

Monitoringplan grondwater

**Kanaal Almelo-De Haandrik
Provincie Overijssel**

25 oktober 2024 - Public

Contactpersoon

KEES DE VRIES

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 7895
1008 AB Amsterdam
Nederland

Inhoudsopgave

1	Aanleiding en doel van grondwatermonitoring	5
1.1	Aanleiding: vervanging van boordvoorzieningen	5
1.2	Doel van het grondwatermonitoringplan	6
1.3	Leeswijzer	7
2	Meetstrategie	8
2.1	Waarom meten?	8
2.2	Meten bij aandachtsgebieden	8
2.3	Wat wordt gemeten?	10
2.4	Hoe meten we?	12
2.5	Hoe lang?	13
2.6	Evaluatie meetnet	13
3	Gebiedsanalyse	14
3.1	Afbakening gebied en voorgeschiedenis	14
3.2	Hoogte en diepteligging	15
4	Monitoringsmeetnet	17
4.1	Ruimtelijke verdeling van meetpunten	17
4.2	Meetlocaties	17
4.3	Operationeel beheer en onderhoud meetnet	20
4.4	Voorstel meetnet	21
5	Databeheer en validatie	23
5.1	Validatie en analyse van verzamelde data	23
5.2	Datagarantie	25
5.3	Regelmatige afstemming	25
5.4	BRO en openbaarheid van gegevens	26
6	Protocol alarmeringen	27

6.1	Datakwaliteit en dataverlies	27
6.1	Niet fout, wel anders	27
7	Referenties	28
Bijlagen		
	Bijlage A Kaarten en tabel van meetpuntlocaties en bijbehorende metadata	29
	Bijlage B Validatie	30
	Bijlage C Grondwatersysteem	31
	Geologie en geomorfologie	31
	Grondwater	35
	Oppervlaktewater	38
	Bodem en landgebruik	39
	Colofon	41

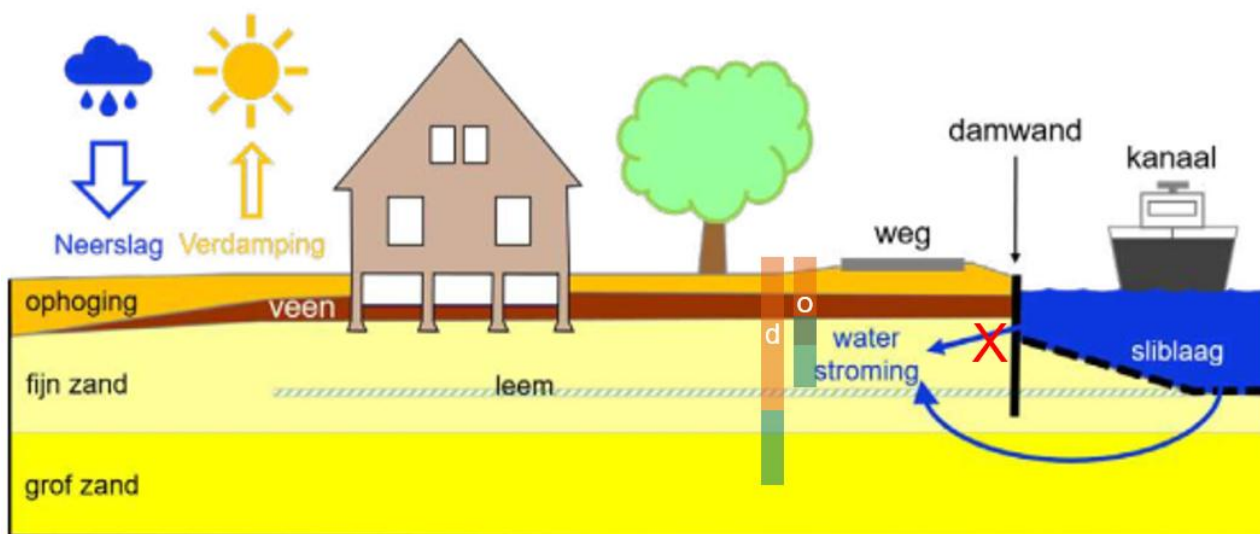
1 Aanleiding en doel van grondwatermonitoring

1.1 Aanleiding: vervanging van boordvoorzieningen

De aanleiding voor dit monitoringplan is de vervanging van boordvoorzieningen of damwanden langs Kanaal Almelo-De Haandrik. Vanaf 2024 start de provincie Overijssel met de vervanging van de boordvoorzieningen. Verwachting is dat dit duurt tot 2028. De vervanging betreft een tracé van circa 30,6 km. Voor de eerste fase staat voorbereiding van 10,8 km, verspreid langs het hele kanaal, op de planning.

De vervanging van de boordvoorzieningen heeft mogelijk invloed op grondwaterstroming en grondwaterstanden nabij het kanaal. Boordvoorzieningen zijn mogelijk met drie verschillende typen materiaal: hout, beton of staal. Afhankelijk van het type materiaal, en de staat van onderhoud, verliest het kanaal water naar de omgeving. Dit gebeurt via kieren en gaten in de boordvoorziening. Lekkage leidt tot een verhoogde grondwaterstand direct achter de kanaaloever. Dit zorgt voor een continue grondwaterstroom vanaf het kanaal naar de naastgelegen poldersloten of eventuele drains in bebouwd gebied. Het grondwater direct achter de damwanden bleek bij eerdere vervangingen in de orde van 0,5 tot 1,5 m te zakken.

Vervangen van de voorzieningen leidt tot een waterremmende constructie: het waterverlies door de planken of schotten stopt erdoor, zodat er geen uitwisseling meer is tussen oppervlaktewater in het kanaal en grondwater rondom het kanaal. Als uit metingen of ervaring bekend is dat de grondwatersituatie verandert ten nadele, treden passende maatregelen in werking.



Figuur 1 Weergave van damwandvervanging, grondwaterstroming en locatie van peilbuizen (indicatief). Illustratie uit [1]

Het lekken van grondwater via damwandplanken is lastig direct te meten of te modelleren. Daarom zijn de metingen op kwetsbare locaties, intensief. De weerstand van de damwand speelt een rol, maar ook de sliblaag, aanwezigheid of ontbreken van de leemlaag, en de veenlaag langs het kanaal.

Inzicht in de grondwaterstanden voor, tijdens en na de werkzaamheden is daarom ook wenselijk om beïnvloeding door de oeververvanging te duiden. Dit monitoringsplan beschrijft hoe wij de grondwaterstanden meten, welk meetnet wij hiervoor ontworpen hebben en hoe wij de gegevens beheren. Rapportage van deze monitoring is publieksvriendelijk, omdat belanghebbenden de rapportage kunnen opvragen.

Het opstellen van het monitoringplan is stap 1 in de monitoring. Stap 2 is het inrichten van het meetnet, dus het plaatsen van de peilbuizen. Stap 3 betreft het meten, verzamelen, analyseren en rapporteren van de grondwaterstanden. Deze versie van het monitoringsplan is een conceptversie, voor bespreking tussen de opdrachtgever, het veldbureau en de aannemer.

1.2 Doel van het grondwatermonitoringplan

De provincie Overijssel beschreef het doel van de monitoring als volgt:

1. Vaststellen of en in welke mate er tijdens en na de werkzaamheden aanpak boordvoorzieningen er “structurele” veranderingen in de grondwaterstand c.q. grondwaterregime, zijn opgetreden. Dit vertaalt zich verder naar het vaststellen van de nulsituatie en het vaststellen van de situatie na uitvoering van de maatregelen.
2. Verwerven van een zodanig inzicht in het grondwatersysteem, dat vastgesteld wordt of dergelijke veranderingen inderdaad zijn veroorzaakt door de uitgevoerde maatregelen, of door andere factoren.

In andere woorden:

- De provincie zal doelmatig en efficiënt grondwatermetingen uitvoeren om de huidige toestand vast te leggen.
- De monitoring is nodig om in de gaten te houden of bij vervanging van de damwanden het grondwater zich anders gaat gedragen.
- Bij afwijkende grondwaterstanden rondom werkzaamheden aan boordvoorzieningen is de vraag: hoe komt dat? Met de metingen, met de gelogde activiteiten en met een beknopte analyse bepalen we plausibele verklaringen. De nadruk ligt hierbij op de momenten bestemd voor werk aan de boordvoorzieningen en op wijzigingen die samenhang tonen met de vervanging van de boordvoorzieningen.
- Meten is weten. En het delen van deze kennis is belangrijk om vertrouwen te kweken en om te zorgen dat alle betrokken partijen goed geïnformeerd in gesprek blijven over eventuele nadelige effecten van het werk.

De verzamelde informatie en de analyse delen we met de aannemer. Deze kan hierdoor direct actie ondernemen op onvoorziene neveneffecten: bij over- of onderschrijding van signaalwaarden worden aanvullende voorzieningen getroffen om de grondwaterstanden zo snel mogelijk weer binnen de signaalwaarden terug te brengen. Dit gebeurt totdat de grondwaterstanden weer binnen de grenswaarden liggen. De betrokken partijen kunnen de jaarlijkse rapportages over de monitoring van het grondwater via de provincie opvragen en ontvangen. Daarnaast komen de meetgegevens periodiek terecht bij de BRO, zo borgen wij transparantie van de monitoring.

1.2.1 Eisen voor het monitoringsplan grondwater

Het monitoringsplan beschrijft hoe we langs het kanaal een meetnet inrichten en onderhouden. Met een operationeel meetnet voor grondwater zorgt de provincie Overijssel voor een betrouwbaar en continu inzicht in de gemeten grondwaterstanden. Om meetwaarden te vertalen naar informatie over het grondwatersysteem is deze betrouwbaarheid essentieel. Het monitoringsplan bestaat uit dit groeidocument, een (digitale) kaart van de meetlocaties en uit een register van de kenmerken van de peilbuizen.

Het resultaat van het monitoringsplan en het meetnet is een goed leesbare rapportage waaruit blijkt of er structurele veranderingen zijn opgetreden (doel 1), en als er veranderingen zijn opgetreden: een heldere analyse van de mate waarin uitgevoerde maatregelen de verandering verklaren (doel 2). Het registreren van relevante andere factoren (bijvoorbeeld meer regenval of andere bodemroerende werkzaamheden) hoort om die reden ook bij de monitoring.

Fasering

Het monitoringsplan volgt de werkzaamheden aan het kanaal, dat gefaseerd plaatsvindt. In de ontwikkelfase dient het plan om te verkennen of de voorgestelde locaties geschikt zijn, en passen, binnen de randvoorwaarden van het project. De voorbereidings- en uitvoeringsfase zijn ter bepaling van de definitieve locaties van meetpunten en begint met de inzameling van gegevens. De operationele fase is voor bijhouden van bijzonderheden. De inzichten uit de operationele fase dienen om tijdens het project de locatie voor de te plaatsen meetpunten, te optimaliseren.

De vervanging van damwanden gebeurt ook in fases. De actuele (onderhavige) scope draait om een totale lengte van circa 10,8 km. Ook in het verleden, voorafgaand aan deze fase, zijn damwanden vervangen. Het is waarschijnlijk dat het type damwandvervanging een indicator is voor effecten op de omgeving. In overleg met de opdrachtgever brengen we in beeld welk type damwandvervanging extra aandacht nodig heeft. In het ontwerp van het meetnet houden we dus rekening met de geohydrologische situatie, en het type werkzaamheden op de verschillende plaatsen langs het kanaal.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 omvat een gebiedsanalyse over de geohydrologische opbouw rondom het kanaal. De gebiedskennis leidt tot inzicht in welke locaties het meest geschikt zijn voor het monitoringsmeetnet dat in hoofdstuk 4 staat. Hoofdstuk 2 beschrijft de meetstrategie van het meetnet. Vervolgens staat in hoofdstuk 5 hoe met de gegevensstromen wordt omgegaan en hoe deze beoordeeld worden – dit om de gegevensstromen uit het monitoringsmeetnet te verwerken. In hoofdstuk 6 staan ten slotte de protocollen voor alarmeringen vanuit het meetnet.

2 Meetstrategie

De meetstrategie beschrijft welke uitgangspunten van belang zijn voor keuzes over waarom, waar, hoe, wat, en hoe lang we meten.

2.1 Waarom meten?

Het doel van de grondwatermonitoring langs kanaal Almelo-de Haandrik is inzicht verkrijgen in de huidige situatie en constateren en eventueel verklaren van veranderingen in het grondwater ten gevolge van werkzaamheden. Provincie Overijssel wil dit meten om als opdrachtgever de vinger aan de pols te houden (*veroorzaakt mijn project geen nadelige effecten voor de omgeving*) en om te werken aan vertrouwen (*Provincie Overijssel laat zien dat er geen nadelige effecten optreden, en komt in actie als dat wel dreigt te gebeuren*).

Het op tijd delen van de uitkomsten met directe betrokkenen en met de aannemer die de werkzaamheden uitvoert is belangrijk. Om die reden is een online systeem met een alarmeringsfunctie van belang.

Het vastleggen van de grondwaterstanden is ook van belang. Dit is nodig om het gesprek of de dialoog over effecten van de werkzaamheden door te laten lopen. De meetresultaten moeten betrouwbaar zijn en voor alle partijen toegankelijk, zodat er in ieder geval geen discussie is over het systeemgedrag van het grondwater.

Er zijn enkele gevallen waarbij meten niet nodig is. Meten is overbodig als nadelige effecten uit te sluiten zijn, of als de mogelijke verandering van grondwaterstanden geen gevolgen heeft voor het aanwezige landgebruik. Er hoeft niet gemeten te worden op delen van het kanaal waarbij het omliggende oppervlaktewater hetzelfde waterpeil heeft als het kanaal.

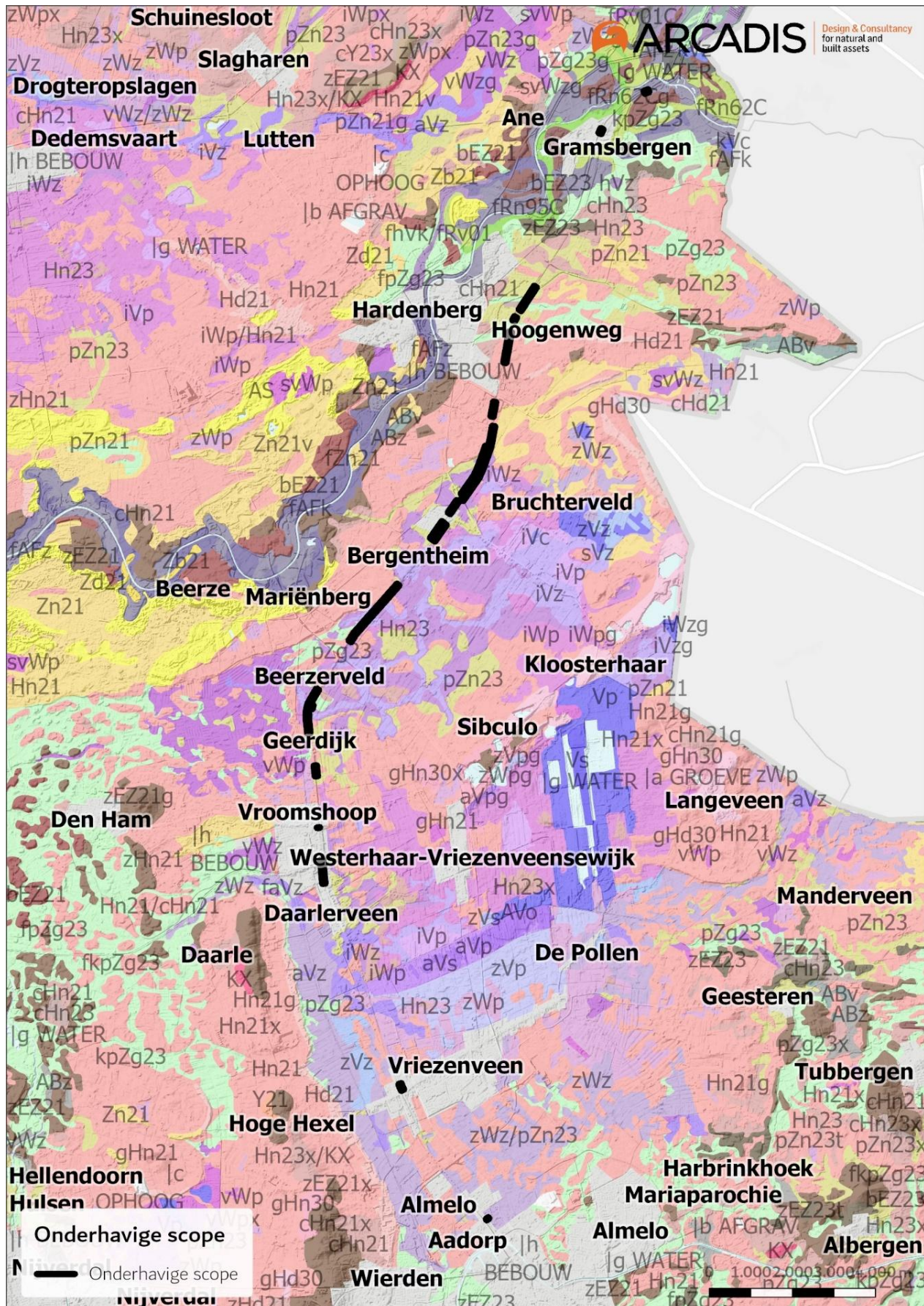
Meten heeft ook weinig toegevoegde waarde in gebieden waar verandering van het grondwater van 1 à 2 m geen gevolgen heeft voor funderingen en de stabiliteit van gebouwen.

2.2 Meten bij aandachtsgebieden

Om uit te sluiten dat er verschillen optreden na ingrepen, moet je meten dicht bij locaties waar (in de toekomst) waarschijnlijk aanpassingen nodig zijn én je moet een referentie hebben (een ongestoorde situatie: dicht bij het kanaal en misschien op grotere afstand). Meetpunten komen op 5 à 10 m vanaf de kanaalrand tot maximaal 50 m vanaf het kanaal. Deze grens is vastgelegd in de monitoringsscope van de provincie. Bovendien zijn de veranderingen die komen door werkzaamheden aan het kanaal, dicht bij het kanaal beter te meten dan verder weg.

Meetpunten komen geconcentreerd op locaties met panden of grondlichamen, en locaties kwetsbaar voor ongelijke zettingen en verandering van grondwaterstanden. Dat houdt in dat we meer meetpunten voorstellen bij woningen van het bouwjaar 1970 en eerder (funderingen op staal zonder betonbalken of houten heipalen [2]) en minder of geen meetpunten bij nieuwere woningen. Bij voorkeur vinden metingen plaats op openbaar terrein. Indien in de openbare ruimte geen geschikte meetlocatie blijkt te zijn, komen er afspraken met kaveleigenaren om meetpunten op privéterreinen te plaatsen. Met de eigenaar gaan deze over toegang voor onderhoud en uitlezen van de peilbuizen, over instandhouding en toekomstige verwijdering van de meetpunten. Alle meetgegevens zijn openbaar, dus voor iedereen inzichtelijk. We gaan deze doornemen met de eigenaren: bij bezwaar moeten we extra afspraken maken.

Uit eerder onderzoek [1] bij een aantal kenmerkende of kwetsbare woningen, blijkt dat de aanwezigheid van een veen- of leemlaag invloed heeft op de stabiliteit van fundering op staal (de strokenfundering). We karteren het voorkomen (de kans op aanwezigheid van deze veen- of leemlaag) en doen daarom een voorstel voor de plaatsing van peilbuizen boven en onder de storende laag. Zo brengen we de fluctuatie boven en onder de storende laag in beeld. Het onderzoek naar schade aan woningen heeft zich geconcentreerd op het tracé Beerzerveld-Daarlerveen (circa 7 km, kilometervak 9 t/m 16). De kaart met veen in de ondergrond (paarse vlakken, aangevuld met de weerstand van de veenlaag uit het regionale model MIPWA) laat zien ook ten noorden van Beerzerveld en ten zuiden van Daarlerveen locaties met (ondiepe) veenbodems voorkomen.



Figuur 2 Locatie van de werkzaamheden en de bodemkaart: bodemtypes met veenlagen hebben een V of W in de afkorting

Op enkele locaties vinden ook metingen plaats bij het spoorlichaam. Dit gebeurt op plaatsen waar het spoor op minder dan 50 m afstand tot het kanaal ligt en werkzaamheden aan de kanaalbeschoeiing zijn gepland. Het spoor ligt (binnen de vastgestelde scope) alleen op het traject tussen Gramsbergen en De Haandrik (29 – 32 km vanaf het beginpunt van het kanaal), dat is minder dan 50 m vanaf het kanaal.

2.3 Wat wordt gemeten?

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de in dit monitoringsplan bijgehouden meetactiviteiten. Veel gegevens zijn digitaal opgeslagen in systemen van derden. Dit project houdt specifiek uitvoering bij van werkzaamheden aan het kanaal. Ook activiteiten van derden die een verklaring kunnen zijn, komen terecht in een logboek.

Tabel 1 Meetnetwerken ter ondersteuning van het grondwatermonitoringsnetwerk

Deelaspect	Meetnet	Status	Actie	Bron
Grondwater	Meetnet kanaal Almelo-de Haandrik*	Ontwerp		
	Meetnet derden	Digitaal beschikbaar		https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens
	BRO	Digitaal beschikbaar		https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens
Meteorologie	KNMI	Digitaal beschikbaar	Ophalen ieder kwartaal	https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens
Open water	Rijkswaterstaat	Digitaal beschikbaar	Ophalen ieder kwartaal	https://waterinfo.rws.nl/#/publiek/waterhoogte
	Provincie Overijssel, meetnet kanaal Almelo-de Haandrik*			
	Waterschap Vechtstromen	Peilbesluit digitaal beschikbaar, meetpunten opvragen	Opvragen	https://kaarten.vechtstromen.nl/openbaar/map.html?webmap=ad7f541961894786af2751650a0cd003
Activiteit aannemer	Logboek aannemer	Ontwerp	Opvragen ieder kwartaal	
Overige activiteiten	Logboek projectleider provincie Overijssel	Ontwerp	Opvragen ieder kwartaal	

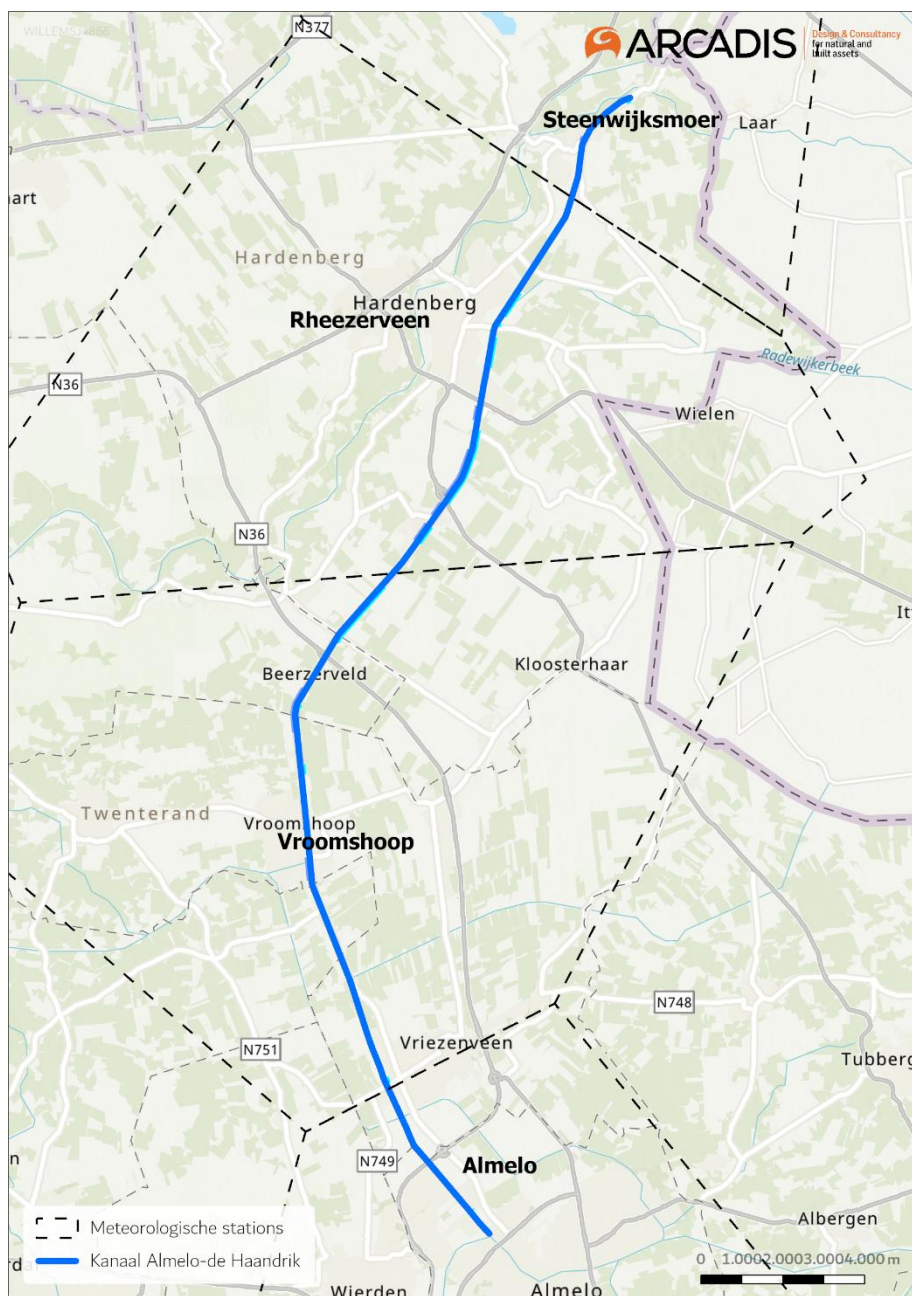
* Dit is het meetnet wat voortvloeit uit dit monitoringsplan

Grondwater

De drukhoogte van het grondwater (ondiep) en de stijghoogte van het grondwater is de belangrijkste te meten parameter. We meten in peilbuizen en krijgen daarmee een indruk van de gemiddelde waarde en de fluctuatie van het grondwater op een punt. Bij aanwezigheid van een dikke klei-, leem- of veenlaag binnen 4 meters min maaiveld (m-mv) meten we op dezelfde locatie op twee diepten. De ruimtelijke verdeling (in het vlak en ook in de diepte) is relevant voor de naastgelegen objecten. Door bewerking van de gegevens is een schatting te geven van het gedrag van het grondwater op grotere afstand van de peilbuizen.

Neerslag en verdamping

Het gedrag van grondwater is te verklaren door de neerslag en verdamping te vergelijken met de gemeten waarden. Langdurige meetreeksen van neerslag zijn beschikbaar via het KNMI. De neerslagstations Steenwijkermoer, Rheezeveen, Vroomshoop en Almelo liggen op maximaal 5 tot 8 km van de relevante locaties langs het kanaal. De weerstations Heino, Hoogeveen en Twente zijn, op iets grotere afstand, relevant voor de verdampingscomponent.



Figuur 3 Ligging van neerslagstations ten opzichte van kanaal Almelo-De Haandrik

De afstand tot aan de meetpunten is relatief kort. Het is niet nodig om aanvullende neerslag- of verdampingstations op te nemen in het monitoringsplan.

Waterpeilen

Variatie in het waterpeil is ook relevant voor het verklaren van variatie in het grondwater. Voor zover bekend meet Rijkswaterstaat de waterpeilen aan de buitenzijde van het kanaal (locaties Haandrik Kruisbrug en Sluis Aadorp aan de zijde van Almelo). De sluizen aan de kanaalzijde hebben wel peilschalen en mogelijk ook automatische registratie van

waterpeilen. Om verzekerd te zijn van een continue meetreeks van het waterpeil op het kanaal worden **twee oppervlaktewatermeetpunten** geïnstalleerd. Deze gegevens worden meegenomen in de analyses.

De waterpeilen in de regionale wateren worden beheerd door Waterschap Vechtstromen. We brengen de streefpeilen van de omliggende poldersystemen in beeld in overleg met het waterschap.

Voor een aantal relevante watergangen langs het kanaal gelden mogelijk waterpeilen die hoger liggen dan de waterpeilen elders in de afwateringsgebieden. De waterpeilen in de naastgelegen sloten schatten we via een GIS-analyse aan de hand van hoogtemetingen (AHN4: 5% laagste waarde langs de sloten).

Activiteiten

De werkzaamheden voor de vervanging van oevervoorzieningen komen in een logboek: per locatie, met daarbij aanvang en einddatum van fysieke ingrepen en de coördinaten daarvan. Voor een aantal zaken gebeurt dit in afstemming en samenwerking met de aannemer, namelijk: loggen van verwijdering van de oorspronkelijke voorziening, het aanbrengen van nieuwe maatregelen en het moment van opleveren van een 'gesloten' toestand van de nieuwe voorziening.

Overig grondwerk (ontgravingen, aanbrengen of verplaatsen van leidingen) en bemalingen/verandering van waterpeilen worden ook gelogd, inclusief datums, tijden en locatie-coördinaten.

Naast de werkzaamheden vanuit de aannemer komt er vastlegging van overige significante werkzaamheden, waaronder onderhoud aan bruggen en sluizen, baggeren, incidenten in de vaarweg (door de provincie Overijssel); bemaling bij bouwwerken langs het kanaal (door het waterschap Vechtstromen); en aanhoudend hoogwater of droogte/lage waterstanden op het kanaal en de omliggende watersystemen.

2.4 Hoe meten we?

Peilbuizen meten grondwater. Voor de peilbuizen die nog geplaatst moeten worden, vindt verkennende boring plaats. Dit om na te gaan of er een significante veen- of leemlaag aanwezig is tussen 1 en 3,5 m onder maaiveld. Dat gebeurt aan de hand van de veendikte- (MIPWA via NHI) en bodemkaart.

Alle peilbuizen krijgen een filter van 1 of 2 m aan de onderzijde. Via het filter staat de peilbuis in verbinding met het grondwater in de aangeboorde laag. De peilbuizen zijn uitgerust met drukopnemers die, via een automatische correctie met de atmosferische druk, waterstandverschillen meten. Drukopnemers delen vervolgens elk uur de gemeten grondwaterstand via een communicatienetwerk naar het dataportaal in een online omgeving. Betrokken hydrologen en de aannemer krijgen toegang tot de website van de online omgeving en kunnen deze data zo direct zien.

Daarna vindt gegevenscontrole plaats op afwijkende metingen. Dat gebeurt via een script. De gegevens worden eens per kwartaal door een geohydroloog gevalideerd en vrijgegeven als 'gecontroleerde meetreeks', waarbij verwijdering plaatsvindt van foute metingen uit de gecontroleerde meetreeks. Eens per half jaar wordt de meetreeks aangeboden aan het BRO-archief. Daarna komen de data als gecontroleerde gegevens openbaar en beschikbaar voor iedereen.

De metingen van neerslag, verdamping en waterpeilen worden bijgehouden in overige digitale platforms (KNMI, Rijkswaterstaat, waterschap Vechtstromen en provincie Overijssel). Voor onze analyse is er eens per kwartaal opvraging van data, ook voor gebruik in de statistische analyses. Bijhouden van activiteiten (door provincie Overijssel en aannemer) gebeurt in Excel-tabellen.

2.5 Hoe lang?

Voor een periode van 8 jaar volgen we de meetpunten. Dit gebeurt vanaf oktober 2024 tot en met oktober 2032. Hierbij dekt de meetperiode drie verschillende fases van de uitvoering van de beschoeiingsvervangings:

1. Referentiefase.
2. Realisatiefase.
3. Gebruiksfasen.

Fase 1 – Referentiefase

Deze fase, minimaal één jaar startend voor van de grondwaterbeïnvloedende werkzaamheden, is bedoeld om de referentiegrondwaterstanden vast te stellen. Tijdens deze eerste fase zijn er geen grondwaterbeïnvloedende werkzaamheden die totstandkoming van een betrouwbare referentiemeetreeks negatief beïnvloeden. Er komen in de referentiefase ook peilbuizen die na een jaar worden geanalyseerd op bruikbaarheid.

Fase 2 – Realisatiefase

Deze fase duurt 3 jaar voor het hele traject (op zijn beurt opgedeeld in fasen) en omvat monitoring tijdens de grondwaterbeïnvloedende werkzaamheden. Deze monitoring betreft onder andere: vervanging van de kadebeschoeiing, realisatie van de beoogde maatregelen voor grondwaterbeheersing, werkzaamheden aan de damwanden (inbrengen en verwijderen) en aanleggen van natuurvriendelijke oevers. Het belangrijkste doel in deze fase is om vast te stellen of er sprake is van negatieve beïnvloeding van grondwaterstanden tijdens de realisatiefase. Is dat het geval, dan volgt bijsturing van de werkzaamheden als de beoogde maatregelen niet blijken te voldoen. Alarmeringswaarden voor deze fase, die de aannemer gebruikt, komen uit de referentiefase. De aannemer kan hierdoor optimaal (maximaal binnen een week) reageren op veranderingen. Tijdige en correcte alarmering door de aannemer is hierbij essentieel, waarbij de correcte werking van het monitoringsnetwerk een verantwoordelijkheid is van Arcadis en Wiertsema & Partners.

Fase 3 – Gebruiksfasen

De monitoring tijdens deze fase duurt 2 jaar, met een maximale verlenging van 2 jaar, en bouwt voort op de monitoring na de realisatiefase. De gebruiksfasen is om vast te stellen of is voldaan aan de toegestane afwijkingen van de GLG en GHG in vergelijking met de vastgestelde grondwaterstanden uit de referentiefase. Na de eerste 2 jaar kiezen we vervolgens of en voor welke meetpunten verdere monitoring nodig is. Een aantal meetpunten (waar een wens voor extra monitoring blijft bestaan vanuit de opdrachtgever) zal na de werkzaamheden, uiterlijk in 2032, overgedragen worden aan provincie Overijssel. Uiterlijk oktober 2032 is ontmanteling van overige deel van het netwerk.

2.6 Evaluatie meetnet

Evaluatie van het meetnet vindt plaats in enkele intervallen. Doel hiervan is: beoordeling of het meetnet de gewenste informatie oplevert. De evaluatie omvat toetsing of het meetnet, en de wijze van monitoring, de meetdoelen weten te bereiken. Dit gebeurt in drieën:

1. Zes maanden na aanvang van de monitoring leveren we grafieken en kentallen op. Dit om een eerste indruk te krijgen van grondwaterkenmerken langs het kanaal. De 10% meest afwijkende meetreeksen analyseren we en bespreken we met de opdrachtgever. Indien nodig doen we een voorstel voor aanpassing van de meetlocaties of van de meetmethode opgesteld en besproken.
2. Een jaar na start van de monitoring voeren we statistische analyses uit voor alle peilbuizen. We toetsen op onderlinge samenhang (correlatie) tussen peilbuizen, op autocorrelatie en leveren verklarende variabelen (EV) vanuit neerslag, verdamping en waterpeilen. De grafieken met afwijkingen van de verwachtingswaarde gebruiken we om te toetsen of de meetgegevens voldoen aan de monitoringsvraag. De basiskennmerken van het grondwaterregime slaan we op in tabelvorm en per peilbuis.
3. Gedurende uitvoering van de werkzaamheden komt er een rapportage die vastlegt of er afwijkingen optreden die de alarmwaarde overstijgen. Deze komen terecht in onderzoek lopend tot maximaal 1 jaar na werkzaamheden om na te gaan wat de samenhang is tussen afwijkingen en werkzaamheden, en in de periode daarna voor trendonderzoek voor eventuele nazorgmaatregelen door de opdrachtgever. Hierbij wordt gehanteerd dat bij een waargenomen afwijking van de grondwaterstand van meer dan 5 cm die niet door andere factoren verklaard kan worden, de afwijking verholpen moet worden door aanvullende voorzieningen te treffen.

3 Gebiedsanalyse

Dit hoofdstuk vermeldt de belangrijkste zaken voor de grondwatersituatie rondom het kanaal.

3.1 Afbakening gebied en voorgeschiedenis

Het kanaal Almelo-de Haandrik begint in Almelo bij Sluis Aadorp en eindigt bij Sluis De Haandrik in Gramsbergen, nabij de rivier de Vecht (km 31-32). Het kanaal is aangelegd in de negentiende eeuw om de Overijsselse kanalen van water te voorzien. Hierdoor heeft het behalve een transportfunctie ook een waterverdeelfunctie. De belangrijkste gebeurtenissen voor het kanaal zijn geweest:

Tabel 2 Relevante gebeurtenissen van Kanaal Almelo-De Haandrik

jaar	Gebeurtenis
1857	Ingebruikname van het tracé Almelo - Vroomshoop - De Haandrik
1987	Nieuwe sluis in Aadorp
2011-2016	Uitbaggeren van het kanaal voor schepen tot 700 ton, waarna er voornamelijk in Geerdijk en Vroomshoop vermoedelijke omgevingseffecten gemeld werden.
2019-2021	Onderzoeken naar schade aan woningen. Veldonderzoeken, grondwatermonitoring, bepalen grondwaterstroming
2023	Voorstel voor schadeafhandeling

Voor de vervanging van oevervoorzieningen is kanaal Almelo-De Haandrik opgedeeld in een oostelijk en een westelijk tracé. De uitvraag spreekt van een vastgestelde scope en een optionele. De vastgestelde scope bevat 23 verschillende delen met een gemiddelde lengte van circa 470 m (10,8 km in totaal). Voor de vastgestelde scope worden 120 peilbuizen geplaatst over circa 19,8 km.

Tabel 3 Kenmerken van de oeververvanging Kanaal de Haandrik en grondwatermonitoring

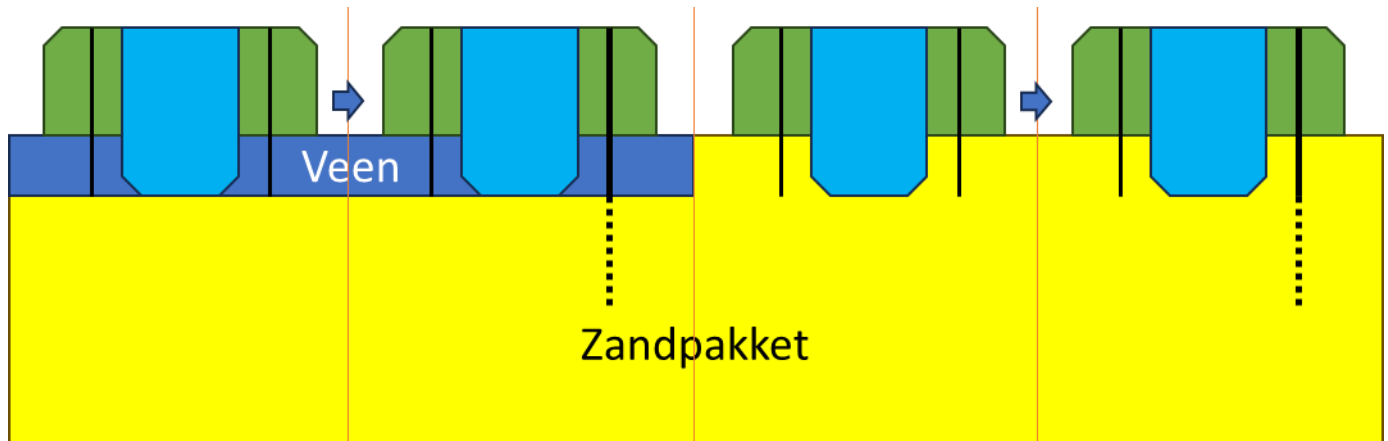
Kenmerk	Vastgestelde scope	Optionele scope
Aantal trajecten	23	16
Minimale lengte (m)	13	107
Maximale lengte (m)	471	1241
Totale lengte (m)	10844	19849
Aantal peilbuizen	120	200
Trajectlengte per meetpunt (m)	90	100

De vervanging van oeverdelen begint op km 0,560 en gaat tot km 31,334 in de eerste fase. In de optionele fase zijn werkzaamheden tot aan km 20,249. Verwachting is dat fase 1 van de oeververvanging start in voorjaar 2025. De vervanging duurt 7 jaar.

De ruimte voor het plaatsen van peilbuizen is in de uitvraag ingekaderd: peilbuizen moeten op ten minste 10 m vanaf overig oppervlaktewater staan, en tot maximaal 50 m vanaf het kanaal. Ook is de voorkeur om de meetpunten op openbare locaties te plaatsen. In de locatiekeuze voor meetpunten wordt rekening gehouden met locaties die een gevoelige of kwetsbare locatie zijn. Verder ligt het aantal peilbuizen vast: in de (eerste) vastgestelde scope komen er 120 peilbuizen. Voor de optionele scope (nog niet onderdeel van deze planning) wordt, aanvullend, met 200 extra peilbuizen gerekend.

3.2 Hoogte en diepteligging

Het kanaal heeft een waterpeil tussen NAP +8,95 en +9,25 m. De normale waterniveaus voor de locatie Haandrik-Kuisbrug zijn NAP + 8,90 tot NAP +9,40 m. Kenmerkend voor het Kanaal Almelo-De Haandrik is dat het waterpeil hoger ligt dan de naastgelegen watersystemen. Veel woningen langs het kanaal zijn gebouwd op de oorspronkelijke kanaaloever die op zijn beurt ook hoger ligt dan de naastgelegen gebieden. De weg langs het kanaal heeft verder een hoogte van circa NAP 9,80 m. Op de plaatsen met veen en klei in de ondergrond, is het grondlichaam van het kanaal gevoelig voor zetting. De kanaaldijk, de wegen en de erven naast de weg zijn in het verleden opgehoogd met grond.



Figuur 4 Schematische weergave van de vervanging van de damwanden: de damwanden vervangen de boordvoorzieningen, waardoor deze een grotere horizontale hydrologische weerstand vormen; in een aantal gevallen zorgen ze ook voor een diepere horizontale weerstand

Bij het plaatsen van peilbuizen wordt rekening gehouden met de diepteligging van lokale versturende lagen. De aanwezigheid en de diepteligging van het veen langs het kanaal is bepalend voor de noodzaak om één of twee peilbuizen te plaatsen. De diepteligging van de veenlaag ten opzichte van de damwand en de wegpeilen staat indicatief in onderstaande tabel. Uitgangspunten voor de diepteligging vragen om onderzoek per tracé-onderdeel.

Tabel 4 Indicatieve hoogtematen en diepteligging van eventuele veenlagen ten opzichte van de kanaalbodem en de onderkant van de damwanden

Onderdeel	Niveau (m NAP)	Ligging t.o.v. kanaalpeil (m)	Ligging t.o.v. dijkniveau (m)
Straatniveau kanaaldijk	9,8	1,3	0,0
Waterpeil kanaal	8,5	0,0	-1,3
Bovenkant veenpakket	8,2	-0,3	-1,6
Onderkant veenpakket	7,7	-0,8	-2,1
Waterpeil omgeving	6,5	-2,0	-3,3
Kanaalbodem	5,0	-3,5	-4,8
Onderkant damwand	2,0	-6,5	-7,8

Aan de hand van de waterpeilen in het kanaal en de polderpeilen zijn de grondwaterstanden en de stijghoogte (onder de veenlaag) af te leiden. Deze fluctueren tussen iets boven het kanaalpeil (bij aanhoudende neerslag) tot onder het waterpeil in de omgeving (bij droogte en geringe wateraanvulling van uit het kanaal). Voor het monitoringsplan is van belang vast te stellen of het nodig is op twee dieptes te meten, of dat een enkele peilbuis met een filterstelling onder de laagste voorkomende grondwaterstand voldoende is.

De informatie over het voorkomen van veen en leem zijn bepaald via meerdere bronnen:

1. De boringen en sonderingen langs het kanaal: op alle locaties is veen en klei op relevantie dieptes als leidraad genomen voor de gewenste filterstellingen.
2. De diktekaart van veen uit het regionale grondwatermodel.

Op de meeste plaatsen langs het kanaal ligt het maaiveld op een hoogte tussen NAP +7 m en NAP +10 m. Hierbij ligt het maaiveld aan het begin van het kanaal (Almelo) en het eind van het kanaal (de Haandrik) het omliggende maaiveld op ongeveer NAP +9 m, net als de lintbebouwing langs de kanaaldijken. In het midden van het gebied, rond Vroomshoop en Beerzerveld, liggen maaiveldhoogtes van de omgeving van het kanaal op ongeveer NAP +7 m. Hier ligt het kanaal dus 2 m hoger dan de omgeving.

4 Monitoringsmeetnet

4.1 Ruimtelijke verdeling van meetpunten

Met een dichtheid van gemiddeld 10 meetpunten per km langs het kanaal, is met voldoende detail de invloed van de werkzaamheden op de omgeving te monitoren. In fase 1 (11 km) staan 120 unieke peilbuizen langs het hele kanaal. Een unieke peilbuis is een peilbuis met één filter. Op plaatsen waar twee peilbuizen met verschillende filterstellingen staan, gaat het om één meetpunt met twee peilbuizen.

In de verdeling zijn kansen op afwijkingen en de aanwezigheid van objecten (panden) die gevoelig zijn voor wijzigingen in het grondwater, ingecalculeerd. Daarbij gebruiken we onderstaande regels:

1. Leeftijd panden: verhoogde dichtheid (= meer meetpunten) in gebieden met relatief veel panden ouder dan 1970 (onderlinge afstand ~ 75 m).
2. Ondiepe scheidende laag: verhoogde dichtheid in gebieden met een complexe ondergrond. Vooral de aanwezigheid en kans op onderbrekingen in de scheidende laag (leem) van het Boxtelse op een diepte van NAP +5,50 m (tabel 2) en in mindere mate de aanwezigheid van klei van Kreftenheye (NAP -2 tot -5 m).
3. Raaian elke 250 m: bij tracédelen in stedelijk gebied/bij lintbebouwing langs het kanaal langer dan 300 m is plaatsing om de 150 à 250 m, als een raai van twee meetpunten haaks op de dijk.

Plaatsen met een grotere verwachte invloed en plaatsen met meer objecten die gevoelig zijn voor beïnvloeding (bebouwing met bouwjaar voor 1970) worden sterker gemonitord dan plaatsen waar de verwachtingen of de daaruit volgende effecten minder groot zijn. Hierom worden meer meetpunten geplaatst op plaatsen met meer risico vanuit de ondergrond en plaatsen met meer bebouwing. Het gros van de peilbuizen zal aan de hand van deze analyse geplaatst worden. Uit de risicoanalyse van de aannemer die de boordvoorzieningen vervangt komen mogelijk nog extra gewenste meetlocaties, waarover de overige beschikbare peilbuizen verdeeld worden.

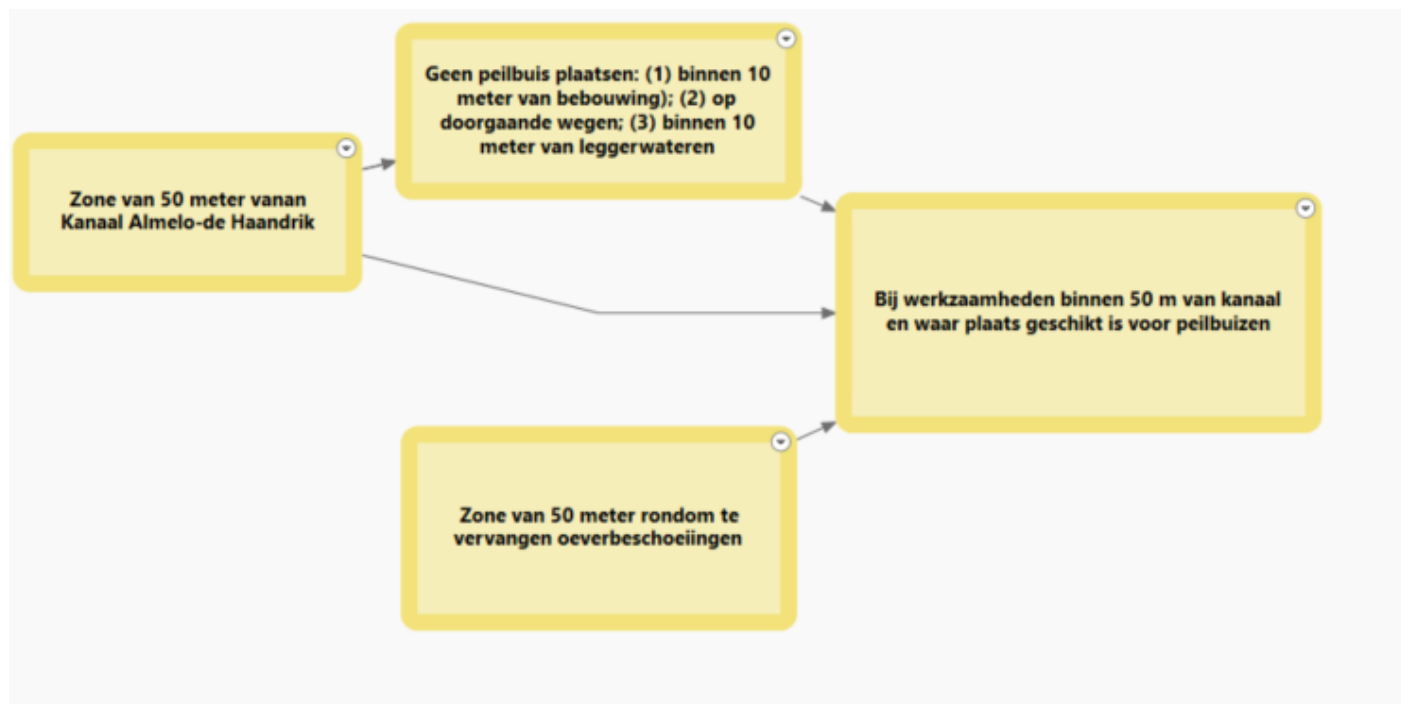
4.2 Meetlocaties

Om de invloed van de werkzaamheden te meten, zal door correcte plaatsing van de peilbuizen een signaal ontstaan dat toont of gemeten stijghoogte komt door werkzaamheden aan het kanaal, of door andere omgevingsfactoren. Hiervoor komen de meetpunten soms op raaien, waarbij één meetpunt dicht bij het kanaal staat (< 25 m afstand, redelijkerwijs oppervlaktewaterinvloed te verwachten [3]) en één verder weg (> 25 m afstand). Dit om de stijghoogte op de achtergrond te kunnen meten.

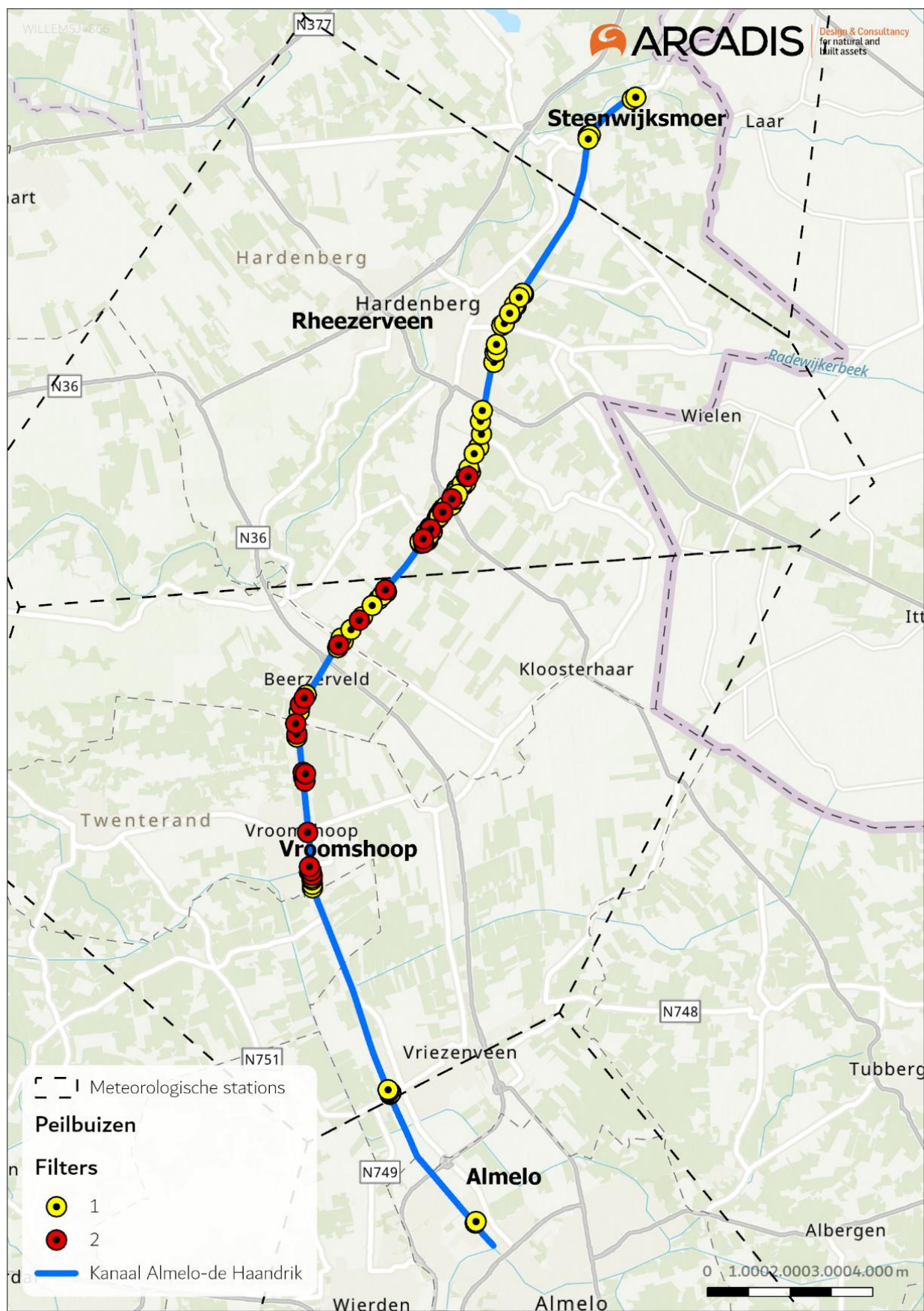
Op plaatsen waar de ondergrond bestaat uit meerdere watervoerende pakketten, met daartussen een hydrologisch scheidende laag, plaatsen we meerdere peilbuizen met verschillende filterdieptes dichtbij elkaar. Dit houdt in de praktijk in dat in de zone tussen Daarlerveen en Beerzerveld, twee filters komen op een aantal locaties en de rest van het kanaal volstaat met één peilbuis.

Met een GIS-analyse (Figuur 5) zijn de meetpuntlocaties aangeduid over de trajecten die werk vereisen vanwege oeverbeschoeiing. Selectie toonde 113 locaties die een meetpunt nodig hebben. Deze locaties zijn nagetrokken om de relevantie van een meetpunt te beoordelen. Irrelevante locaties zijn zo verwijderd. Daarnaast zijn enkele locaties toegevoegd waar dekking ontbrak. Vanwege de scheidende lagen, lokaal voorkomend tussen Beerzerveld en Daarlerveen, worden één op de drie meetpunten uitgerust met twee filters. Op basis van deze analyse ontstaan 13 locaties met filters op twee dieptes, zie witte stippen in Figuur 6.

Waar geen scheidende laag nabij maaiveld voorkomt, komt het filter tussen 3 m-mv en 2 m-mv. Op de plaatsen waar wel een scheidende laag in de ondergrond zit, komt een eerste filter altijd op het niveau tussen 2 m-mv en 1 m-mv. Het tweede filter komt tussen 4 m-mv en 3 m-mv, mits dat niveau onder NAP +5 m ligt (het niveau waarop leem en veen voorkomt). Op plekken met deze laag dieper ten opzichte van maaiveld, komt de bovenkant van het filter op het niveau van de onderkant van de scheidende laag en de onderkant van het filter één meter dieper. Dit is te bepalen door de veldwerker, maar voorafgaand stellen we een filterdiepte op die plaatsen van NAP +4 m tot NAP +5 m. De tabel met filterdieptes is opgenomen als bijlage.



Figuur 5 GIS-benadering hoe meetpunten verdeeld worden; de uitkomst is voor iedere geschikte locatie een punt



Figuur 6 Voorstel voor de verdeling van peilbuizen langs het kanaal, met per locatie het meest nabije meteorologische meetpunt. Voor detailkaarten zie Bijlage A

4.3 Operationeel beheer en onderhoud meetnet

4.3.1 Locatiekeuze en toegangsaspecten

De aandachtspunten zijn ontleend aan “STOWA Handboek meten van grondwaterstanden in peilbuizen” [3].

De **hoogteligging** van een peilbuis moet enigszins overeenkomen met het omliggende maaiveld. Bij een lage ligging in het landschap is er inundatierisico.

Als peilbuizen dichtbij **watergangen** staan, beïnvloedt het peil op de watergang, het peil, in plaats dat beïnvloeding door de grondwatersituatie komt. Om beïnvloeding door het peil op de watergang te voorkomen moeten peilbuizen ten minste 10 m van sloten en greppels (en drainage; vermijd gedraineerde percelen) staan, en tenminste 25 m van hoofdwatergangen. Normaliter is ook een afstand van tenminste 100 m tot een rivier of kanaal aangehouden, maar aangezien de interactie met het kanaal juist een monitoringsdoel is, vervalt dat criterium voor dit monitoringsmeetnet.

Het is ook niet wenselijk in de kegel van een **grondwateronttrekking** te meten, omdat op die plaats er grote beïnvloeding is van het onttrekkingsdebiet op de stijghoogte. Bij onttrekkingen is een geschikte afstand voor een peilbuis daar waar de onttrekkingskegel voor minder dan 5 cm de stijghoogte beïnvloedt.

In de omgeving van **verhard oppervlak** (verharding en gebouwen) is het aan te raden om een afstand van 10 m te bewaren tussen de verharding en een peilbuis. Wanneer een peilbuis dichtbij verhard oppervlak staat is er een risico dat, bij grote mate van neerslag, het water van verharding of hemelwaterafvoer een sterke invloed hebben op de gemeten stijghoogte. Houd er ook rekening mee dat in de nabijheid van bebouwing vaak ook verstoring van de ondergrond is opgetreden door de aanleg van leidingen (en rioleringen die kunnen lekken). Hierdoor ontstaan preferente stroombanen. De oplossing, plaats de peilbuis zoveel mogelijk in ongestoorde grond.

Ook de **verdamping van vegetatie** beïnvloedt de stijghoogte in de peilbuis. Met name bomen kennen een wortelzone die tot meters afstand reikt. Bomen laten daardoor een dagelijkse cyclus van verdamping zien in de lokale stijghoogte.

De **herkenbaarheid** als peilbuis in het veld is ook van belang. Hierdoor kan de veldwerker hem zien, maar ook verkleint het de kans op beschadigingen door gangbare werkzaamheden die plaatsvinden op het perceel waar de peilbuis staat.

Een geschikte locatie dient goed **bereikbaar** te zijn vanaf de openbare ruimte. Een criterium hiervoor is dat deze maximaal 100 m van de openbare weg ligt. Er moet voldoende afstand tot de openbare weg blijven, zodat de situatie veilig is voor zowel verkeer als veldwerker (en om toestroom over verharding te voorkomen). Een ander bereikbaarheidscriterium is dat rondom de peilbuis circa 2 m vrije ruimte moet zijn en dat diepe peilbuizen, waarvoor een handboor niet toereikend is, bereikbaar moeten zijn voor een boorstelling.

De peilbuis moet van **juridische borging** voorzien zijn door de benodigde toestemming en contracten (eventueel met tegemoetkoming) met de perceeleigenaar aan te gaan. Ook moet nagegaan worden of naast KLIC-meldingen nog een vergunningaanvraag nodig is.

4.3.2 Protocol voor start en beëindiging

Installatie van de peilbuizen vindt plaats in de tweede helft van 2024. Bij voorkeur komen alle (120) peilbuizen er in een periode van maximaal 2 maanden. Indien wenselijk plaatst de veldwerker de peilbuizen in twee of meer perioden.

De exacte locatie van de peilbuizen komt tot stand in overleg:

- a. **Concept:** Arcadis levert een voorstel voor het meetnet inclusief x-y-coördinaten en diepte van de filters.
- b. **Toetsing:** De opdrachtgever (Provincie Overijssel) en de aannemer beoordelen het conceptvoorstel op haalbaarheid en wenselijkheid. De aannemer onderzoekt mogelijke conflicten met kabels en leidingen.
- c. **Plaatsingsvoorstel:** Arcadis past het netwerk aan. De locaties worden digitaal gedeeld in een viewer. Voor bespreking met perceeleigenaren is een standaard-lay-out.
- d. Het aangepaste netwerk komt ter voorlegging met de perceel-eigenaren. Uit deze bespreking komt (a) een akkoord voor plaatsing op voorgestelde coördinaten, of (b) een wijzigingsvoorstel voor beperkte verplaatsing binnen het perceel of bij het aangrenzende perceel, of (c) geen akkoord voor plaatsing.

Vanaf installatie krijgen peilbuizen een telemetrische drukopnemer en nemen we hun maten, handmatig. Hiermee start de kalibratieperiode. Eind 2024 is er een nieuwe handmeting ter validatie, die minstens ieder jaar terugkomt.

Na de meetperiode van zeven jaar worden de meetpunten ontmanteld, tenzij:

- De werkzaamheden aan het kanaal nog niet zijn afgerond.
- De meetpunten terecht komen bij een partij die verder gaat met een monitoringsnetwerk.

Wanneer de werkzaamheden niet af komen binnen de huidige planning, en daardoor langer een monitoringsnetwerk in stand moet blijven, leidt dit tot een uitbreiding van de opdracht. Hierover zou een nieuwe overeenkomst gesloten moeten worden. Als een andere partij de meetpunten overneemt, is het noodzakelijk om een overeenkomst te sluiten.

4.3.3 Opslag en beveiliging

Wiertsema verzorgt de opslag van de meetgegevens real-time vanuit de telemetrische loggers. Deze gegevens komen terecht bij het Geoloket van Wiertsema. Door middel van tweetrapsverificatie kunnen de betrokken hydrologen van Arcadis ook in dit dataportaal en verzorgen zij de periodieke monitoringsrapportages.

4.3.4 Verzoeken voor delen van informatie

Wiertsema levert de meetgegevens aan de BRO. Bij de periodieke rapportages komen daar ook gecontroleerde meetreeksen bij vanuit Arcadis. Verkeerde of foute meetgegevens halen we daarbij uit de tijdreeksen. Deze aanpassingen vermelden we in de periodieke rapportages. Zowel de ruwe meetgegevens als de gecontroleerde meetgegevens komen openbaar beschikbaar in de BRO.

De periodieke rapportage leggen Arcadis en Wiertsema in concept voor aan de opdrachtgever. Bij accorderen van de status van het periodieke monitoringsrapport van concept naar definitief, is de rapportage ook beschikbaar voor anderen dan de opstellers en opdrachtgever.

4.4 Voorstel meetnet

4.4.1 Peilbuizen

Gebruik van bestaande peilbuizen

Langs het kanaal staan, binnen het netwerk van DINOloket, al ruim 121 peilbuizen en 123 peilbuizen in de BRO (waarvan sommigen overlappen met de buizen uit DINOloket). Tijdreeksen hiervan zijn beschikbaar via DINOloket. Daarnaast zijn er meldingen van 219 monitoringsputten waarbij niet altijd een tijdreeks aanwezig is.

Hergebruik van peilbuizen, en aansluiten op bestaande metingen, heeft meerdere voordelen. Ten eerste levert benutting van lopende waarnemingen extra informatie op, aansluiten op een bestaande meetreeks levert meer informatie op over het gedrag van het grondwater bij variatie in neerslag, verdamping en gebeurtenissen in het verleden. Wanneer de bronhouders van de putten bekend zijn, zijn deze peilbuizen geschikt om mee te nemen in de monitoring en hoeft op die plaatsen geen meetpunt te komen. De tijdreeks uit het verleden is ook van toegevoegde waarde om meer inzicht in de patronen van de stijghoogtes te krijgen. Wanneer de putten er al zijn maar de monitoring is gestopt, geeft een tijdreeks uit het verleden ook nog deze positieve ondersteuning en is bovendien al bekend dat de put goed in staat is om te monitoren.

Op de plaatsen waar geen (recente) monitoringsput binnen 50 m afstand ligt, maar wel een meetlocatie wordt voorzien, is het nodig om een nieuwe monitoringsput te installeren.

Meetfrequentie

In de peilbuizen komen automatische drukopnemers die ieder uur de druk opnemen en vastleggen in dataloggers en telemetrisch de data naar een online omgeving zenden.

Filterstelling

Er worden zowel ondiepe als diepe peilbuizen geplaatst die aansluiten bij de geologische opbouw van de ondergrond. Op plaatsen waar de ondergrond verdeeld is in meerdere watervoerende pakketten, komt op deze manier in beeld hoe de stijghoogte varieert in verschillende watervoerende pakketten.

Afwerking van meetpunten

Afhankelijk van de locatie is er op de bovenkant van het meetpunt afwerking met een schutkoker of straatpot. De voorkeur gaat hierbij uit naar een schutkoker, vanwege minder overstromingsrisico en gemak in gebruik door een veldwerker. Straatpotten worden daar toegepast waar een boven maaiveld uitstekend object niet toelaatbaar is (straat, stoep) of onwenselijk (tuin, grasveld dat regelmatig gemaaid wordt, plaats met risico op vandalisme) [3]. Schutkokers moeten daarnaast goed herkenbaar zijn in het veld om vernieling bij maai- of grondwerkzaamheden te voorkomen en om terug te vinden zijn voor de veldwerker.

Risico's bij installatie van het meetnet

Voorafgaand aan de installatie van de meetpunten wordt een KLIC-melding gedaan om te voorkomen dat kabels en leidingen worden geraakt. Daarnaast wordt voor de beoogde locaties onderzocht of en hoe groot het risico is op bodemverontreinigingen.

Voor freatische peilbuizen volstaat meestal de toestemming van de perceeleigenaar. Bij een filter in een dieper pakket is in grondwaterbeschermingsgebieden een extra ontheffing nodig. Worden er ook in een dieper pakket filters geïnstalleerd, dan is het in ieder geval van belang om ter hoogte van de doorboring voor de peilbuis de scheidende laag weer afdoende af te dichten. Wanneer deze laag niet goed is afgedicht ter plaatse van de peilbuis is er interactie tussen de watervoerende lagen en zijn de waarnemingen in de peilbuis onbetrouwbaar.

4.4.2 Meteorologie

Bij de gegevensverwerking van de tijdreeksen wordt gebruik gemaakt van meteorologische gegevens. In de meetpunten zelf zullen een aantal luchtdrukloggers aanwezig zijn om de gemeten druk in de drukopnemers om te zetten in een stijghoogte.

Voor de analyse van de tijdreeksen zijn ook gegevens nodig voor neerslag en verdamping. Wanneer bekend is wat de interactie van deze parameters betekent voor de stijghoogte, wordt ook nagegaan of er andere factoren (andere parameters) de stijghoogte beïnvloeden en dus wat de invloed is van de genomen maatregelen.

4.4.3 Oppervlaktewater

De nabijheid van oppervlaktewater kan een verklaring zijn voor variatie in de grondwaterstanden. Waar relevant wordt voor de peilbuizen een drainage-peil van het relevante peilvak of van overige waterlichamen gekozen.

5 Databeheer en validatie

Tenminste één keer per jaar is er controle van iedere peilbuis. Dit gebeurt door een handmeting van de stijghoogte om de metingen te valideren. Deze handmetingen komen als losse metingen bij de tijdreeksen. Daarnaast is er zo een kortere periode tussen waargenomen uitval of opmerkelijke afwijkingen aan peilbuizen, en de oplossingen ervan.

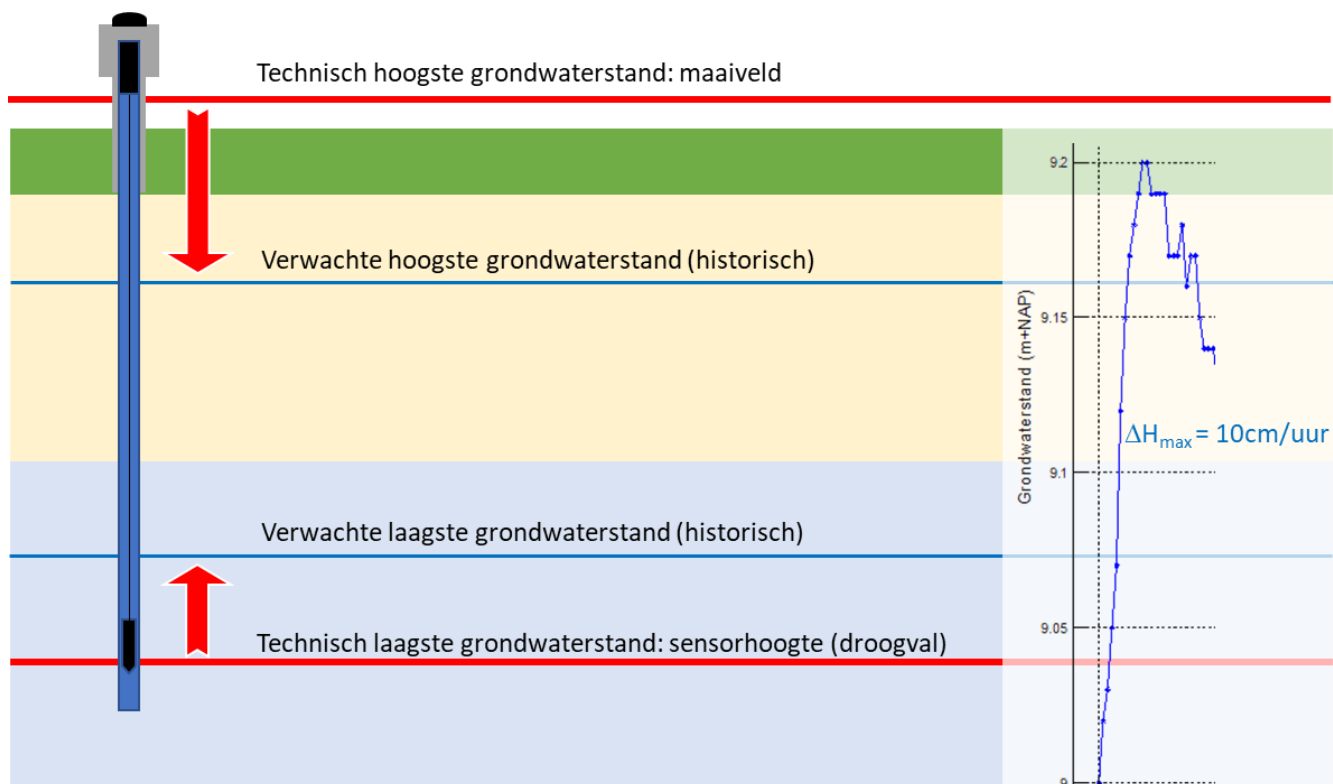
Met het oog op borging van betrouwbaarheid en bruikbaarheid van de meetwaarden is goed databeheer en datavalidatie de kern van de monitoring. Hieronder beschrijven we de werkwijze van databeheer en validatie.

5.1 Validatie en analyse van verzamelde data

We maken onderscheid tussen alarmwaarden (dagelijkse controle van de meetgegevens) en datavalidatie van meetgegevens (2 tot 4 keer per jaar overeenkomstig met de veldbezoeken). Daarnaast is soms maatwerk nodig om bij analyses over de meest actuele en betrouwbare meetgegevens te beschikken: datavalidatie op afroep. Wiertsema voert voor alle peilbuizen een standaardvalidatie uit volgens het protocol dat is bijgevoegd als bijlage B.

5.1.1 Alarmwaarden

Er zijn een aantal standaard alarmen ingesteld die het direct aangeven als een meetwaarde ontbreekt of buiten het theoretische meetbereik (tussen bovenkant buis en positie drukopnemer) ligt. Dit kan namelijk op een technische storing duiden die om een directe actie vraagt. Als het grondwaterregime beter bekend is, zijn de alarmwaarden ook nauwkeuriger. Bijvoorbeeld op de verwachte hoogste en laagste grondwaterstand. Ook kan daar nog een alarm op de grondwaterstandsverandering (ΔH) tussen twee metingen aan worden toegevoegd (zie Figuur 7). Voorlopig is een alarmwaarde ingesteld op een grondwaterstandsverandering >10 cm tussen twee metingen (uur). Op enkele locaties kan dit nog leiden tot ongewenste alarmen, bijvoorbeeld door de invloed van een beregeningspomp. Gedurende de referentiefase worden deze inzichten gebruikt om tot locatiespecifieke alarmen te komen. Aan het einde van de referentieperiode zijn ook voldoende metingen beschikbaar om per meetpunt een goede inschatting te maken van de gewenste boven- en ondergrenswaarden. Met deze verscherpte alarminstelling volgt dan alleen een signaal als er waarneming is van een externe invloed op de peilbuis.



Figuur 7 Schematische weergave aanscherpen alarmeringen

5.1.2 Datavalidatie

Twee tot vier keer per jaar is er uitgebreide beoordeling van grondwaterstandsreeksen door middel van een validatietool. Deze validatie loopt gelijk op met de uitleesrondes zodat steeds de meest recente handmeting mee gaat met deze validatie. De validatietool is schematisch weergegeven in 7Bijlage AFiguur 7. Hieronder vatten we de validatieprocedure kort samen:

3. Bepalen van regels waaraan metingen moeten voldoen. De basis van de controles is een systeem, dat bestaat uit een aantal kennisregels van experts. Zo'n kennisregel kan zijn: "ALS een meetwaarde extreem is, DAN is deze waarde niet valide".
1. Een deel van de controles gebeurt op basis van tweewaardige logica: op basis van een hard criterium wordt een meting goed- of afgekeurd. Ligt de meting buiten een bepaald bereik, dan wordt de meting als outlier bestempeld en afgekeurd. Ligt de meting binnen bereik dan wordt de meting goedgekeurd.
2. Daarnaast vindt een aantal controles plaats op basis van meerwaardige logica: in plaats van een meetwaarde slechts aan te duiden als 'goed' of 'slecht' krijgen de meetwaarden een rapportcijfer dat de mate aangeeft waarin een meetwaarde goed of fout is. Meerwaardige logica is daarmee een instrument om potentiële meetfouten beter te herkennen die op basis van een tweewaardige logica niet gesignaleerd zouden worden. Het voordeel van het beoordelen op basis van meerwaardige logica is dat data die voor bepaalde toepassingen van goede kwaliteit zijn niet verloren gaan. Dit stelt ons in staat om onderscheid te maken tussen analyses van tijdsreeksen met data met potentiële meetonzekerheden (die niet direct als fout zijn uit te sluiten) en tijdsreeksen van uitstekende kwaliteit.
3. Alle meetdata worden opgeslagen inclusief een rapportcijfer, waardoor naderhand een selectie te maken is op basis van een minimaal rapportcijfer. Ook bestaat de mogelijkheid om waarden te corrigeren indien de fout duidelijk is achterhaald.

Als onderdeel van het validatieproces wordt op de volgende onderdelen gecontroleerd.

- Extreme waarden (outliers).
- Abrupte sprongen.
- Meettijdstip (kan niet in de toekomst liggen).
- Meetbereik (tussen bovenkant buis en positie drukopnemer).
- Meetfrequentie: Op basis van het gespecificeerde of berekende meetinterval bepalen we of een meetwaarde al dan niet ontbreekt en ontbrekende waarden markeren we als zodanig.

Daarnaast bestaat de mogelijkheid om de controles uit te breiden met:

- Veranderingen in de variatie (bij voldoende data).
- Veranderingen in de kruiscorrelatie met naburige reeksen (bij voldoende data).

In een overleg tussen Wiertsema, Arcadis en Provincie Overijssel worden de drempel- of toetswaarden gekozen voor de eerste keer dat de validatie wordt uitgevoerd. Zo is direct zichtbaar wat de invloed van de gekozen waarde is. De beoordeling op basis van variatie en kruiscorrelatie maakt nog geen deel uit van de standaardvalidatie, maar kan bij voldoende databeschikbaarheid wel worden toegevoegd.

Een meetnet met locaties waarin op hoge frequenties wordt gemeten, leidt onomstotelijk tot automatische controles. Visuele beoordeling van grondwaterstandsreeksen blijft echter onmisbaar. De tool maakt een efficiënte en effectieve visuele beoordeling van grondwaterstandsreeksen in het datacentrum mogelijk. Grondwaterstandsreeksen worden weergegeven naast grafieken die de rapportcijfers voor de data laten zien. Met deze grafieken en met kennis van de bodemkundige en hydrologische situatie op de meetlocaties, en kennis van de meetopstelling, worden mogelijke knelpunten in de datakwaliteit snel opgelost.

5.1.3 Validatie op afroep

Afhankelijk van het moment doen de hydrologen van Provincie Overijssel uitspraken over de toestand van het grondwatersysteem. Zij voeren hiervoor analyses uit met de meest recente en betrouwbare data om beslissingen te nemen. De hydrologen doen dit zoveel mogelijk volgens de gehanteerde validatiemethodiek en door gebruik te maken van beschikbare technieken. Op deze wijze voeren zij de analyse uit op meest betrouwbare en gecontroleerde meetgegevens. Technisch gezien is dit uitvoerbaar. Echter, een extra validatie is alleen van meerwaarde als ook een extra handmeting wordt uitgevoerd. Per geval zal daarom overleg plaats vinden tussen de hydrologen van Provincie Overijssel, Arcadis en Wiertsema & Partners om samen tot de beste oplossing te komen.

5.2 Datagarantie

5.2.1 Borging van de werking van de meetpunten

Er kan verstoring optreden aan peilbuizen of sensoren door bijvoorbeeld onhandig maaien of vandalisme. Om een zo goed mogelijk aaneengesloten meetreeks te garanderen is er ook weer herstel van de meetpunten nodig. Het volledige herstelproces gebeurt in vijf stappen:

1. Er is online een signalement van verstoringen van het meetnet.
2. Er is binnen 2 weken in principe een visuele inspectie.
3. Herstelling van schade aan peilbuizen of defecte sensoren komt zo snel mogelijk bij de inspectie terecht.
4. Als herplaatsing of verplaatsing van de peilbuis nodig is, komt er een voorstel voor en indiening ervan bij de inspectie. Bij 'geen bezwaar' van de percee-eigenaar en de opdrachtgever wordt binnen 4 weken een vervangende peilbuis geïnstalleerd inclusief drukopnemer.
5. De validatietool beoordeelt twee tot vier keer per jaar het hele meetnet. Deze frequentie loopt gelijk op met het fysieke beheer en onderhoud, en de regelmatige controles in het veld (paragraaf 4.3).

Ten slotte leiden meldingen in het beheer en onderhoud tot extra aandacht aan de grootste onzekerheden: de meetpunten met het laagste rapportcijfer. Alle peilbuizen onder een nader te bepalen rapportcijfer worden uitvoerig gecontroleerd. De oorzaak voor de lagere uitslag wordt achterhaald om zo maatregelen te nemen om de kwaliteitsbeoordeling te verbeteren of om vast te stellen dat het om een (tijdelijke) beïnvloeding van het meetpunt gaat.

5.2.2 Risicoanalyse op de datagarantie

Om dataverlies zoveel mogelijk te beperken en een hoge datagarantie af te geven werken wij volgens een vaste methodiek. Deze bestaat uit de acht volgende zaken:

1. Direct plaatsen van vervangende dataloggers bij afwijkingen in het veld.
2. Drukopnemers met een eigen geheugen dat vaak nog uit te lezen is door de fabrikant. Zo is de kans dat meetdata verloren gaan, heel klein.
3. Binnen 5 dagen reageren op storingen op telemetrische systemen.
4. Ten tijde van de werkzaamheden reageren voor meetpunten binnen 1000 m van het werkvak waarin de uitvoering gaande is. Zo is het mogelijk tijdens werkzaamheden, veranderingen in de grondwaterstand real-time te monitoren.
5. De maximale periode van dataverlies is de periode tussen het ontvangen van de storing (alarm of melding) en het oplossen van de storing in het veld.
6. Controle van werking van de peilbuizen op toevoer en verzanding (zie fysiek beheer en onderhoud in paragraaf 4.3).
7. Het veldwerkteam heeft altijd een 06-GPS-meettoestel waarmee bij twijfel er direct nameting is van de hoogte van de peilbuis ten opzichte van eerdere veldopnames.
8. Alle offset wijzigingen van meetpunten komen in het logboek en zijn op deze wijze volledig navolgbaar.

5.3 Regelmatige afstemming

Uiteindelijk gaat het erom dat de meetgegevens de juiste informatie opleveren. Om voortdurend te controleren of we meten, wat we willen weten, is er regelmatig afstemming tussen Provincie Overijssel, Arcadis en Wiertsema. We hanteren hiervoor de volgende drie structuren:

1. Netwerkrapportages.
2. Monitoringsoverleg.
3. Tussentijds overleg met 'grondwaterbeheersing'.

5.3.1 Netwerkrapportages

Twee keer per jaar is er aanlevering van een netwerkrapportage. In deze rapportage staat onder meer hoe de actieve meetpunten presteren en welke storingen of aandachtspunten er zijn geweest. De uitvoer van de hiervoor beschreven validatietool is de basis en is opgenomen als bijlage van de netwerkrapportage. In de netwerkrapportage staan concrete acties beschreven als die nodig zijn om de kwaliteit van het meetnet op peil te houden.

Dit (statische) rapport is ook de basis voor het monitoringsoverleg. De verschillende onderdelen uit de netwerkrapportage zijn te allen tijde beschikbaar in het dataportaal. Indien tussentijds behoefte is aan actueel inzicht in de status van het actieve meetnet, is hiervoor het dataportaal ter gebruik.

5.3.2 Monitoringsoverleg

Het is belangrijk om scherp te blijven: meet je nog wat je wil weten? Dat betekent in de eerste plaats ook stilstaan bij die informatiebehoefte. Als de informatiebehoefte verandert, moet het actuele grondwatermeetnet zich aanpassen. Tijdens het driemaandelijks monitoringsoverleg wordt de informatiebehoefte voor de komende periode, in relatie tot de uit te voeren werkzaamheden, daarom uitvoerig besproken. Daarnaast worden de status van het meetnet en de uitkomst van de validatietool besproken om zo tot concrete acties te komen die nodig zijn om de kwaliteit van het meetnet op peil te houden.

5.4 BRO en openbaarheid van gegevens

De Provincie Overijssel legt, net als alle andere overheden, gegevens vast op een uniforme, betrouwbare manier. De Basisregistratie Ondergrond (BRO) is het formele, centrale register voor informatie over het grondwatermeetnet, de meetpunten en de gemeten grondwaterstanden. Daarnaast bevat dit register informatie over de ondergrond (bodembouw, sonderingen, boorprofielen). BRO-gegevens zijn in te zien en op te vragen via een website (<https://www.broloket.nl/ondergrondgegevens>).

De informatie over het meetnet, de meetpunten en de grondwaterstanden vanuit het monitoringsproject grondwater voor kanaal Almelo de Haandrik komen na een interne kwaliteitscontrole in het BRO-register terecht. Ieder halfjaar vindt kwaliteitscontrole en administratieve verwerking ervan plaats.

Naast de website van de BRO is voor het project monitoring grondwater een eigen dataportaal ingericht. Hierop staan de 'live' gegevens en is gewenste informatie direct beschikbaar voor hydrologen en de aannemer.

6 Protocol alarmeringen

In dit protocol staat welke acties er zijn bij alarmeringen om de kwaliteit van de data te garanderen en dataverlies te voorkomen. Daarnaast kunnen metingen ook goed zijn, maar wel anders zijn dan verwacht. Dit is reden voor het team 'grondwaterbeheersing' om dit nader te onderzoeken. Daarbij kan ook onderstaand protocol worden ingezet.

6.1 Datakwaliteit en dataverlies

In de Control room bij Wiertsema komen eventuele storingen binnen van de in beheer zijnde veldlocaties. Daarnaast kunnen zowel Wiertsema, als de meetnetbeheerder (Arcadis) en de opdrachtgever (Provincie Overijssel) zelf de opgekomen en afgevallen alarmen individueel beoordelen. Dit doen zij via het webdomein.

Door snel te reageren op eventuele storingen is uitval van meetapparatuur goed te beheersen. Binnen 1 werkdag komt reactie op de storing en is beoordeling of herstel in het veld noodzakelijk is. Aan de hand van een binnengekomen storing is te beoordelen of een meetpunt zelf uitval heeft of dat er waarschijnlijk een netwerkstoring is. Bij een netwerkstoring is er de eerste dag geen actie in het veld. In bijna alle gevallen herstelt het netwerk zich namelijk binnen 1 dag en gaat er geen data verloren.

Een netwerkstoring kan op 1 of enkele locaties zijn. Het meetpunt heeft dan om specifieke reden even minder bereik, (denk aan lokale werkzaamheden van een provider). Een totale netwerkstoring zal direct opvallen doordat meerdere meetpunten in storing geraten. Tot slot kan het voorkomen dat een storing ontstaat door een serverstoring of software-update. Ook dat zal van korte duur zijn. Door de inzet van een back-upsysteem (redundantie) van het serverpark, gaat er geen data verloren. Daarnaast verzendt de logger pas de data als het netwerk vrij is.

Bij alle andere storingen is er locatiebezoek, dus in het veld, om de storing te verhelpen. Dit vindt plaats binnen 2 tot 5 werkdagen, afhankelijk van de meetperiode, type storing en hangt ervan af of de bewuste meetlocatie zich binnen 1000 m van de actuele werkzaamheden bevindt.

Bij storingen zijn op de meetlocaties vinden controles plaats op:

1. Aanwezigheid van water in de peilbuis.
2. Inspoeling op de peillocatie.
3. Vuil op de drukopnemer.
4. Correctheid van de handmeting.
5. Correctheid van de kabellengte.
6. Beschadigingen op kabels, drukopnemer of telemetriemodem.
7. GSM-zendbereik van de meetlocatie.

Als er geen waarnemingen zijn van problemen bij de meetlocatie zelf, vindt (bij twijfel) vervanging plaats van de apparatuur. Op kantoor is vervolgens, bij binnenkomst van de eerste "nieuwe metingen" de meetreeks en het meetsignaal', controle op juistheid en waarschijnlijkheid. Ook is er dan de mogelijkheid van waardecorrectie indien de fout duidelijk is achterhaald.

6.1 Niet fout, wel anders

Bij een (geleidelijke) stijging of daling van de grondwaterstand gaat niet altijd een alarm af. Deze wisselingen kunnen namelijk het logische gevolg zijn van natuurlijke omstandigheden. Maar, ze kunnen ook ontstaan omdat de werkzaamheden de omliggende grondwaterstanden beïnvloeden. Het team 'grondwaterbeheersing' wil hier zo snel mogelijk inzicht in hebben om tijdig bij te sturen - nog vóórdat de alarmen af gaan.

In het dataportaal zijn de grondwaterstanden in de peilbuizen te raadplegen. Zo is het mogelijk om op tijd veranderingen te signaleren en deze te vergelijken met de situatie in de rest van het gebied. In de opvolgende periodieke rapportages geven we een meer uitgebreide analyse van de effecten van de werkzaamheden. Op deze manier krijgen we ook een beeld van de effecten van werkzaamheden op langere termijn.

7 Referenties

- [1] Deltares, *Verdiepend schade-onderzoek Kanaal Almelo-De Haandrik*, Delft, 2021.
- [2] Kenniscentrum Aanpak FunderingsProblematiek, *Verschillende soorten funderingen*, KCAF, 2024.
- [3] J. Bouma, M. Maasbommel en I. Schuurman, *Handboek meten van grondwaterstanden in Peilbuizen*, Amersfoort: STOWA, 2012.
- [4] WEnR, *Bodemkaart 1:50000*, Wageningen.
- [5] G. Hazeu, R. Schuiling, D. Thomas, M. Vittek, M. Storm en J. Bulens, *Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland 2021 (LGN2021)*, Wageningen: Wageningen Environmental Research, 2023.
- [6] Kadaster, *Basisadministratie Adressen en Gebouwen 2.0*, 2024.
- [7] KNMI, *Daggegevens van het weer in Nederland*, De Bilt, 2024.
- [8] Rijkswaterstaat, *Waterinfo*, 2024.

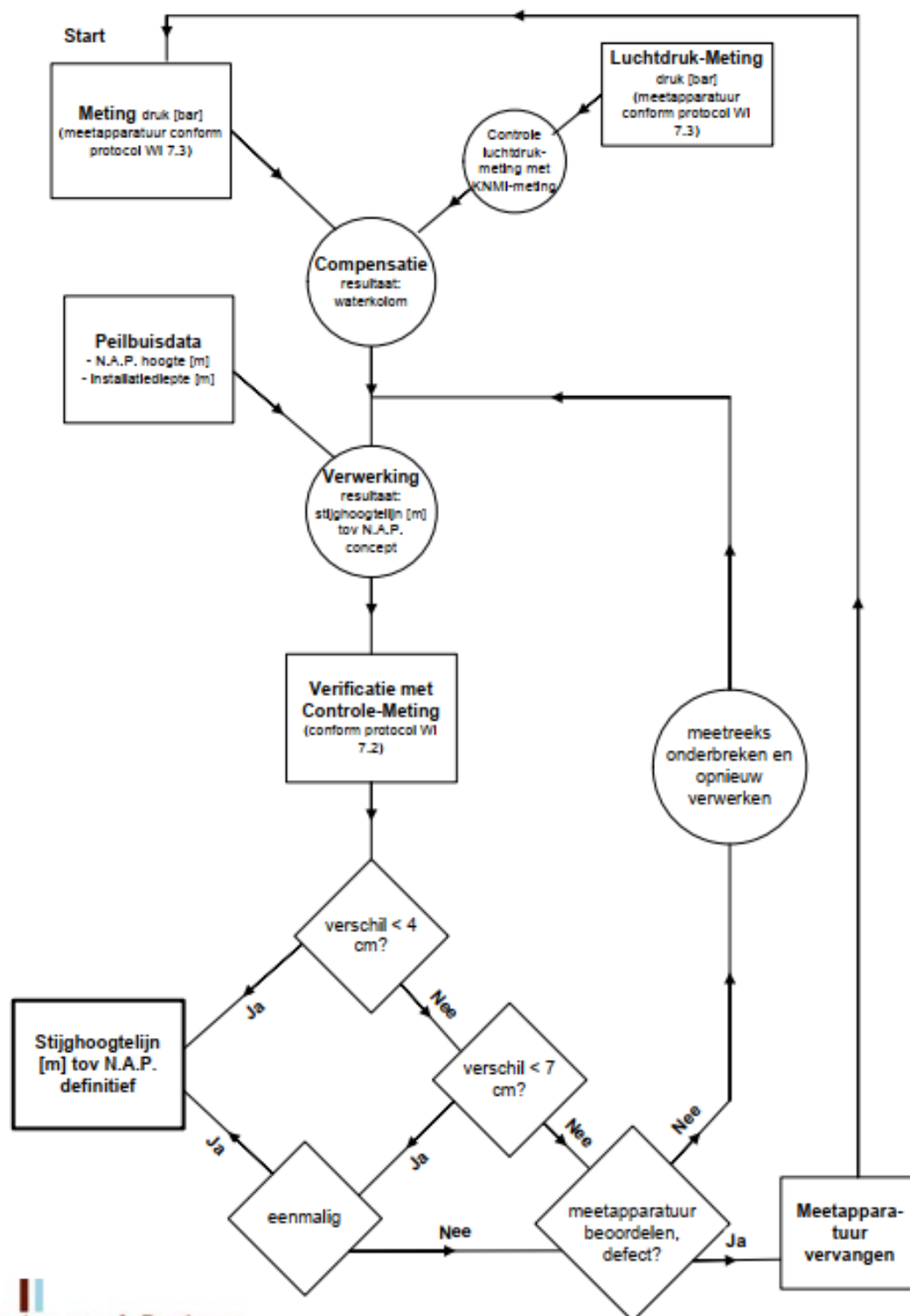
Bijlage A Kaarten en tabel van meetpuntlocaties en bijbehorende metadata

Bijlage B Validatie

Conform Kwaliteitsprotocol W17.1 Wiertsema

Grondwatermonitoring met drukopnemers
verwerken meetdata

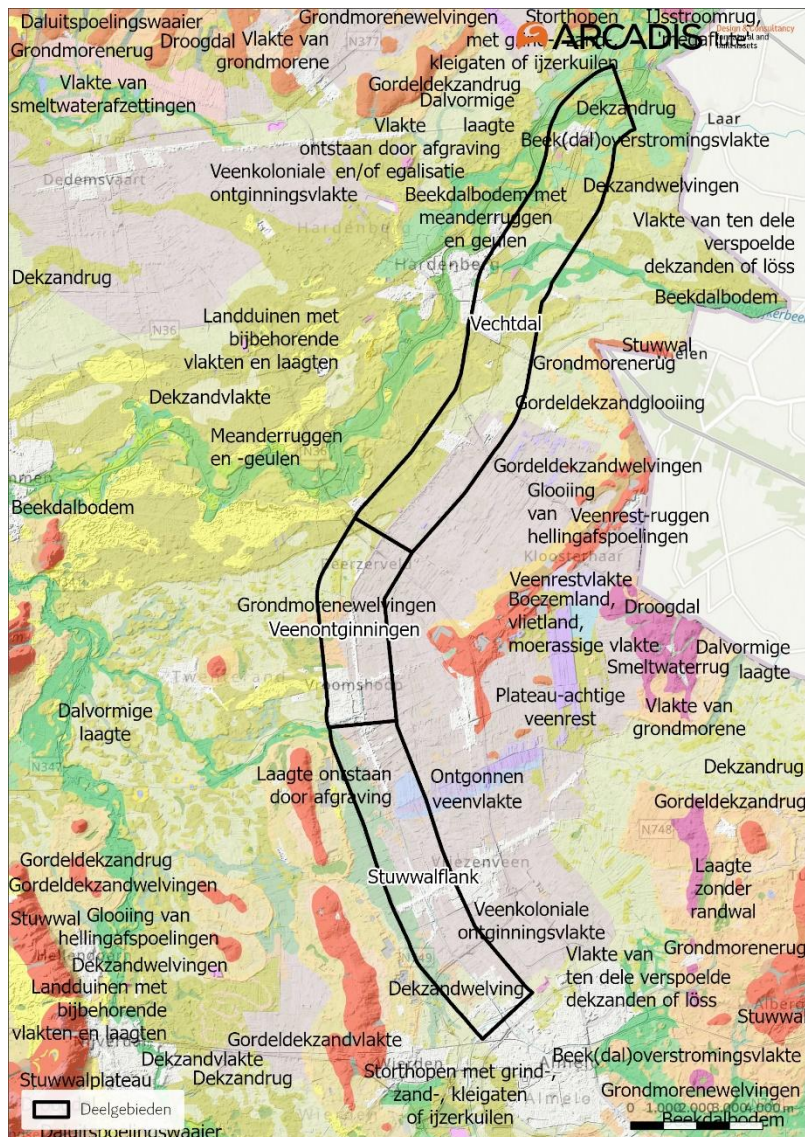
Wiertsema & Partners versie 1.4, 27 sept 2011



Bijlage C Grondwatersysteem

Geologie en geomorfologie

Van zuid naar noord zijn wat betreft geologische opbouw, drie kenmerkende deelgebieden te onderscheiden. Het eerste deel loopt van Almelo tot Daarlerveen. Deze bestaat uit de stuwwalflank van Hoge Hexel. Het tweede deelgebied loopt van Vroomshoop tot en met Beerzerveld. Dit is een deelgebied vanwege het aparte karakter van de opbouw van veenontginningen. Het derde deelgebied loopt van Mariënborg tot en met de Haandrik en is typisch vanwege de rivierafzettingen van de Vecht.

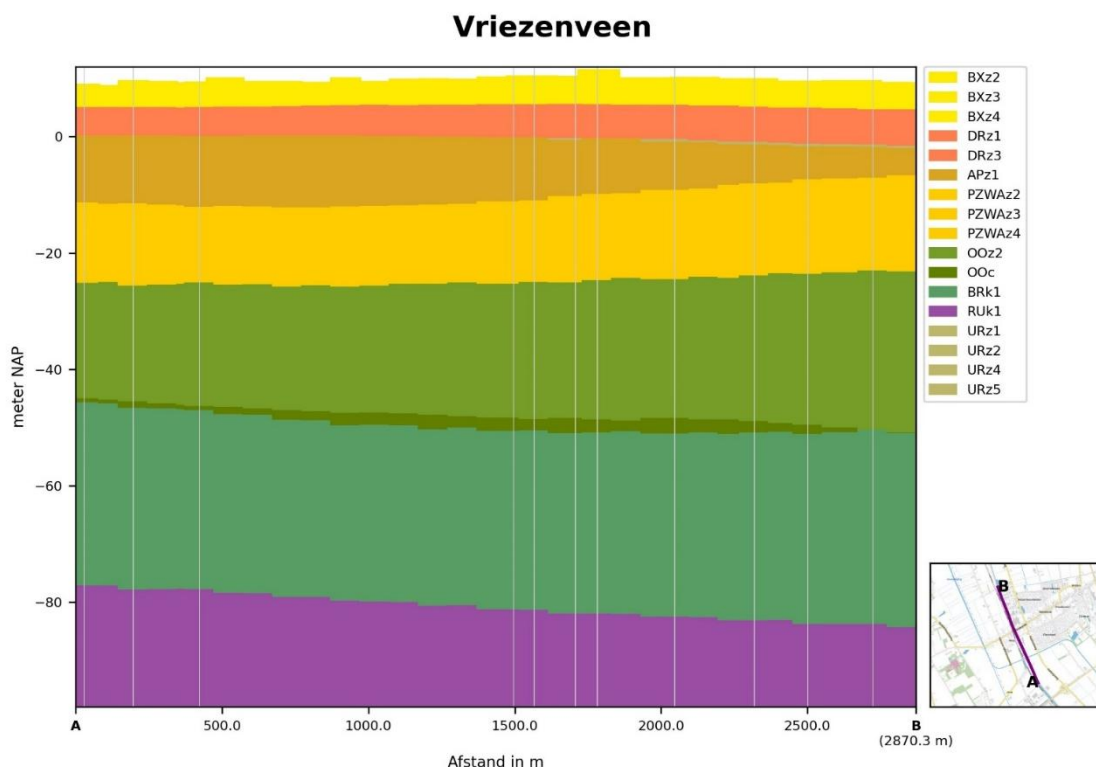


Figuur 8 Verdeling van het gebied in geomorfologische eenheden

Stuwwalflank bij Vriezenveen

In de omgeving van Vriezenveen liggen Tertiaire kleiafzettingen (BRk, RUK) niet erg diep - op NAP -25 m bij Almelo en aflopend naar NAP -60 m bij Daarlerveen. Daarbovenop ligt het Tertiaire zandpakket van de Formatie van Oosterhout (OOz). De grens hiervan is tot het niveau van NAP -18 m bij Almelo, aflopend naar -30 m bij Daarlerveen.

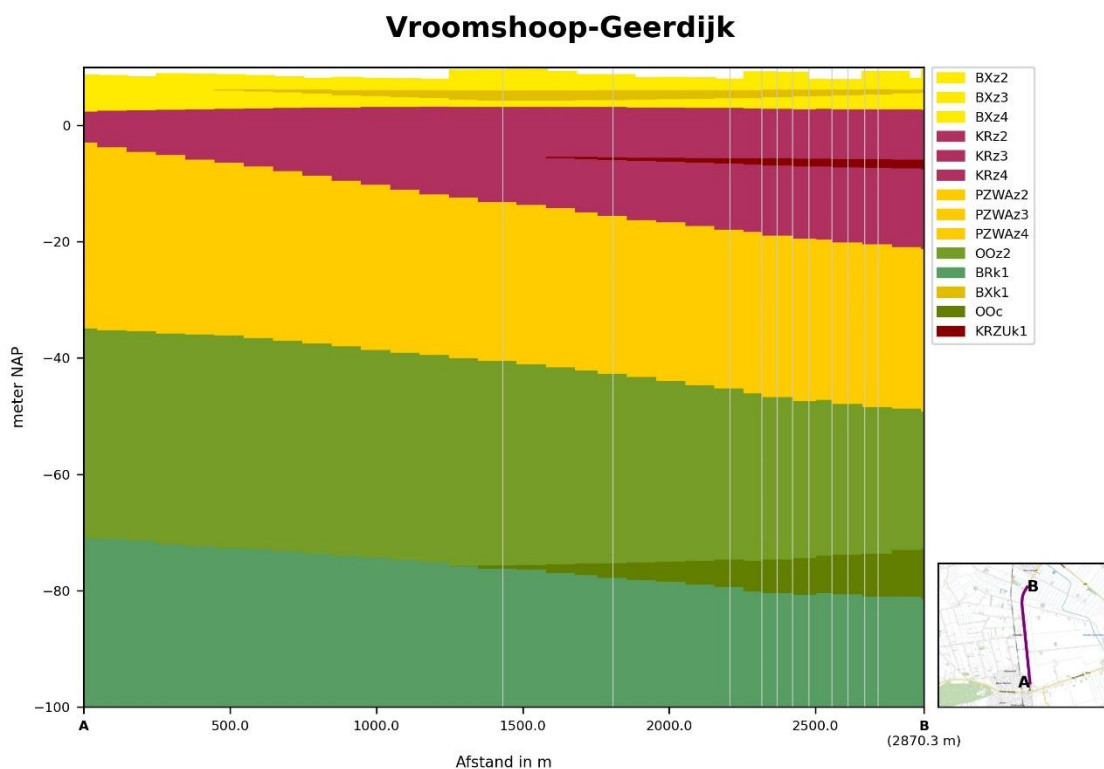
Boven op deze zeeafzettingen ligt een pakket van grof rivierzand afkomstig uit de Formatie van Peize en Waalre (PZWAz), Formatie van Appelscha (APz) en Formatie van Urk (URz). Dit wordt afgedekt met gestuwd grof zand dat wordt gerekend tot de Formatie van Drenthe (DRz). Ten slotte ligt hierop fijn dekzand dat door de wind is neergelegd en behoort tot de Formatie van Bostel (BXz). Ter illustratie is een doorsnede van de ondergrond langs het kanaal bij Vriezenveen weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Geologische doorsnede (uit REGIS v2.2) langs Kanaal Almelo-de Haandrik bij Vriezenveen (stuwwalflank van Hoge Hexel)

Veenontginningen bij Vroomshoop

Op het traject Daarlerveen tot Mariënberg (eerste deelgebied) ligt de Tertiaire basis een stuk vlakker, met Tertiaire klei tot NAP -70 m en de top van het Tertiaire zand daarboven tussen NAP -50 m en NAP -30 m. Hierboven zijn ook grofzandige rivierafzettingen uit de Formatie van Peize en Waalre (PZWaz), maar geen afzettingen van de Formatie van Appelscha, Urk of Drente. Wel komt hier een grofzandig pakket voor van de Formatie van Kreftenheye (KRz) met naar het noorden een ingesloten kleilaag luisterend naar de naam Laagpakket van Zutphen (KRZUK). In het dekzand daar bovenop (BXz) komt op een niveau tussen NAP +4 m en NAP +7 m leem voor (BXk), met daarop weer dekzand – en op veel plaatsen ook hoogveenrestanten. Ter illustratie staat een doorsnede van de ondergrond langs het kanaal bij Vroomshoop, in Figuur 10.



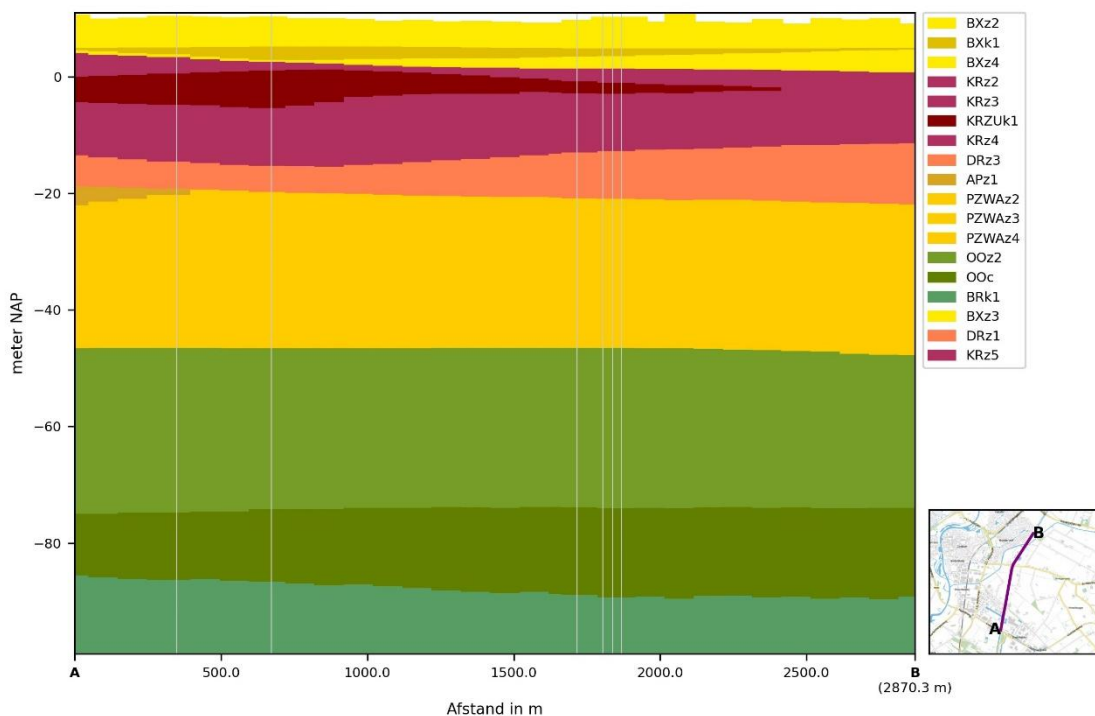
Figuur 10 Geologische doorsnede (uit REGIS v2.2) kanaal Almelo-de Haandrik bij Vroomshoop (veenontginningsgebied)

Vechtdal bij Hardenberg

Vanaf Mariënberg tot aan de Haandrik loopt het Overijssels kanaal vrijwel parallel aan de Vecht. Tertiaire klei gaat tussen NAP -90 m en NAP -70 m over in Tertiair zeezand. Op een niveau van NAP -50 m begint een pakket van grove rivierzanden van de Formatie van Peize en Waalre (PZWaz), Appelscha (APz) en de grofzandige gestuwde afzettingen van de Formatie van Drente (DRz).

Hierboven liggen de grofzandige rivierafzettingen van de Formatie van Kreftenheye (KRz) met de ingesloten kleilaag (KRZUK). In de laatste ijstijden zijn hierin fijn dekzand (BXz) en leem (BZk) afgezet. Langs de Vecht zijn hierop nog Holocene rivierafzettingen afgezet, welke voornamelijk zandig zijn.

Hardenberg



Figuur 11 Geologische doorsnede (uit REGIS v2.2) kanaal Almelo-de Haandrik bij Hardenberg (Vechtdal afzettingen)

Grondwater

Op basis van geologie is het gebied opgesplitst in drie deelgebieden, dit geldt ook voor geohydrologische onderverdeling. In de subparagrafen staat per deel de geohydrologische opbouw.

Stuwwalflank bij Vriezenveen

Wat de omgeving van Almelo kenmerkt, is een freatisch pakket van 40 m dik waaronder de geohydrologische basis ligt. Hoewel verschillende afzettingen ook verschillende doorlatendheden (een soort dichtheden) hebben, is het gehele zandpakket geohydrologisch gezien, redelijk homogeen. Voor monitoring houdt dit in dat meetpunten met één peilbuis hier volstaan.

Tabel 5 Indeling van de ondergrond bij Almelo in geohydrologische eenheden

Formatie	Top (m+NAP)	Basis (m+NAP)	Type	K (m/d)	C (d)
Boxtel zand	9,5	6	WVP	5 - 10	
Drente zand	6	0,5	WVP	25	
Appelscha zand	0,5	-4	WVP	75	
Peize-Waalre zand	-4	-17	WVP	50	
Oosterhout zand	-17	-32	WVP	10	
Breda klei	-32	-65	SDL		15000
Rupel/Dongen klei	-65		GHB		

Veenontginningen bij Vroomshoop

Wat typisch is voor omgeving van Vroomshoop is een deklaag van veen die niet overal aansluitend voorkomt. De deklaag verandert door bodembewerking, oxidatie en klink, waardoor de hydrologische weerstand ook onderhevig is aan verandering. Monitoring van grondwater vindt daarom bij voorkeur plaats onder de deklaag. Tot circa 4 m onder maaiveld komt op veel plaatsen een weerstand biedende leemlaag voor, waardoor in deze zone ook diepere filters gewenst zijn voor de monitoring. Hieronder ligt een grover zandpakket met een dikte van ongeveer 70 m, waaronder de geohydrologische basis begint.

Tabel 6 Indeling van de ondergrond bij Vroomshoop in geohydrologische eenheden

Formatie	Top (m+NAP)	Basis (m+NAP)	Type	K (m/d)	C (d)
Nieuwkoop veen	8,5	6	deklaag		
Boxtel zand	8,5	6	WVP	5 - 10	
Boxtel leem	6	5,5	SDL		60
Boxtel zand	5,5	2,5	WVP	10	
Kreftenheye zand	2,5	-3	WVP	75	
Drente/Urk zand	-3	-8	WVP	50	
Peize-Waalre zand	-8,0	-35,0	WVP	50	
Oosterhout zand	-35,0	-71,0	WVP	10	
Breda klei	-71,0	-102,0	SDL		15000
Rupel/Dongen klei	-102,0		GHB		

Vechtdal bij Hardenberg

Rondom de Hardenberg bestaat de ondergrond voor het overgrote deel door afzettingen van de rivier de Vecht. Lokaal zijn daar nog recente rivierafzettingen van te vinden van geringe dikte, met verder een zandpakket van circa 10 m dik. Onder deze freatische laag ligt een scheidende laag van klei, behorende tot het Laagpakket van Zutphen. Hieronder ligt een grover zandpakket met een dikte van ongeveer 70 m, waaronder de geohydrologische basis begint. Alle peilbuizen voor monitoring rondom het kanaal zullen in het freatische pakket komen, tussen de deklaag en de scheidende laag.

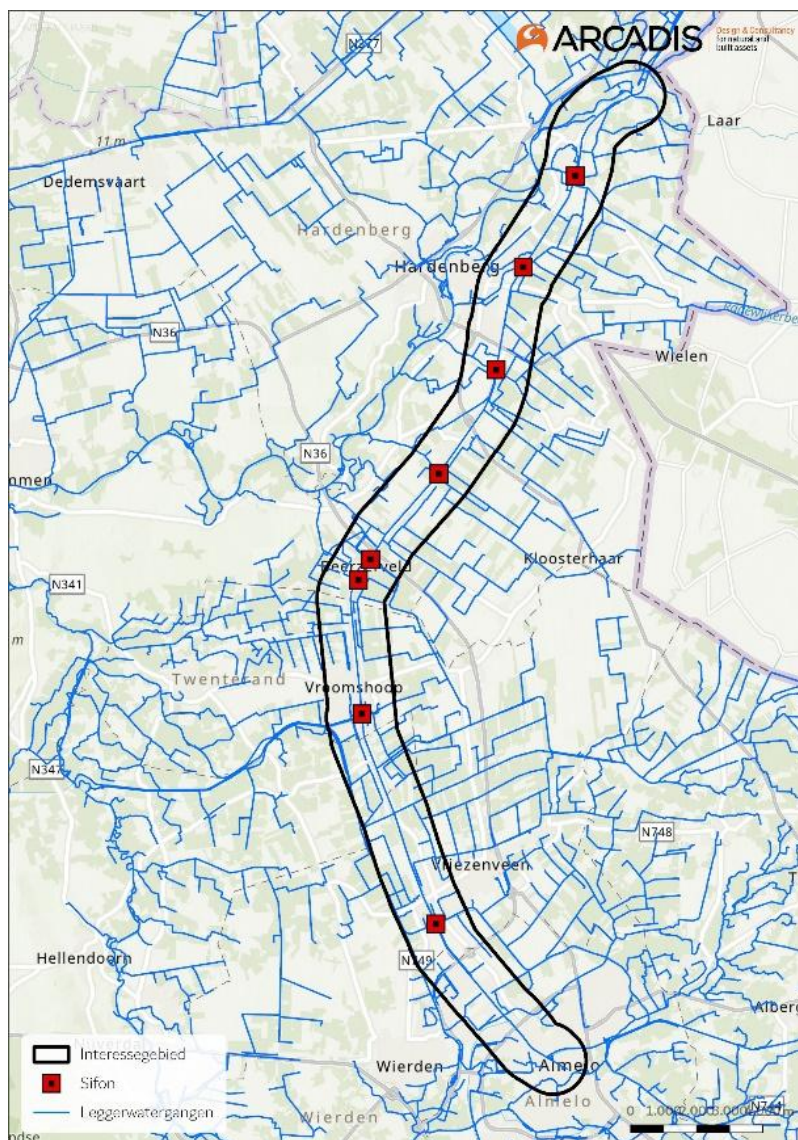
Tabel 7 Indeling van de ondergrond bij Hardenberg in geohydrologische eenheden

Formatie	Top (m+NAP)	Basis (m+NAP)	Type	K (m/d)	C (d)
Holoceen riviersediment	9	8,5	deklaag		
Boxtel zand	8,5	0	WVP	5 - 10	
Kreftenheye zand	0	-2	WVP	25	
Kreftenheye klei	-2	-5	SDL		100
Kreftenheye zand	-5	-15	WVP	25	
Drente/Urk zand	-15	-17	WVP	25	
Appelscha zand	-17	-31	WVP	50	
Peize-Waalre zand	-31	-57	WVP	50	
Oosterhout zand	-57	-74	WVP	10	
Oosterhout complex	-74	-91	complex		1000
Breda klei	-91		GHB		

Oppervlaktewater

Voor monitoring langs het kanaal is kennis van de oppervlaktewaterstanden gewenst. De oppervlaktewateren in de omgeving van het kanaal worden namelijk gestuurd op waterpeil. Alleen de Vecht is een natuurlijke waterloop die, ondanks menselijke ingrepen, nog een grotendeels natuurlijke rivierdynamiek laat zien.

Op andere plaatsen is er sturing van het oppervlaktewaterpeil door stuwen en gemalen. Beheer hiervan gebeurt door Waterschap Vechtstromen. Een aantal kruisingen van het kanaal met het leggerwatersysteem is gebouwd door middel van sifons. Dit is gedaan omdat de natuurlijke afwatering van het gebied van het oosten naar het westen verliep. De leggerwateren zijn op deze manier onder het kanaal door verbonden met de hoofdafwatering (Veenleiding, Regge en Vecht). Wel zijn de leggerwateren en het kanaal nog op een aantal plaatsen met elkaar in verbinding, gereguleerd met een stuw of sluis.



Figuur 12 Oppervlaktewatersysteem (Bron: Legger Waterschap Vechtstromen)

Bodem en landgebruik

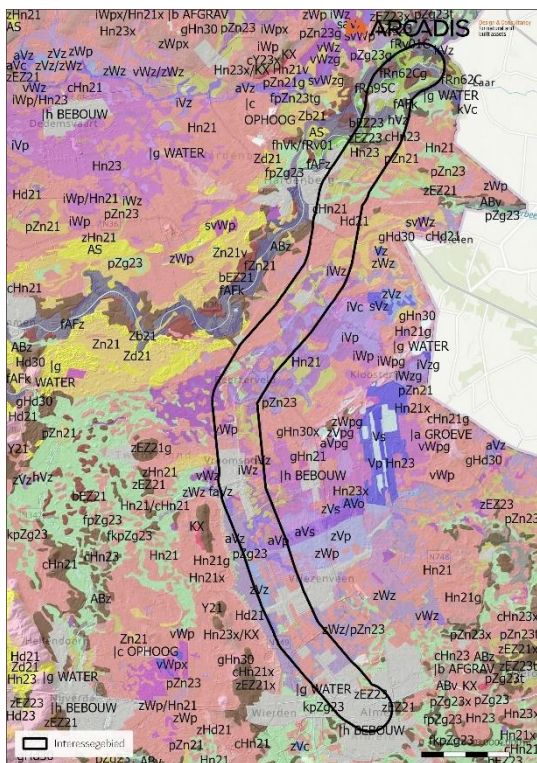
Wat de bodem betreft bestaat het gebied uit grofweg twee categorieën: dekzand en veen. De verspreiding van de bodemtypes door de regio is te zien in Figuur 13 [4].

De dekzandbodems zijn ook weer op te delen in typen. In het gebied ter sprake bestaat dit uit overwegend veldpodzols (kaartcode Hn, kleur roze) en beekerdgronden (kaartcode pZ, groen). Kenmerkend aan deze bodemtypes is dat ze (periodiek) water tot in de wortelzone hebben/hadden en vaak mineraalarm zijn.

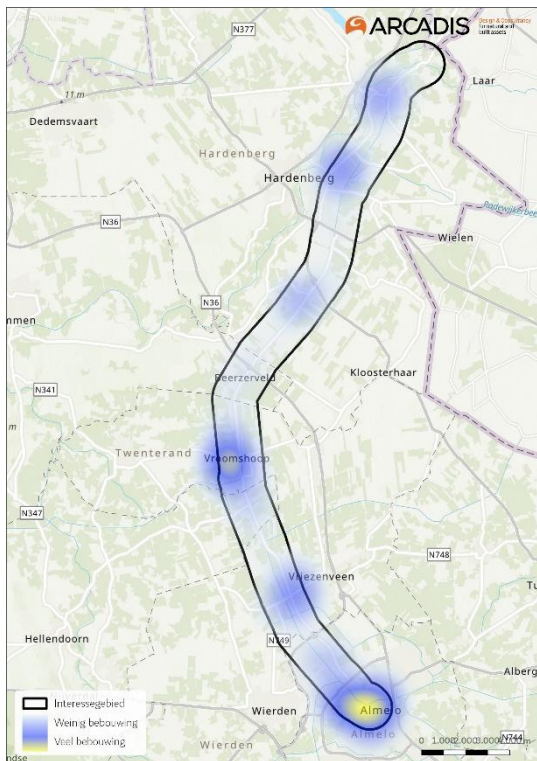
Het andere veelvoorkomende bodemtype is veengrond (ook op te delen in soorten, maar voor het gemak blijven we nu bij één overkoepelend type). Deze van oorsprong voedselarme hoogvenen ontstonden ongeveer 6000 jaar geleden. Dat gebeurde door zure omstandigheden waarin in het onderliggende dekzand de aanwezige ijzer kon neerslaan als oerbanken of een kazige-B, zeer slecht doorlatende laden die schijngrondwaterspiegels kunnen laten ontstaan. De venen zelf zijn vervolgens voor het grootste deel ontgonnen in de 19^e eeuw, toen ook het kanaal werd aangelegd.

Het landgebruik in de omgeving van het kanaal bestaat voornamelijk uit agrarische percelen, waarbij binnen een kilometer van het kanaal 34% van het land in gebruik is als grasland, en 21% voor akkerbouw (waaronder ook voedergewassen als snijmais wordt gerekend). Open water (5%) en bos (2%) komen weinig voor. [5]

19% van het landgebruik wordt aangemerkt als bebouwd gebied. Huizen liggen voornamelijk direct langs het kanaal en in de bebouwde kom van de dorpen en steden (zie Figuur 14) [6].



Figuur 13 Bodemkaart (Bron: WENR)



Figuur 14 bebouwingsdichtheid binnen 1 km van het kanaal (heatmap op basis van de BAG-registratie)

Colofon

MONITORINGPLAN GRONDWATER
KANAAL ALMELO-DE HAANDRIK

KLANT
Provincie Overijssel

AUTEUR
Kees de Vries

PROJECTNUMMER
30202413

ONZE REFERENTIE
WSRJPVCEQ6P5-1224395981-200:2.0

DATUM
25 oktober 2024

STATUS
Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Joost Visschedijk
Senior Projectleider

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende datagedreven duurzame ontwerp-, advies- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij zijn met 36.000 architecten, data-analisten, ingenieurs, projectplanners, water- en duurzaamheidexperts. Onze gedeelde passie is: Improving quality of life. Toewijding aan de strategie 'accelerating a planet positive future' onderschrijft onze wereldwijde samenwerking met klanten en hoe we hen helpen met duurzame projectkeuzes. We combineren digitale met mensgerichte innovaties en omarmen toekomstgerichte vaardigheden op het gebied van milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. We werken vanuit meer dan dertig landen en rapporteerden in 2023 een bruto omzet van 5 miljard euro. www.arcadis.com

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 7895
1008 AB Amsterdam
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



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