zetten als beheersmaatregel kan dus grondwateroverlast worden tegengegaan. Er zijn hierin verschillende opties mogelijk:

Meer grondwater (ondiep) onttrekken

De maatregel 'Meer grondwater freatisch (ondiep) onttrekken' richt zich op het verlagen van de grondwaterstand daar waar dat problemen geeft of kan geven. In dit geval kan dat door de voormalige onttrekking van De Hoop weer in werking te stellen voor dit nieuwe doel, of door een nieuwe onttrekking in te richten. Dit onderscheid maakt uit voor de vraag wie de eigenaar is van de onttrekking, en wie bevoegd is om een vergunning te verlenen, en daarmee dan ook welke regelgeving/beleid van toepassing is. Vergunningverlener is dan of de provincie of het waterschap.

Deze maatregel sluit niet aan bij het beleid uit het provinciale RWP, tenzij het om hoogwaardig gebruik gaat. Deze maatregel kan lokaal de (toename van) grondwateroverlast beperken of tegengaan, wanneer de grondwateroverlast wordt veroorzaakt door het stopzetten of beperken van een bestaande grondwateronttrekking door een andere derde partij.

Voor een goede uitvoering is onderzoek nodig naar de effectiviteit van een nieuwe grondwateronttrekking als beheersmaatregel (wordt de overlast ermee beëindigd?). Daarnaast is onderzoek naar het doel van het onttrokken water (wie gaat het gebruiken) en de benodigde infrastructuur (pompen, leidingen), en naar het hydrologisch effect op de omgeving noodzakelijk. Beleidsmatig vraagt dit mogelijk om afstemming met ruimtelijke ordening van grondwaterafhankelijke natuur.

Het verwachte effect van deze maatregel is dat de situatie terugkeert naar die van vóór 2023 (moment van stopzetten onttrekking De Hoop). Een belangrijk voordeel is dat de grondwaterstanden worden verlaagd, dus dat er minder natte situaties zullen ontstaan. Daartegenover staat als nadeel dat de kans op droogte mogelijk ook verder toeneemt.

De actiehouders voor deze beheersmaatregel is niet duidelijk op voorhand. Het initiatief om een partij te zoeken die dit gaat doen, ligt bij de overheden. Die partij vraagt dan de benodigde vergunning aan. Het doel van de onttrekking bepaalt wie de vergunningverlener is. Voor een hoogwaardige toepassing is dat de provincie, voor een laagwaardige toepassing is dat het waterschap. De gemeente kan inbreng hebben als belanghebbende.

Flexibel onttrekken

De maatregel 'Flexibel onttrekken' richt zich op het verbeteren van de situatie door flexibel grondwater te winnen (variërend in de tijd, in debiet en diepte winnen in relatie tot de te verwachten hydrologische situatie). Bijvoorbeeld: in natte omstandigheden freatisch (ondiep) onttrekken om de grondwaterstand te verlagen, in droge perioden diep onttrekken om minder invloed te hebben op de grondwaterstand. Deze maatregel sluit aan bij beleid zoals Vitens-beleid 'Elke druppel duurzaam'. Voor een goede uitvoering is onderzoek naar haalbaarheid en sturingsopties en naar toepasbaarheid van het water noodzakelijk. Het verwachte effect van deze maatregel is dat de dynamiek van de grondwaterstand zal afnemen, maar dit moet nog wel onderbouwd worden door onderzoek. Hierbij moet ook onderzocht worden wat de reactietijden zijn van de winning op grondwaterstanden; wanneer moet water onttrokken worden om overlast te voorkomen. Een belangrijk voordeel is dat freatisch grondwater benut wordt wanneer het overvloedig aanwezig is, en dat wateroverlast wordt tegengegaan. Nadeel is dat het continue monitoring en sturing vergt, en dat het een complex systeem betreft. Dit vergt ook het aanpassen van andere onttrekkingsvergunningen.

De actiehouders voor deze beheermaatregel is niet duidelijk op voorhand. Het initiatief om een partij te zoeken die dit gaat doen, ligt bij de overheden. Die partij – mogelijk Vitens - vraagt dan de benodigde vergunning aan. Het doel van de onttrekking bepaalt wie de vergunningverlener is. Voor een hoogwaardige toepassing is dat de provincie, voor een laagwaardige toepassing is dat het waterschap. De gemeente kan inbreng hebben als belanghebbende.

Richting watersysteem

Deze richting bestaat uit ingrepen in het watersysteem aan het oppervlak om zo overlast tegen te gaan. Hierin zijn verschillende opties denkbaar:

Regenwater vasthouden en/of bergen bovenstrooms

Deze maatregel bestaat uit het verminderen van (oppervlakkige) afvoer over maaiveld bij piekbuien door dit bovenstrooms tijdelijk vast te houden. Bovenstrooms is hier indicatief het gebied ten zuidwesten van de spoorlijn. Dit sluit aan bij beleid zoals beleid 'Watersparen' WSVV. De afvoercapaciteit van de Eerbeekse beek is namelijk beperkt.

Voor een goede uitvoering is onderzoek naar de hoeveelheid maaiveldafvoer richting lage delen, de grootte van 'opvang-/infiltratiebekkens' en koppeling aan oppervlaktewater noodzakelijk, en eventuele ecologische effecten op het oppervlaktewater. Het verwachte effect van deze maatregel is dat neerslagpieken dan niet meer zorgen voor extra belasting voor het benedenstroomse gebied. Grondwateroverlast wordt hierdoor echter niet verminderd.

Afhankelijk van de situatie ligt de 1^e actie bij de gemeente of het waterschap (maatregel in bebouwde kom resp. buitengebied). Vanwege de samenhang met het beheer van het oppervlaktewater, zal het waterschap betrokken zijn of vergunning moeten verlenen. Beleidsmatig vraagt dit om afstemming met ruimtelijke ordening. Er is waarschijnlijk geen rol voor de provincie.

Grondwaterstroming tegengaan

Deze maatregel bestaat uit aanbrengen van fysieke barrières ondergronds ten westen van de dorpskernen om toestrooming van grondwater te beperken. Voor een goede uitvoering is hydrologisch, geologisch en ecologisch onderzoek noodzakelijk. Het verwachte effect van deze maatregel is dat grondwater bovenstrooms van de barrière stijgt en benedenstrooms daalt. Een belangrijk voordeel is dat grondwaterstanden in bebouwd gebied benedenstrooms worden verlaagd. Daartegenover staat als nadeel de grote impact op systeemwerking en verminderde wateraanvoer naar de IJsselvallei waardoor het risico op droogval bij beken groter wordt. Ook kan elders wateroverlast ontstaan door de barrière. Beleidsmatig vraagt dit om afstemming met ruimtelijke ordening en natuurbeheer.

De actiehouders voor deze maatregel is op voorhand niet duidelijk, maar het zal in ieder geval een overheidslaag zijn. Meest voor de hand liggend is dan de gemeente, met betrokkenheid van provincie en waterschap. De provincie en waterschap in rol van toetsers en vergunningverlener.

Watergangen toevoegen/herstellen/vergroten

Deze maatregel bestaat uit herstel, vergroting of aanleg van watergangen. Met herstel en vergroting van watergangen wordt de afvoercapaciteit ervan vergroot. Met de aanleg van nieuwe watergangen neemt de slootdichtheid toe, en wordt het grondwater ter plekke afgetopt.

Hierbij kan gedacht worden aan het herstellen van de watergangen welke in de droge perioden gedempt zijn omdat ze hun functie verloren waren (droogval). Ook kan gekeken worden naar het aanleggen van nieuwe watergangen bij de kwetsbaarste gebieden (op basis van natte locaties, of gevoelige functies). Het voordeel van watergangen (wanneer deze juist worden aangelegd en onderhouden), is dat deze hoge grondwaterstanden aftoppen, en kunnen droogvallen bij lagere grondwaterstanden zodat de impact op verdroging beperkt is. Deze maatregel sluit aan bij beleid voor klimaatadaptatie en robuuste watersystemen.

Een nadeel is dat deze maatregel vraagt om voldoende ruimte. Ook is het geen oplossing voor kelders die niet waterdicht zijn. Voor een goede uitvoering is hydrologisch onderzoek noodzakelijk.

Omdat het hier gaat om maatregelen in het oppervlaktewatersstelsel, ligt de 1^e actie bij het waterschap, of de gemeente als het binnen bebouwd gebied is. Vanwege de ruimtelijke inpassing moet de gemeente betrokken zijn.. Beleidsmatig vraagt dit om afstemming met ruimtelijke ordening. Er is waarschijnlijk geen rol voor de provincie. Vaak zal het gaan om percelen in particulier bezit, dus hun betrokkenheid is nodig.

Watergangen afvoercapaciteit behouden/borgen door beheer & onderhoud

Dit bestaat uit het intensiveren en borgen van onderhoud van bestaande watergangen en duikers om de beoogde afvoerfunctie te behouden. Dit past binnen de reguliere beheer- en zorgplicht. Voor een goede uitvoering is aanscherpen van het beheerplan noodzakelijk en toezicht. Het verwachte effect van deze maatregel is dat overtollig water beter kan worden afgevoerd. Een belangrijk voordeel is dat geen of beperkt extra ruimtebeslag vraagt en gebruik maakt van het bestaande systeem. Daartegenover staat als nadeel dat onzeker of het effect afdoende is en inzet van particulieren is nodig. Ook is het geen oplossing voor kelders die niet waterdicht zijn.

De actie ligt bij de eigenaren van het oppervlaktewatersysteem. Dat zullen vooral het waterschap, gemeente en diverse particulieren zijn. De 1^e actie voor deze maatregel ligt bij het waterschap (ook voor toezicht en handhaving), het is niet te verwachten dat een eigenaar van een watergang zonder meer hiertoe zelf initiatief zal nemen. Er is een rol voor de gemeente als het watergangen in gemeentelijk eigendom betreft. Er is waarschijnlijk geen rol voor de provincie.

Buisdrainage / Infiltratie systeem

Deze maatregel bestaat uit het aanleggen van drainage om grondwaterstanden lokaal te verlagen. Voor een goede uitvoering is hydrologisch en bouwkundig onderzoek noodzakelijk. Het verwachte effect van deze maatregel is dat grondwater wordt afgetopt zodat overlast beperkt blijft. Een belangrijk voordeel is dat lokaal de pieken afgevangen kunnen worden. Daartegenover staat als nadeel dat drainage goed moet worden onderhouden om te blijven werken, en er afvoer mogelijk moet zijn richting oppervlaktewater. De uitvoerbaarheid bij bestaande bebouwing kan moeilijk zijn. Ook is het geen oplossing voor kelders die niet waterdicht zijn. Hier valt ook onder de aanleg en onderhoud van regenwaterinfiltratiesystemen, die in het verleden zijn aangelegd.

Omdat het hier gaat om maatregelen in de openbaar stedelijk gebied in combinatie met die van particulieren, ligt de 1^e actie bij de gemeente. De aanleg van drainage speelt namelijk op buurniveau en vergt coördinatie met meerdere particulieren. Afhankelijk van de gekozen afvoer volgt betrokkenheid van het waterschap, als toetser en vergunningverlener. Er is waarschijnlijk geen rol voor de provincie.

Aanleggen sprengen

Het aanleggen van nieuwe sprengen (vanaf de Veluwe naar de IJsselvallei, dus loodrecht op de isohypsen) kan lokaal zorgen voor iets meer grondwaterafvoer. Het effect is beperkt; de bestaande sprengen hebben een beperkte afvoer. Deze maatregel kan ook zorgen voor verdroging bovenstrooms van de nieuwe spreng, waar dit mogelijk niet gewenst is.

Omdat het hier gaat om maatregelen die het oppervlaktewaterstelsel vergroten, ligt de 1^e actie bij het waterschap. Vanwege de ruimtelijke inpassing moeten particuliere grondeigenaren en de gemeente betrokken zijn. Afhankelijk van de mogelijke effecten op de omgeving kan er een rol liggen voor de provincie voor bv. natuur-toetsing en -vergunningverlening, en private partijen zoals de Bekenstichting. Beleidsmatig vraagt dit om afstemming met ruimtelijke ordening door provincie en gemeente.

Richting Bouwkundig

Deze richting gaat in op het voorkomen van overlast door de functies minder gevoelig voor natte situaties te maken.

Grondwaterdicht bouwen

Bij nieuwbouw is het belangrijk om te zorgen voor waterdichte constructies om schade in gebouwen door hoge grondwaterstanden te voorkomen. Deze maatregel sluit aan bij beleid zoals Bouwbesluit 2010 (deze maatregel is verplicht voor kelder die als verblijfsruimte wordt gebruikt) en met het advies in het Derde Waterhuishoudingsplan 2005-2009 van de provincie om rekening te houden met de grondwaterfluctuatietoezone rondom de Veluwe stuwwal.

Voor de uitvoering bij bestaande bebouwing is bouwkundig onderzoek nodig. Het verwachte effect van deze maatregel is dat er ondanks de natte situatie geen overlast optreedt bij woningen. Een belangrijk voordeel is dat geen ingrepen in het natuurlijke systeem nodig zijn. Daartegenover staat als nadeel dat investeringskosten hoog zijn bij bestaande bebouwing, en dat periodieke controle of herstel nodig is.

De actiehouders voor deze maatregel is op voorhand niet duidelijk. Uitvoering door de gebouw-eigenaar zonder informatie verstrekking hierover door de overheid is niet te verwachten. Voor de hand ligt een 1^e actie door de gemeente omdat het gaat om meerdere woningen en om het informeren van de eigenaren over deze situatie. Er is waarschijnlijk geen rol voor provincie of waterschap.

Voor nieuwbouw verloopt dit via bouwvoorschriften vooraf, voor bestaande bouw verloopt dit via vergunningverlening voor aanpassing aan de bestaande constructies. Andere betrokkenen zullen dan ontwikkelaars en eigenaren zijn.

Ophogen bestaande woningen

Deze maatregel bestaat uit het verhogen van bestaande woningen (opvijzelen) of het bouwen op palen van nieuwe woningen (footloose bouwen) om wateroverlast te voorkomen. Opvijzelen is complex en kostbaar, maar wellicht bij een verbouwing/ herstructurering een goede optie. Het verwachte effect van deze maatregel is dat er ondanks de natte situatie geen overlast optreedt bij woningen. Een belangrijk voordeel is dat beperkte ingrepen in het natuurlijke systeem nodig zijn. Daartegenover staat als nadeel dat investeringskosten hoog zijn en dit invloed heeft op het landschap.

De actiehouders voor deze maatregel is op voorhand niet duidelijk. Uitvoering door de gebouw-eigenaar zonder informatie verstrekking hierover door de overheid is niet te verwachten. Voor de hand ligt een 1^e actie door de gemeente omdat het gaat om meerdere woningen en om het informeren van de eigenaren over deze situatie. Er is waarschijnlijk geen rol voor provincie of waterschap.

Richting beleidsmatig en gedrag

Deze richting gaat in op het aanpassen van beleid zodat beter met overlast kan worden omgegaan, of dat deze voorkomen kan worden.

Acceptatie door inwoners van wateroverlast

In alle gevallen blijft er een rest-risico voor het optreden van wateroverlast, buiten de geldende normen, als normaal maatschappelijk risico. Het accepteren ervan houdt in dat bewoners zich bewust zijn dat de overheden niet alle wateroverlast kunnen c.q. hoeven te voorkomen, en dat bijvoorbeeld een niet waterdichte kelder niet bedoeld is als

verblijfsruimte. Dit vergt onderzoek naar de kans van optreden van deze situaties. Enerzijds is er geen verantwoordelijkheid met bijbehorende kosten en inspanningen bij de overheden. Anderzijds is er een kleine kans op overlast die blijft. Daarnaast kunnen minder draagkrachtige inwoners minder aan oplossingen doen, waardoor er een scheve verhouding kan ontstaan tussen inwoners.

Ondanks dat het “accepteren” bij de particulier ligt, vergt dit als 1^e actie van de gemeente. De inwoners moeten actief worden geïnformeerd over de situatie en de mogelijke risico's in de toekomst. Dit is een gezamenlijke overheidstaak. Omdat er een relatie ligt met provinciaal en waterschapsbeleid, kunnen zij een faciliterende en voorlichtende rol oppakken.

Bewustwording bij inwoners vergroten over risico's van wateroverlast

Een bewoner kan zelf ook maatregelen treffen op eigen terrein om schade door (grond-)wateroverlast te beperken. Een randvoorwaarde daarvoor is dat men op de hoogte is van de risico's voor wateroverlast, en wat men er eventueel zelf aan kan doen. Vanuit de 3 overheden wordt er al actief informatie gedeeld met de betrokkenen. Dit vergt inzicht in het gebied waar overlast mogelijk is, het toegankelijk maken van kennis en kunde, en bij voorkeur ook het opvolgen van de adviezen – wat heeft men er mee gedaan. De weerbaarheid van de betrokkenen neemt hierdoor toe. Het voordeel voor de bewoners is dat men naar eigen inzicht maatregelen kan treffen. Nadeel is dat er geen zekerheid is voor het treffen en onderhouden van passende maatregelen.

Er loopt reeds een traject waarbij het waterschap het voortouw heeft genomen en toewerkt in samenwerking met gemeenten en provincie naar een communicatiestrategie waarin informatie van het actuele systeem gebruikt moet gaan worden om de inwoners pro-actief te informeren over droogte en en wateroverlast. Informatie die via deze strategie met de inwoners gedeeld gaat worden gaat over de actuele situatie en de mogelijke risico's (op korte en lange termijn), en ook over mogelijke maatregelen die de inwoner zelf kan nemen. Goed om dit in samenwerking te doen als drie overheden. Er ligt tenslotte een relatie met provinciaal-, en waterschaps- en gemeentelijk beleid.

Passende nieuwbouw op passende plekken

Voorkomen van wateroverlast bij nieuwbouw kan het beste worden bereikt door alleen te bouwen op daarvoor geschikte locaties, en/of er rekening mee te houden in de bouwwijze bv. met een passende aanleghoogte van gebouwen. Dit wordt bijvoorbeeld bereikt door de richtinggevende principes van “Water en Bodem Sturend” toe te passen vroeg in het ruimtelijk ordeningsproces, en niet pas later bij de weging van waterbelang. Dit vergt nader onderzoek naar de kans op wateroverlast op die plekken, en in mogelijke maatregelen als er onverhoopt toch op een minder geschikte plek wordt gebouwd (zoals de gewenste aanleghoogte). Het voordeel is dat het een structurele oplossing is, en er dan (bijna) geen kans is op wateroverlast. Nadeel is dat dit geen oplossing is voor reeds bestaande bebouwing (en andere vormen van landgebruik). Beleidsmatig vraagt dit om afstemming met ruimtelijke ordening.

Omdat het hier gaat om ruimtelijke ordening en regelgeving ligt de 1^e actie bij de gemeente. Daarbij gebruik maken van kennis vanuit provincie en waterschap.

Tabel 4-1: Samenvattend overzicht van de handelingsperspectieven

Maatregel	Verwacht effect op wateroverlast klachten	Indicatie kosten (+ goedkoop tot ++++ kostbaar)	Indicatie uitvoeringsduur (+ snel tot ++++ lang)	Ruimtebeslag	Gericht op grond- of oppervlaktewater	Actiehouders / Initiatief
Meer grondwater (ondiep) onttrekken	Groot, regionaal: Terug naar situatie voor 2023. Lagere grondwaterstanden	++	+ tot +++	+	Grondwater	"Onttrekker" Provincie Waterschap
Flexibel onttrekken	Groot, regionaal: Lagere grondwaterstanden in natte perioden	++	++++	+	Grondwater	"Onttrekker" Provincie Waterschap
Regenwater vasthouden bovenstrooms	Zeer beperkt, lokaal: Neerslagpieken zorgen niet voor extra belasting. Geen effect op grondwater.	+	++	+++	Oppervlaktewater	Gemeente Waterschap
Grondwaterstroming richting Loenen - Eerbeek tegengaan	Groot, regionaal: Verlaging grondwaterstanden benedenstrooms. Mogelijk verplaatsing overlast	++++	++++	++	Grondwater	Overheid
Watergangen: toevoegen c.q. herstellen	Groot, lokaal: Aftoppen grondwater en afvoeren	++	++	+++	Beide	Waterschap Gemeente
Watergangen: beheer & onderhoud borgen	Beperkt, lokaal: Grondwater kan beter worden afgevoerd	+	+	+	Beide	Waterschap Particulier
Buisdrainage	Groot, lokaal: Aftoppen grondwater	++	++	+	Grondwater	Gemeente
Aanleggen sprengen	Zeel beperkt, lokaal effect	++	++	++	Beide	Waterschap
Waterdicht bouwen c.q. maken bestaande bebouwing	Groot, lokaal	+++	++	+	Grondwater	Gemeente Particulier
Ophogen woningen	Groot, lokaal	+++	+++	++	Beide	Gemeente Particulier
Accepteren	Beperkt	+	+	+	Beide	Gemeente Particulier
Bewustwording vergroten (kennis en kunde)	Beperkt	++	++	+	Beide	Gemeente Particulier
Passende nieuwbouw op passende plekken	Groot: Minder kans op overlast in de toekomst	++	+++	+	Beide	Gemeente

5 Conclusies en aanbevelingen

Op grond van de voorgaande hoofdstukken zijn hier conclusies getrokken, en aanbevelingen gedaan. Net als in het vorige hoofdstuk zit hier geen prioritering in. De conclusies volgen de indeling van dit rapport. Dat wil zeggen conclusies over de feitelijke situatie, over taken en verantwoordelijkheden en over maatregelen / handelingsperspectieven. Dat alles overziend hebbend, starten we met de samenvattende conclusies.

Als laatste onderdeel van dit rapport geven we diverse aanbevelingen.

5.1 Conclusies

Samenvattend

- (Grond-)wateroverlast in dit gebied is niet uit te sluiten. De combinatie van het natuurlijke bodem- en watersysteem en van menselijke factoren, spelen hierbij allebei een rol. Men dient hierop voorbereid te zijn.
- Deze situatie is niet aan één instantie of persoon toe te schrijven. Het is een gegroeide situatie, waarin – naast de natuurlijke omstandigheden – alle betrokkenen in meer of mindere mate een rol hebben gespeeld.
- Er zijn diverse maatregelen te treffen die het risico op overlast verkleinen. Een snelle eenvoudige oplossing lijkt er echter niet te zijn. Hiervoor is verder onderzoek nodig, zoals beschreven in hoofdstuk 4.
- Mede door de onzekerheid over het toekomstige klimaat, blijft er altijd sprake van kans op enige vorm van overlast, waarvan men zich bewust moet zijn.
- Het treffen van maatregelen is een gedeelde verantwoordelijkheid van overheden en inwoners. Vanuit hun rol en ervaring in dit gebied, ligt het initiatief voor informatievoorziening echter bij de regionale en lokale overheden.

Werking watersysteem en kwetsbaarheid bebouwing

- Het gebied Loenen-Eerbeek ligt in de grondwaterfluctuatietoneel, op de overgang van de Veluwe naar de IJsselvallei. Dit maakt bebouwing in het gebied kwetsbaar voor wateroverlast bij langdurige perioden van extreme neerslag.
- In deze zone komen namelijk trage grondwater(toe-)stroming vanuit de Veluwe en snelle stijging van grondwater door neerslag samen. Hogere of lagere grondwaterstanden kunnen lang aanhouden, zoals na een extreme neerslagperiode zoals die in 2024. Deze neerslag (periode) heeft een herhalingsperiode van circa 300 - 1.000 jaar, maar dit is niet gelijk aan de herhalingsperiode voor de grondwaterstand, welke vaker voorkomt.
- Naast deze natuurlijke kenmerken, spelen menselijke factoren een rol in de toegenomen kwetsbaarheid van het gebied. In de eerste plaats ligt een deel van de bebouwing op plekken die van oorsprong nat waren. In de tweede plaats is de grondwaterstand recent gestegen door het stoppen en verdiepen van een grondwaterwinning.
- Historisch gezien waren vooral de lageregelegen zones tussen de Eerbeekse Enk en Loenense Enk en het gebied richting Laag-Soeren nat. Dit blijkt uit bodemtypen, het vroegere landgebruik, en oude kaarten waarop watergangen zichtbaar zijn. Op de hogere delen zijn dorpen gebouwd en later uitgebreid. Door de komst van verschillende grondwateronttrekkingen werd het gebied geleidelijk droger. Rond de jaren '60 nam de schaal van deze winningen toe. Hierdoor verloren sommige sloten en greppels hun functie en vielen droog. Na een periode van droogval zijn deze op verschillende plekken gedempt.

Taken, rollen en verantwoordelijkheden i.r.t. wateroverlast

- De taken, rollen en verantwoordelijkheden met betrekking tot het waterbeheer en -overlast zijn verdeeld over “ons allen”; de overheden, de eigenaren van gebouwen en percelen, en de gebruikers van gebouwen en percelen. De verantwoordelijkheden betreffen veelal inspanningsverplichtingen, het zijn geen resultaatsverplichtingen. De omgang met wateroverlast is in die zin een gezamenlijke verantwoordelijkheid.

- De taken, rollen en verantwoordelijkheden zijn vastgelegd in wet- en regelgeving en beleid van de overheden. In de praktijk kan er sprake zijn van zgn. “aandachtspunten”. Niet elke (weers-)situatie is immers volledig vooraf te voorzien en te regelen. Daarnaast is het goed dat er ruimte is voor plaatselijk maatwerk, omdat elk gebied zijn eigen kenmerken en historie kent. Tenslotte speelt hierbij ook een rol dat er altijd een kans is op zeer extreme natuurlijke situaties, zoals extreem veel neerslag.
- In deze casus voor Loenen - Eerbeek is feitelijk sprake van een ontstane schadesituatie door een combinatie van factoren: een grondwaterstijging door de beëindiging van een vergunde grondwateronttrekking, in combinatie met de specifieke ligging en constructiekenmerken van bebouwing, en de extreme neerslag over een langere periode.

Handelingsperspectieven

- Er zijn diverse mogelijkheden om de kwetsbaarheid voor wateroverlast te verminderen. In hoofdstuk 4 zijn deze handelingsperspectieven opgesomd en beschreven. Deze zijn onderverdeeld naar:
 - Grondwateronttrekkingen aanpassen
 - Watersysteem aanpassen
 - Bouwkundige aanpassingen aan gebouwen
 - Beleidsmatige en gedrags-aanpassingen
- Er is geen snelle, simpele oplossing, wel zijn er perspectieven om de kwetsbaarheid voor wateroverlast te verkleinen.
- Elk handelingsperspectief heeft voor- en nadelen. Sommige verkleinen wateroverlast, maar vergroten bijv. droogte of vragen veel ruimte en vergen grote investeringen.
- Samenwerking daarbij tussen de 3 overheden (gemeente, waterschap, provincie) voor wat betreft het initiatief, en ook met betrokken bedrijven en inwoners is cruciaal.

5.2 Aanbevelingen

Op grond van het voorgaande komen wij tot de volgende aanbevelingen:

- Maak als de 3 overheden provincie, gemeente en waterschap een gezamenlijk actieprogramma. Basis voor dat programma zijn de in dit rapport genoemde handelingsperspectieven en verantwoordelijkheden. Neem in het actieprogramma op wat de doelstelling is, welke acties door wie en wanneer moeten worden uitgevoerd, welke middelen daarvoor nodig en beschikbaar zijn en hoe de voortgang wordt gemonitord.
- Zet de goede bestaande samenwerking tussen gemeente, provincie en waterschap voort. Deze instanties zien de hier ontstane situatie als onwenselijk, en willen er aan werken om de kans hierop in de toekomst te verkleinen. Pak als gemeente hierin de centrale rol, omdat de gemeente het dichtst op het gebied en de inwoners staat en ook de regierol heeft bij problematiek in het bebouwd gebied. In het landelijk gebied ligt een centrale rol voor het waterschap voor de hand. De rol van de provincie betreft een deel van de vergunningverlening en handhaving [van bv. onttrekking], en bv. ook het faciliteren van activiteiten van de andere overheden en bijdragen aan kennisontwikkeling en het leveren van expertise.
- Verbreed de kring van betrokkenen met inwoners en gebruikers van het gebied. Zorg voor een gedeelde kennisbasis, gebruikmakend van de inhoud van dit rapport. Informeer hen over de situatie, ieders rol daarin en bouw de genoemde maatregelen (uit het actieprogramma) verder uit gebruikmakend van hun ideeën daarbij.
- Pas de andere bestaande grondwateronttrekkingsvergunning in de omgeving aan. Neem in de vergunning op dat een sterke vermindering of beëindiging tijdig moet worden gemeld, zodat de omgeving kan anticiperen op mogelijke veranderingen in de grondwaterstand.
- Zorg ervoor dat nieuwe bebouwing vanaf nu, rekening houdt met het risico op wateroverlast. Pas de principes van water en bodem sturend toe, kies de juiste locaties en bouw op de juiste wijze
- De nu opgedane kennis werpt – achteraf – mogelijk een ander licht op in het verleden gemaakte keuzes. Keuzes met betrekking tot locaties voor woningbouw, aanleg en vervanging van riolering en regenwaterafvoer systemen. De aanbeveling is om deze aan een nadere inspectie te onderwerpen.
- Houdt bij ontwikkelingen in dit gebied die raken aan het bodem- en watersysteem rekening met de inzichten die volgen uit deze verkenning. Daarmee wordt de kans op nieuwe knelpunten - in de toekomst - verkleind.
- Vul de leemtes in kennis in, o.a. door meer metingen aan grond- en oppervlaktewater, en verken de mogelijke gevolgen van klimaatveranderingen.

6 Referenties

- [1] T. d. Meij, C. d. Otter, C. Stroet en M. A. P. Horsthuis, „Systeembeschrijving van de stuwwal van Ootmarsum,” 2015.
- [2] TAUW, „Wateroverlast Vallei en Veluwe 2023/2024,” Tauw, 2025.
- [3] „Bodem, ondergrond en watersysteem in kaart,” *Vallei en Veluwe: natuurlijk een gevarieerde regio*, 2023.
- [4] Arcadis, „Effectbepaling winningen Eerbeek,” 2025.
- [5] Arcadis, „Watersysteembeschrijving omgeving stuwwal Nijmegen,” 2020.
- [6] „Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (REGIS II v2.2.3),” 2025. [Online]. Available: www.DINOLoket.nl.
- [7] Naturalis, TNO, RGI en VU, „Geologie van Nederland,” [Online]. Available: <https://www.geologievannederland.nl/tijd/reconstructies-tijdvakken>.
- [8] TNO - Geologische Dienst Nederland, „Grondwatertools,” [Online]. Available: <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/>. [Geopend 2025].
- [9] Arcadis, „Grondwaterfluctuatietoneel informatievoorziening concept,” 2025.
- [10] „Regionaal Waterprogramma 2021-2027,” Provincie Gelderland, 2021.
- [11] Bekenstichting, „Bekenstichting - Behoud van Veluwe sprengen en beken,” Stichting tot Behoud van de Veluwe Sprengen en Beken, [Online]. Available: <https://www.bekenstichting.nl/>. [Geopend 14 November 2025].
- [12] Arcadis, „Eerbeek - analyse grondwaterstanden,” 2025.
- [13] KNMI, *Achtergrondinformatie neerslagindexen SPI en SPEI*, De Bilt, 2021.
- [14] KNMI, *Winter 2017/2018*, De Bilt, 2018.
- [15] A. Jongmans, M. van den Berg, M. Sonneveld, G. Peek en R. van den Berg van Saparoea, *Landschappen van Nederland*, Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2013.
- [16] R. Collenteur, M. Bakker, R. Caljé, S. Klop en F. Schaars, *Pastas: Open Source Software for the Analysis of Groundwater Time Series*, vol. 57, Wiley, 2019, pp. 877-885.
- [17] Kadaster, *Topografische Kaart Beekbergen, Hall*, Apeldoorn: hisgis.nl, 1832.
- [18] G. Ruumpol, *De verdeling van de marke van Eerbeek, Hall en Coldenhove*, vol. 1, Eerbeek: Oudheidkundige vereniging De Marke, 1993.
- [19] Waterschap Oost-Veluwe, *Legger van A-watervgangen en kunstwerken*, Twello, 1993.
- [20] Waterschap Vallei en Veluwe, *Watervgangen*, Apeldoorn, 2024.
- [21] Kadaster, *Topotijdreis*, Apeldoorn.

Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner die vooraan staat bij de meest impactvolle projecten van onze tijd. We helpen onze klanten duurzame keuzes te maken via de combinatie van digitale innovatie, expertise en toekomstgerichte vaardigheden in onder meer milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. Wij zetten die extra stap om onze klanten op maat gemaakte oplossingen te bieden voor ontwerp, engineering en advies. Door data-gedreven inzichten in te zetten geven we de natuurlijke en gebouwde omgeving samen vorm. Met meer dan 35.000 mensen bundelen we wereldwijde expertise en pakken we samen uitdagingen als klimaat, betaalbare energie en leefbare steden aan. We verbeteren de levenskwaliteit door onze aanwezigheid in meer dan 30 landen. In 2024 behaalden we een bruto-omzet van €5,0 miljard.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[Arcadis](https://www.arcadis.com)