

NOTITIE

PROJECT	:	Lienden, De Brink
PROJECTNUMMER	:	P25-0457
ONDERWERP	:	Geohydrologisch onderzoek en kwelanalyse
DATUM	:	15 juli 2025 (revisie: 11 februari 2026)
OPGESTELD DOOR	:	D. van den Brandhof en G.T. van Spronsen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In de plaats Lienden (gemeente Buren) is het voornemen om 95 woningen te ontwikkelen binnen het plangebied De Brink. De ligging van het plangebied is weergegeven in figuur 1. BOOT is betrokken bij deze ontwikkeling en heeft in opdracht van De Bunte Vastgoed B.V. een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd.

1.2 Doel

Doel van het onderzoek is om een goed onderbouwd inzicht te verkrijgen in de lokale geohydrologische situatie. De eerste stap hierin is inzicht te krijgen in de lokale geohydrologische opbouw (bodempopbouw, grondwaterstanden, oppervlaktewatersysteem, etc.). Met deze informatie kunnen we eventuele grondwater gerelateerde risico's vroegtijdig signaleren en mogelijke technische maatregelen bepalen.

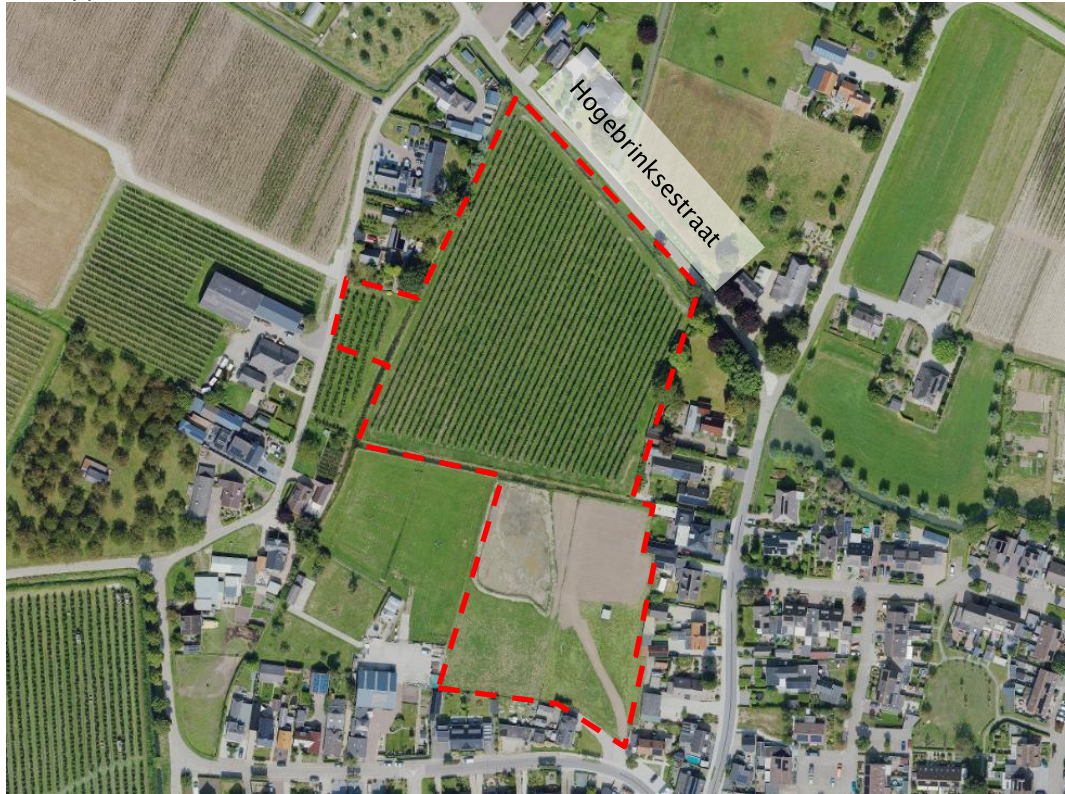
1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van deze notitie gaat in op de huidige situatie en de geohydrologische opbouw van de ondergrond. Hoofdstuk 3 beschrijft enkele geohydrologische risico's die in de uitvoering en toekomstig gebruik naar voren kunnen komen. In hoofdstuk 4 worden de kwelberekeningen en -analyse beschreven. De notitie sluit af met hoofdstuk 5 waar de conclusies en adviezen zijn opgenomen.

2 Huidige situatie

2.1 Locatie plangebied

Het plangebied is gelegen in het noorden van het dorp Lienden. Het voornemen is om ter plaatse van het plangebied De Brink 95 woningen te ontwikkelen. Het plangebied heeft een oppervlak van circa 27 ha.

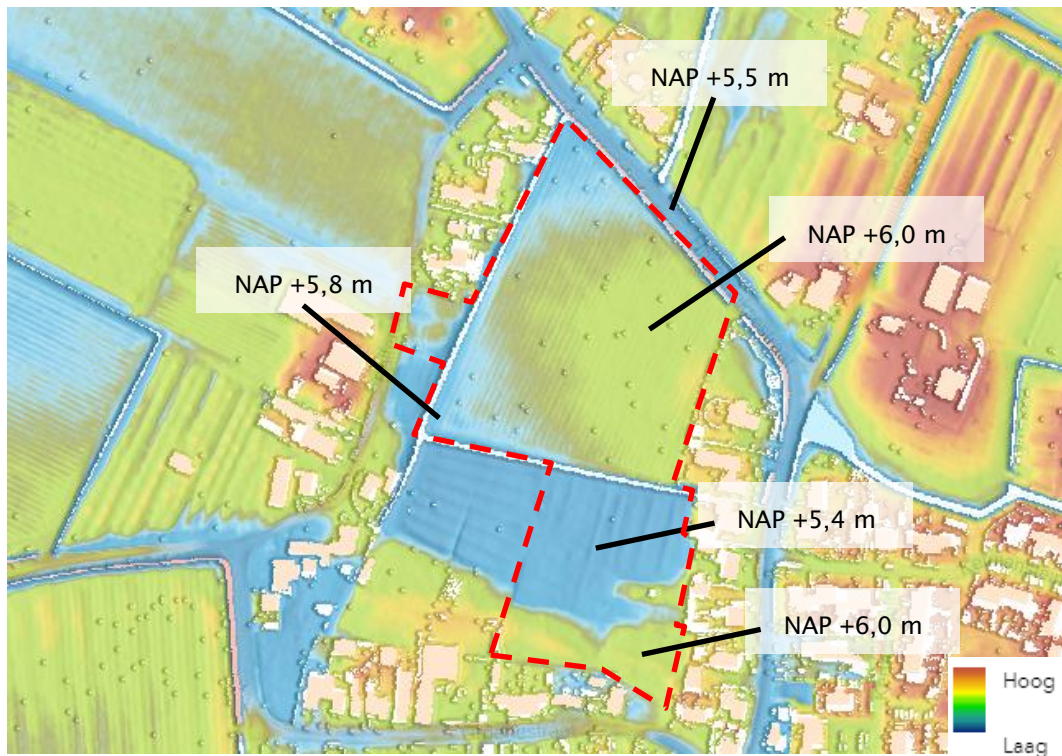


Figuur 2.1: Ligging plangebied (bron: Street Smart, 2025)

2.2 Maaiveld

Regionaal gezien ligt het plangebied ten noorden van Lienden, in het rivierengebied. Dit gebied kenmerkt zich door een relatief vlak landschap met lichte hoogteverschillen.

Het plangebied ligt grotendeels op circa NAP +6,0 m, maar kent variaties in maaiveldhoogtes met een afwijking tot circa 0,6 meter lager. Met name het zuidelijke perceel ligt lager, en de noord- en zuidoosthoeken van het noordelijke perceel. Het lokale maaiveldverloop op basis van het AHN5 is weergegeven in figuur 2.1.



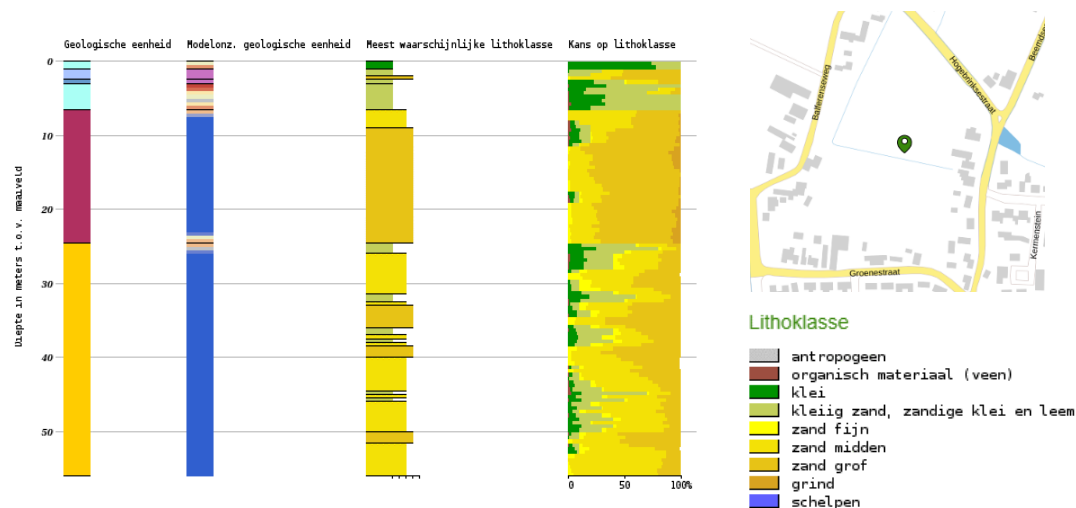
Figuur 2.1: Maaiveldverloop plangebied (rode kader). Bron: AHN5, 2025.

2.3 Bodemopbouw

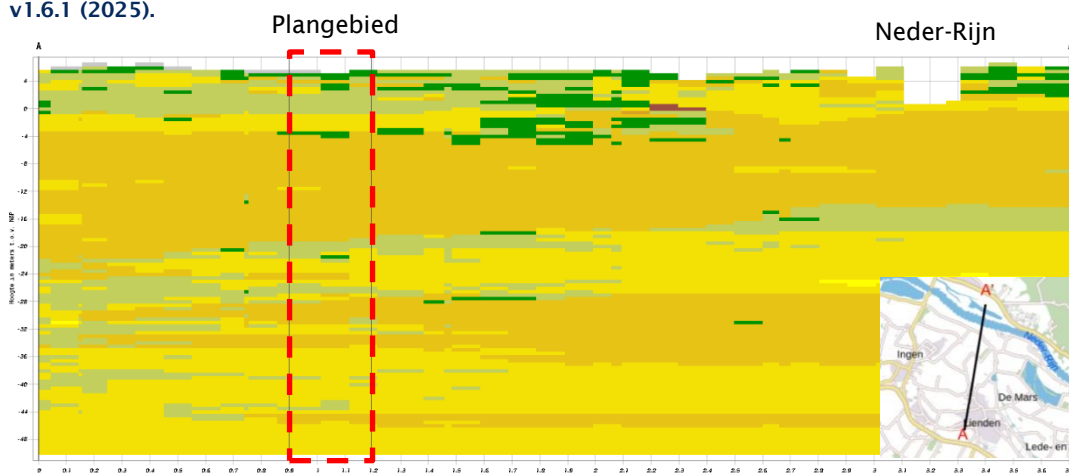
(De regionale en lokale bodemopbouw zijn bepaald op basis van DINoloket (model GeoTOP v1.6.1) en de uitgevoerde bodemonderzoeken door Ingenieursbureau Land (d.d. 25 januari 2023) en Hunneman Milieu-advies (d.d. 3 juli 2024) en tijdens het geohydrologisch veldwerk door BOOT (d.d. 19 juni 2025).

Regionale bodemopbouw

In figuur 2.2 is een overzicht weergegeven met de geologische eenheid (meest linkse profiel in de figuur) en de meest waarschijnlijke lithoklasse (2 rechtse profielen). De regionale bodembouw wordt gekenmerkt door een deklaag van circa 1,0 meter dik klei. Daaronder volgt een zandig pakket tot ongeveer 2,5 meter minus maaiveld (m-mv). Tussen 2,5 en 6,5 m-mv bestaat de ondergrond uit klei en/of kleig zand. Tussen 6,5 en 24,5 m-mv is een zandig pakket aanwezig met een overwegend grove fractie. Tussen 24,5 en 56 m-mv is de ondergrond complex. De ondergrond is hier voornamelijk middel tot grof zandig met op verschillende dieptes een kans op het aantreffen van klei of kleig zand lagen. De regionale bodemopbouw vanaf het noorden naar het zuiden is weergegeven in figuur 2.3. In dit dwarsprofiel is op circa 2,5 km van het plangebied de Neder-Rijn te zien. De rivier snijdt in het grove zandpakket van 6,5 tot 24,5 m-mv. In het profiel is ook goed te zien dat de ondergrond vanaf 24,5 m-mv complex is met wisselingen in de te verwachte bodemopbouw.



Figuur 2.2: Geologische eenheid en lithoklasse op basis van profiel DINOloket, model GeoTOP v1.6.1 (2025).



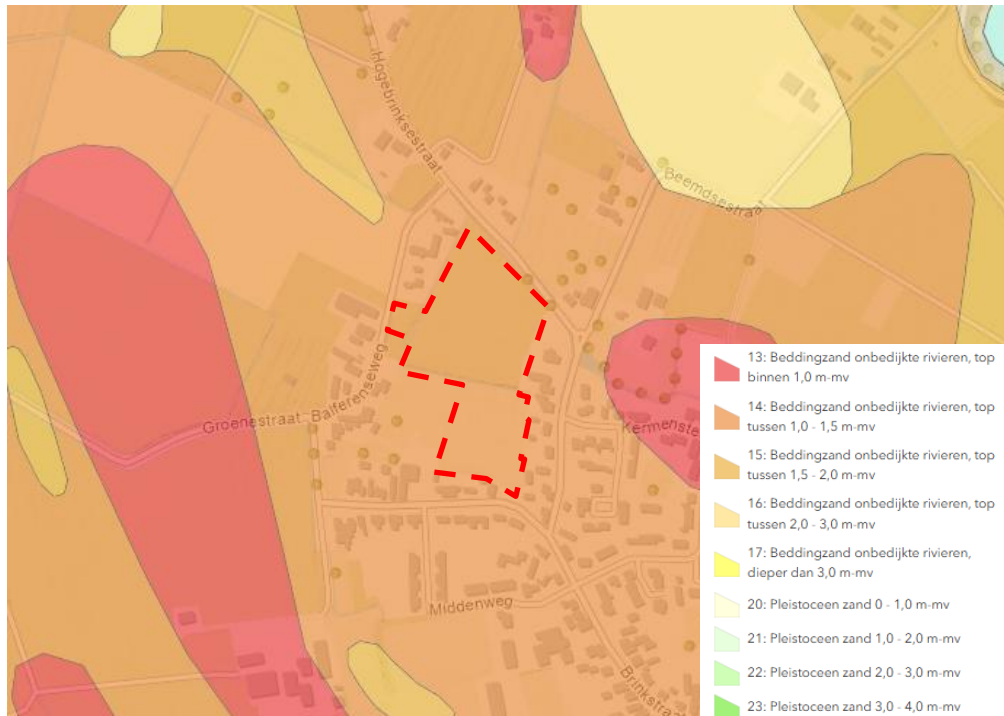
Figuur 2.3: Dwarsprofiel zuid-noord met meest waarschijnlijke lithoklasse (bron: DINOloket, model GeoTOP, 2025). Legenda weergegeven in Figuur.

Lokale bodemopbouw

Op 19 juni 2025 zijn door BOOT boringen uitgevoerd. Op basis van deze boringen komt naar voren dat er een deklaag van klei aanwezig is. Deze kleilaag varieert tussen de 0,45 en 1,5 m dikte. De kleilaag is zwak tot matig humeus en zwak tot matig zandig. Hieronder volgt een matig fijn zandpakket dat zwak siltig is. Bij drie boringen komen in deze zandlaag nog wel kleiige eenheden voor op wisselende dieptes die geen verband lijken te hebben. De kleilagen zijn sterk siltig of sterk zandig.

Zandbanen

Op basis van de zandbandenkaart ligt de top van het zand op circa 1,0 – 1,5 m-mv. Dit komt grof overeen met de boringen, met uitzondering van dat de boringen lokaal een dunnere kleilaag laten zien, en de top van de zandlaag dus nog een halve meter hoger ligt. In figuur 2.4 is de zandbandenkaart weergegeven.



Figuur 2.4 Zandbanenkaart (bron: Nationaal GERegister, Bodem- Zandbanen en Zanddiepte-kaart).

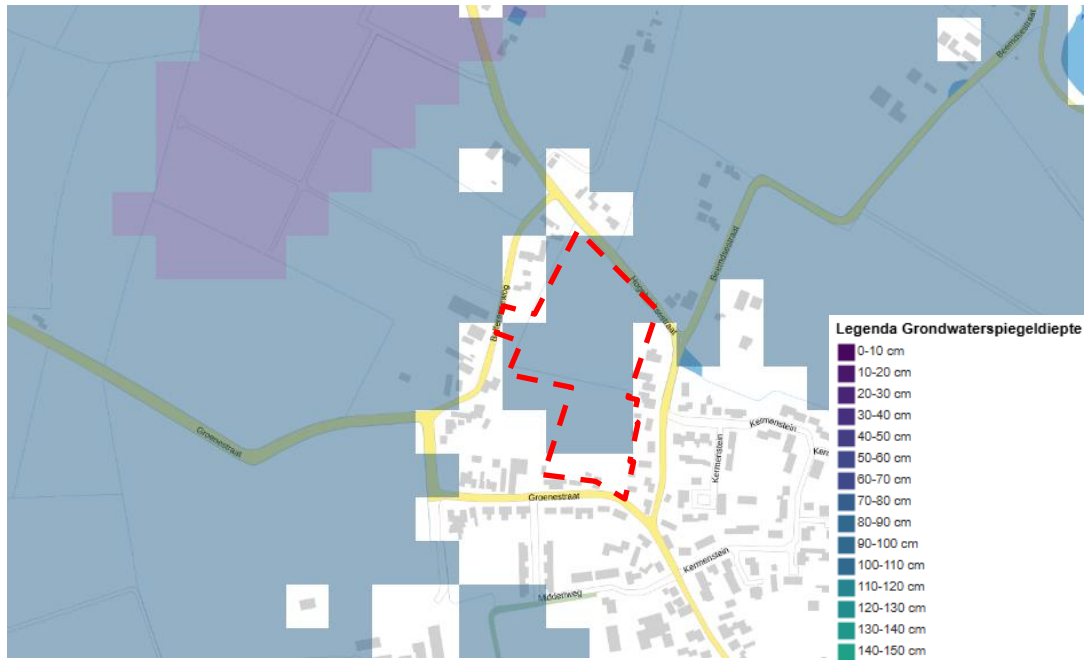
2.4 Grondwater

Peilbuizen

In de omgeving van het plangebied zijn geen monitoringspunten aanwezig waarin de freatische grondwaterstand of stijghoogten gemonitord zijn. Tijdens de veldwerkzaamheden is de grondwaterstand tussen de 0,75 en 1,0 m-mv aangetroffen met een enkele uitzondering in boring 2, hier is de grondwaterstand op 0,3 m-mv aangetroffen. Dit gaat vermoedelijk om hangwater in de kleilaag.

Grondwatermodellen

Naast de peilbuizen en veldwerkzaamheden is er ook gekeken naar het grondwatermodel BRO grondwaterspiegeldiepte. Hieruit komt naar voren dat ter hoogte van het plangebied de te verwachte GHG op circa 0,9 m-mv ligt en de GLG op 1,5 m-mv. Het grondwatermodel MORIA en LHM geven een GHG op circa 1,0 m-mv en de GLG op 1,5 m-mv.



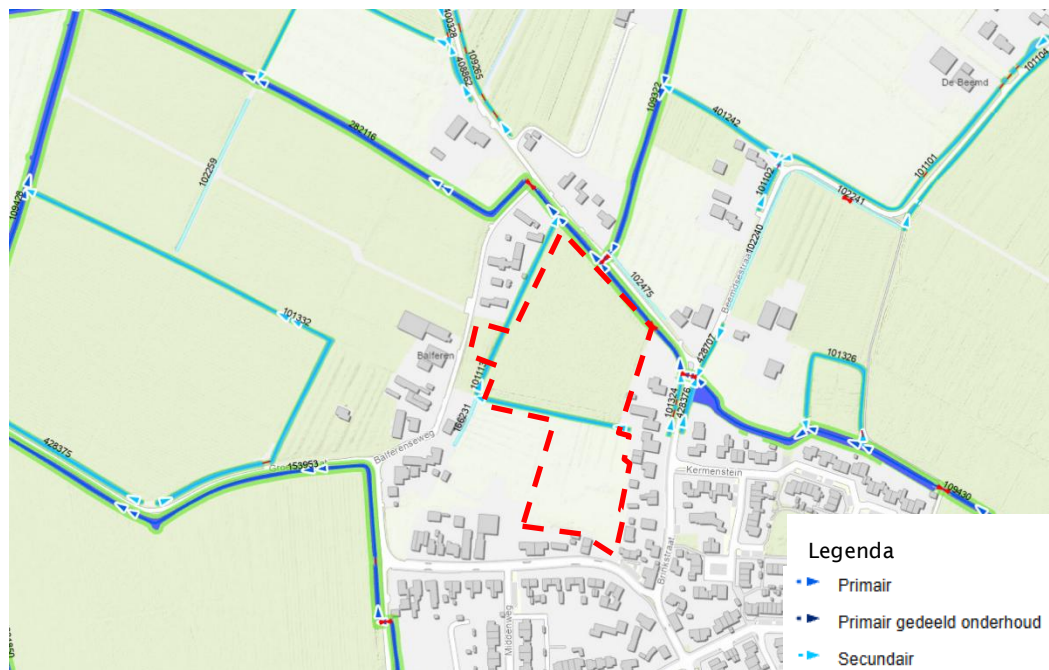
Figuur 2.5 Grondwatermodel GHG (bron: BROloket)

Ingeschatte grondwaterstanden

Gezien de afwezigheid van geschikte monitoringspunten in de omgeving is de grondwaterstand een globale inschatting op basis van een meting tijdens het veldwerk en diverse grondwatermodellen. De GHG wordt op basis van de huidige informatie ingeschat op ongeveer NAP +5,0 m. De GLG wordt ingeschat op NAP +4,5 m. Het plangebied kent een hoogteverschil, bij de lager gelegen delen wordt verwacht dat de grondwaterstand lager ligt (de inschatting is ongeveer 0,3 m).

2.5 Oppervlaktewater

In figuur 2.6 is een uitsnede van de legger van waterschap Rivierenland weergegeven. Midden in het plangebied loopt een secundaire watergang van oost naar west. Deze watert af naar de rand van het plangebied en loopt vanaf daar door naar het noordelijkste punt van het plangebied. Aan de noordzijde van het plangebied ligt een primaire watergang, de secundaire watergang komt hierop uit. Het oppervlakte water bevindt zich in peilgebied NDB072 welke een zomerpeil heeft van NAP +4,90 m en een winterpeil van NAP +4,70 m. Op ongeveer 2,5 km ten noorden van het plangebied stroomt de Neder-Rijn.

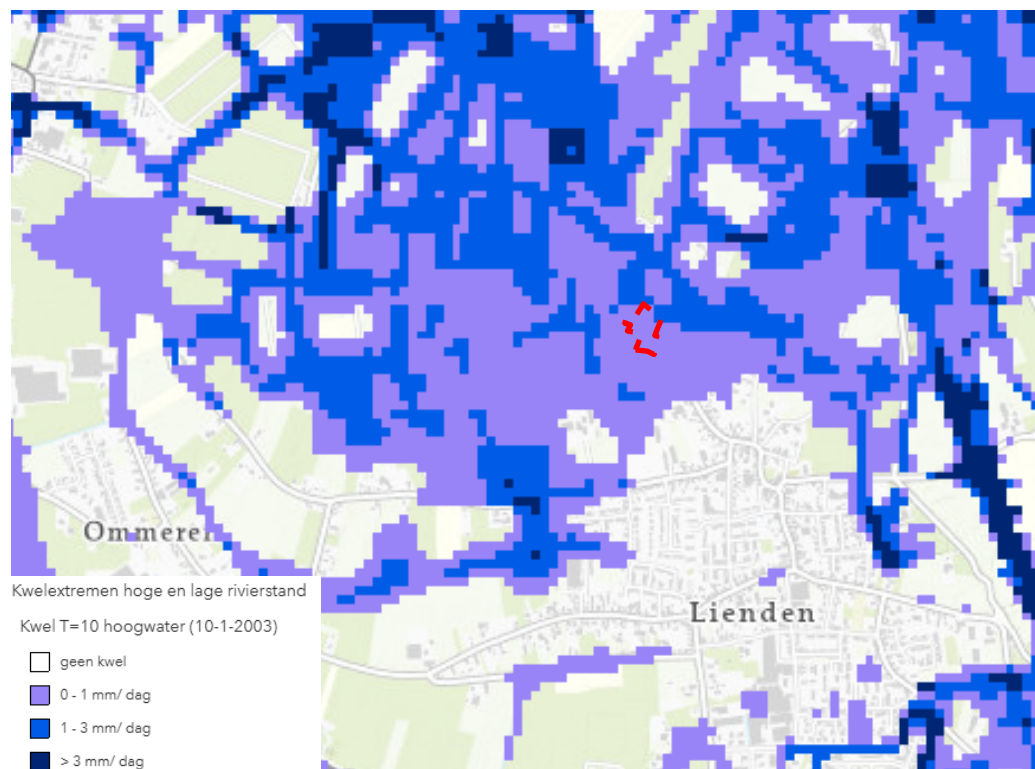


Figuur 2.6: Uitsnede legger waterschap Rivierenland (2025).

3 Geohydrologische risico's

3.1 Kwel

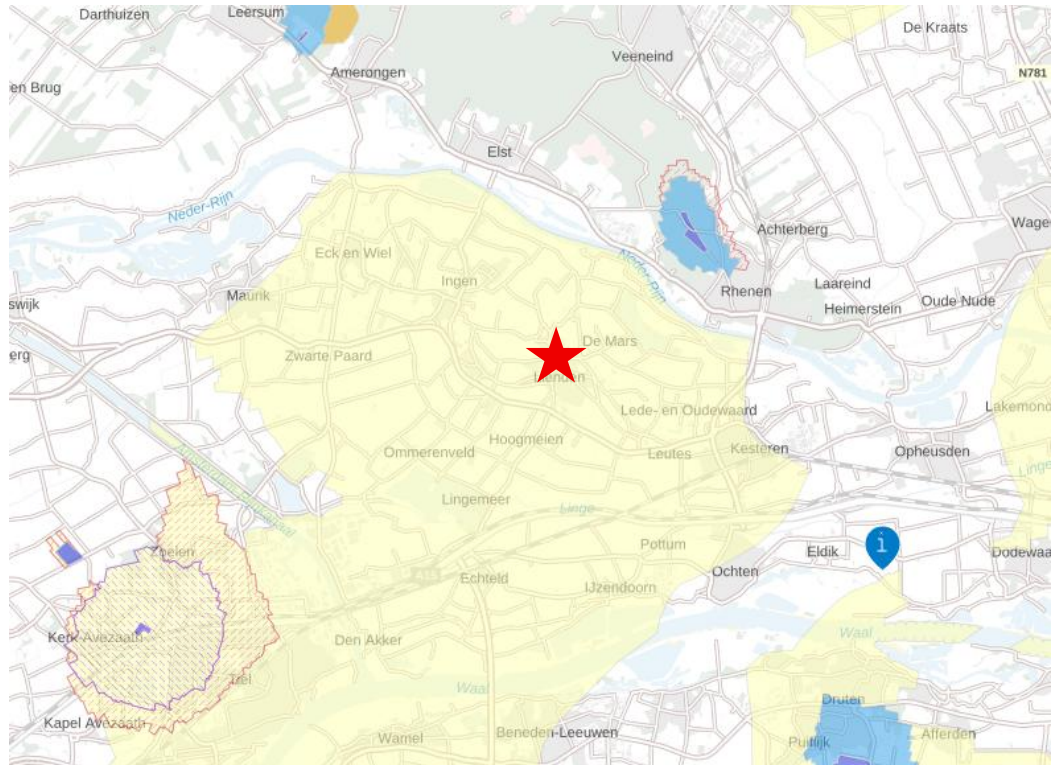
Het plangebied ligt in een gebied met kwel van circa 0,4 mm/dag op basis van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). Op basis van kaarten van waterschap Rivierenland, zie ook figuur 3.1, ligt het plangebied in een gebied van 0 - 1 mm kwel per dag bij een rivierstand die eens in de 10 jaar voorkomt (T=10). Verwacht wordt dat overlast door kwel binnen het plangebied beperkt blijft. Het afgraven van de kleiige deklaag kan bijvoorbeeld wel toename van kwel tot gevolg hebben. In hoofdstuk 4 is een verdere kwelanalyse uitgewerkt.



Figuur 3.1: Kwel bij T=10 rivierstand (bron: Waterschap Rivierenland).

3.2 Grondwaterbeschermingszones

Het plangebied ligt in een intrekgebied van Vitens voor de productielocatie in Kerk-Avezaath. In figuur 3.2 is de ligging van het intrekgebied weergegeven. Bron: Atlas leefomgeving, Rijksoverheid.



Figuur 3.2 Grondwaterbeschermingsgebieden (bron: Atlas Leefomgeving)

3.3 Indicatieve opbarstberekening

Voor de locatie is een indicatieve opbarstberekening uitgevoerd. Omdat de stijghoogte en nog onzeker is betreft het een indicatieve berekening. Aan de hand van de aanvullende gegevens kan een definitieve opbarstberekening gemaakt worden. Voor de opbarstberekening is gerekend met een maximale afgraving, waarbij het risico op opbarsten beperkt blijft. Samengevat zijn de indicatieve resultaten als volgt:

- Stijghoogte: NAP +4,7 m (0,7 m-mv)
- Ontgravingsdiepte: NAP +4,56 m (0,84 m-mv)
- Gronddruk neerwaarts totaal: 4,39 kN/m²
- Waterdruk opwaarts: 3,92 kN/m²

De veiligheidsfactor is berekend op 1,12 (moet >1,1 zijn voor voldoende stabiliteit). De volledige berekening is weergegeven in bijlage A. Uitgaande van de bovengenoemde uitgangspunten kan veilig ontgraven worden tot 0,84 m-mv. De aanwezige kleilaag kan lokaal variëren in dikte, waardoor het resultaat van de opbarstberekening ook kan afwijken.

In de praktijk zal bij een groot deel van de werkzaamheden de kleilaag doorbroken worden (bijvoorbeeld bij aanleg riool). In dat geval is het opbarst risico zelf niet aanwezig, maar moet wel bemalen worden in het zandpakket onder de kleilaag om voldoende grondwaterstandsverlaging te realiseren.

De waterpartij wordt ontgraven tot NAP +4,4 m. Omdat hiervoor waarschijnlijk de gehele kleilaag wordt afgegraven wordt het risico op opbarsten weggenomen (zie alinea hierboven).

3.4 Noodzaak bemaling

Gezien de GHG, die op ongeveer 1,0 m-mv ligt, wordt bemaling noodzakelijk geacht voor werkzaamheden die dieper gaan dan 1,0 meter onder maaiveld.

3.5 (Grond)wateroverlast

Gezien de aanwezige slecht doorlatende kleilaag is er risico op (grond)wateroverlast. Geadviseerd wordt om bij de ontwikkeling rekening te houden met voldoende waterberging en overstortvoorzieningen. Dit is reeds uitgewerkt in het waterhuishoudkundig plan (Verhoeve en Faber, 24-116/DWI/001/Concept, d.d. 2 mei 2025).

3.6 Ophoging plangebied

De ophoging van het plangebied is beperkt; tot maximaal 40 cm. Dit is nodig om op de Hogebrinkstraat en de Groenestraat aan te sluiten. In theorie kan een ophoging van het maaiveld voor een grondwaterstandsverhoging zorgen vanwege de veranderde capillaire werking. Binnen dit gebied worden echter drainerende middelen toegevoegd (waterbergingsvoorzieningen). Daarom blijft de grondwaterstand gelijk, of zal deze eerder iets dalen. Tot slot ligt er naast het plangebied een watergang. Deze watergang is voorzien van een vast zomer- en winterpeil. Deze watergang functioneert als een hydrologische barrière. Eventuele effecten binnen het plangebied worden daardoor opgeheven. Er worden geen negatieve effecten door de ophoging verwacht.

4 Kwelanalyse

Ten noorden van het plangebied ligt de Neder-Rijn. Aangezien deze rivier insnijdt in het eerste watervoerend pakket (zie figuur 2.3) kunnen hoge rivierstanden invloed hebben op de kwelsituatie binnen het plangebied. Het is gewenst vooraf inzicht te hebben in de eventuele toename van kwel. Deze verandering van kwel is berekend met de formule van Mazure. Onderstaand worden eerst de uitgangspunten toegelicht, waarna in paragraaf 4.2 en 4.3 de kwelberekening en resultaten worden toegelicht.

4.1 Uitgangspunten

De kwelberekening wordt uitgevoerd conform bijlage 1 van de Richtlijn kwel en wegzijging van Waterschap Rivierenland (d.d. 23-10-2012) (zie bijlage B van deze notitie). Op basis hiervan is zijn de volgende gegevens benodigd (een toelichting per onderdeel is beschreven in onderstaande paragrafen):

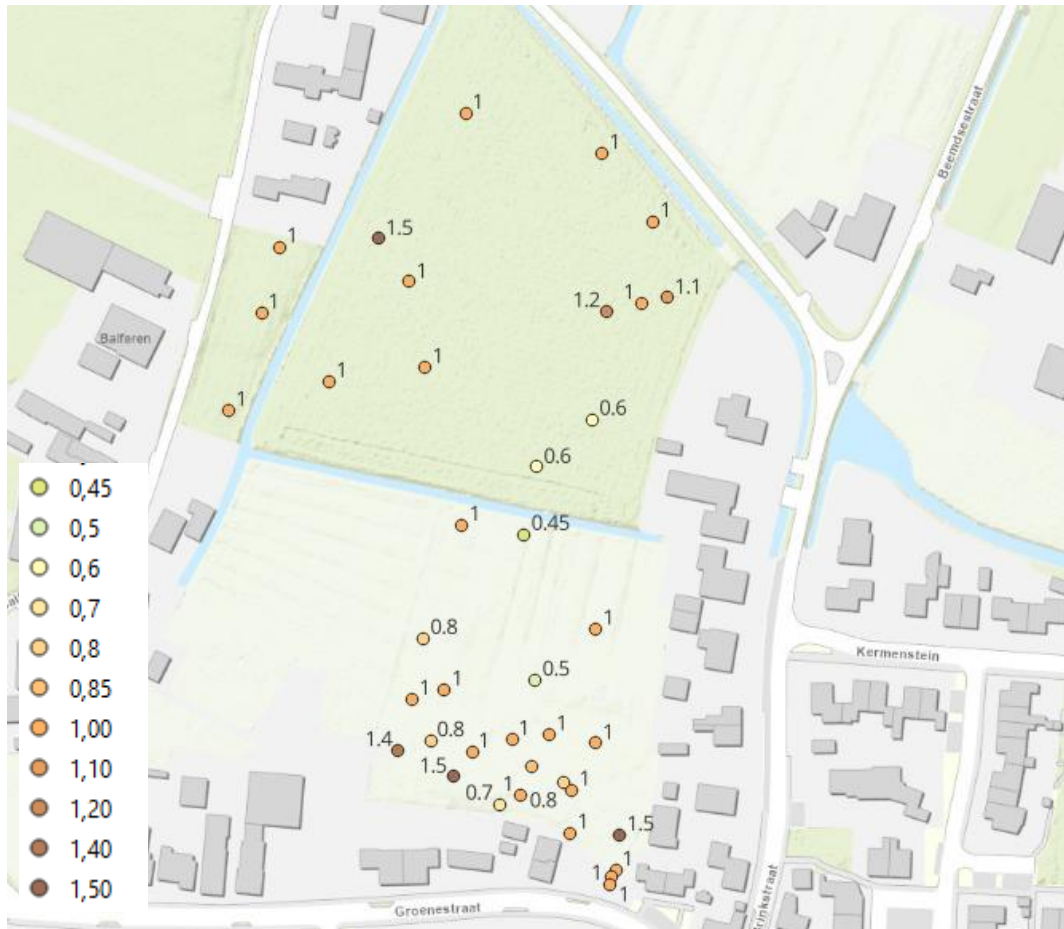
- Dikte deklaag (c-waarde)
- Dikte watervoerend pakket (kD-waarde)
- Ligging watersysteem
- Waterpeilen peilbesluit
- Grondwaterstand

Dikte deklaag

De verticale weerstand (c-waarde) van deze kleilaag is niet in het veld gemeten maar worst-case geschat op basis van de lithologie (Bot, 2016). De c-waarde is aangenomen op 100 dagen per meter klei ($k_v=0,01$ m/d).

De dikte van de deklaag binnen het plangebied is onderzocht tijdens bodemonderzoeken door Ingenieursbureau Land (d.d. 25 januari 2023) en Hunneman Milieu-advies (d.d. 3 juli 2024) en tijdens het geohydrologisch veldwerk door BOOT (d.d. 19 juni 2025). In figuur 4.1 is een kaart weergegeven met de dikte van de deklaag. Er is geen duidelijk patroon in de variatie van deze dikte te zien. Bij een aantal (10 boringen in onderzoek Hunneman, 11 boringen in onderzoek Ingenieursbureau Land) boringen tot 1 m-mv was 1 m-mv ook de einddiepte van de boring, daar is de deklaag mogelijk dikker.

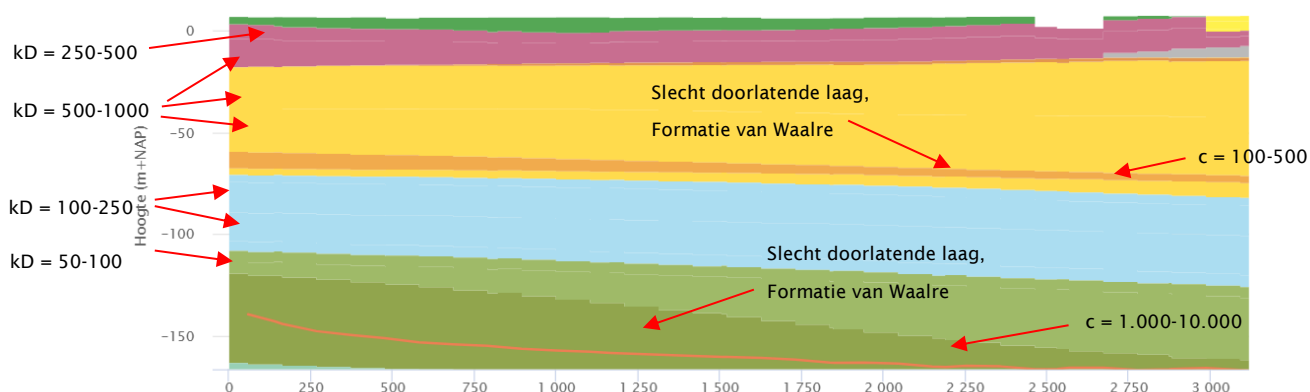
Voor de kwelberekening is het echter ook relevant hoe de deklaag tussen de Neder-Rijn en het plangebied ligt. Zoals te zien in figuur 2.3 zijn er diverse locaties waar de deklaag ontbreekt, zeer dun is, of bestaat uit zandige klei/kleilig zand, met een lagere c-waarde. Als representatieve c-waarde voor de volledige deklaag is 50 dagen aangehouden.



Figuur 4.1: Visualisatie dikte deklaag in m binnen plangebied. Bron: booronderzoek: Hunneman, Ingenieursbureau Land en BOOT.

Dikte watervoerend pakket

In figuur 2.3 is een dwarsprofiel over de Neder-Rijn en het plangebied, met daarin de meest waarschijnlijke lithoklasse, weergegeven. De kD-waarde van het 1-ste watervoerend pakket is op basis van dit profiel niet goed in te schatten. In figuur 4.2 is de diepere bodemopbouw weergegeven. Op ongeveer 60-70 m-mv ligt een slecht doorlatende laag van de Formatie van Waalre. Aangezien het 2^e watervoerend pakket een relatief lage kD-waarde heeft wordt aangenomen dat de Formatie van Waalre de scheidende laag is. Als kD-waarde is 2.600 m²/dag



Figuur 4.2: Dwarsprofiel uit REGIS-model (bron: Grondwatertools). C-waarden weergegeven in dagen en kD-waarden weergegeven in m²/dag, beide afkomstig uit REGIS II (DINOloket).

Waterpeilen peilbesluit

Het plangebied ligt in een gebied met een zomerpeil van NAP +4,9 m. Voor de rivierstand is gerekend met een verhoogde waterstand volgens informatie van Rijkswaterstaat. Dit is NAP +7,5 m.

Grondwaterstand

De GHG voor het plangebied is ingeschat op NAP +5,0 m.

4.2 Berekening en resultaten

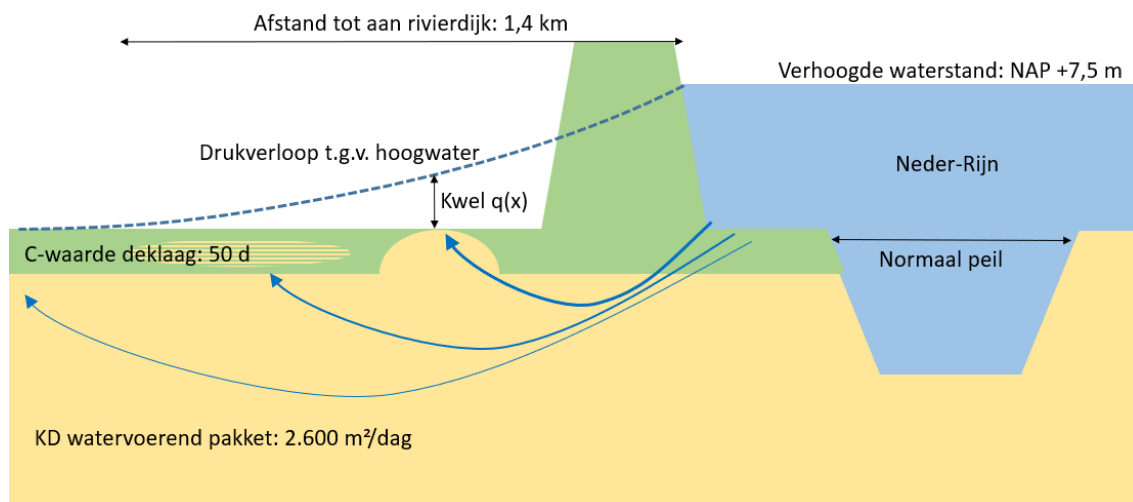
Een kwelsysteem (figuur 4.3) wordt wiskundig beschreven volgens Mazure, en op basis van die relatie wordt de beïnvloeding vanaf de Neder-Rijn bepaald.

De onderstaande relatie geeft de kwelflux, $q(x)$, weer door de deklaag naar het freatisch niveau.

$$q(x) = \frac{\Delta\phi_x}{c} e^{-\frac{x}{\sqrt{kDc}}}$$

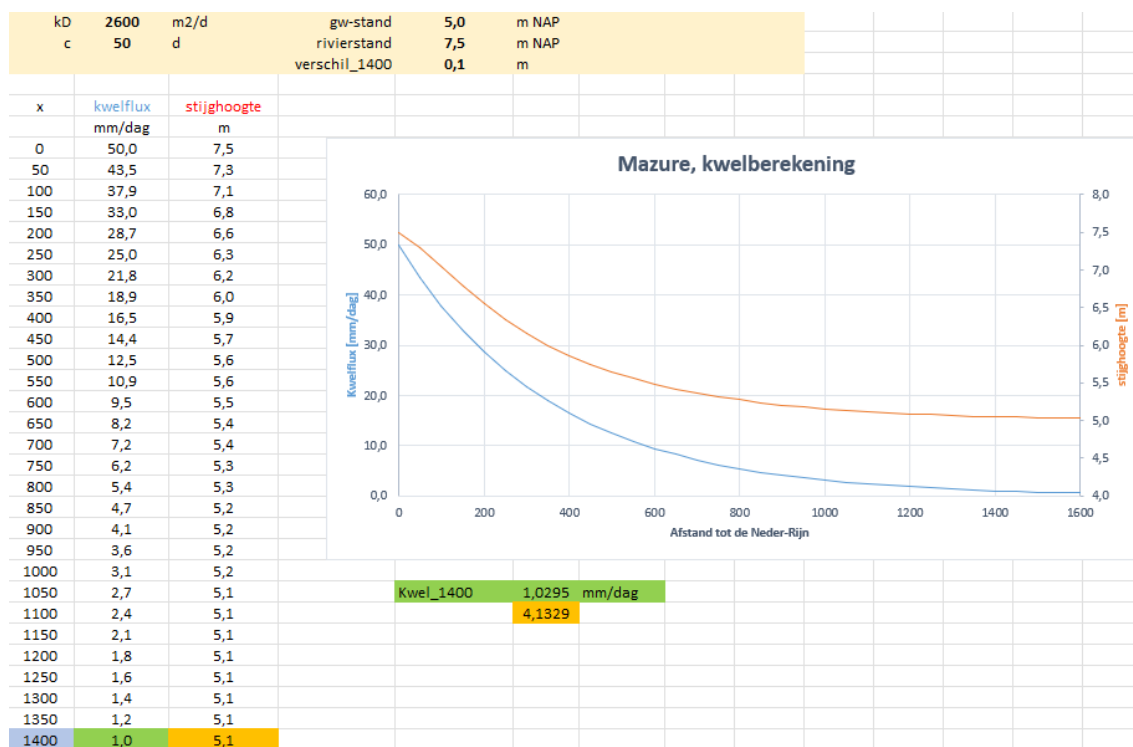
De bovenstaande symbolen hebben de volgende betekenis:

$q(x)$	kwelflux door deklaag [m ³ /dag/m ²]
x	afstand tot aan de waterlijn/dijk [m]
$\Delta\phi_x$	stijghoogteverloop over de deklaag t.g.v. hoogwater [m]
kD	doorlaatvermogen in watervoerend pakket [m ² /dag]
c	weerstand in deklaag [dag]



Figuur 4.3: Schematisatie hydrologische systeem plangebied. Afbeelding is niet op schaal. In de deklaag zijn ook de verwachte kwelstromen richting de zandige locaties gevisualiseerd.

In figuur 4.4 is de kwelflux en berekende stijghoogte op afstand x vanaf de rivier weergegeven. In de huidige situatie is de kwelflux bij een verhoogde rivierstand berekend op 1,0 mm/dag.



Figuur 4.4: Kwelflux en berekende stijghoogte op afstand x bij een kD-waarde van 2.600 m².

4.3 Conclusie kwelanalyse

Op basis van de kwelberekeningen volgens Mazure is de kwelflux bij een hoge rivierstand ongeveer 1,0 mm/dag. Met betrekking tot de kwelflux zijn de volgende zaken belangrijk:

- Grondwater zoekt de weg van de minste weerstand, daarom komt het meeste kwelwater dicht achter de rivierdijk omhoog, en bij de locaties waar de deklaag dun of zandig is (en dus een lage weerstand heeft). Tussen het plangebied en de Neder-Rijn liggen diverse van deze locaties.
- Aan de noordzijde van het plangebied ligt een A-watergang. Deze vangt ook al een groot deel van de kwel op (weg van de minste weerstand).
- Gezien bovenstaande wordt verwacht dat de daadwerkelijke kwelflux lager is dan 1,0 mm/dag. Inschatting is dat dit eerder 0,2-0,5 mm/dag zal zijn. Dit komt ook overeen met de gegevens van het Landelijk Hydrologisch Model (paragraaf 3.1). Omdat dit een aanname betreft is wel gerekend met een huidige kwelflux van 1 mm/dag.

Voor de watercompensatie is de toename van kwel relevant. Op basis van het wegnemen van de weerstand van 50 dagen en een stijghoogteverschil van 0,1 m boven de GHG (NAP +5,0 m), is de toekomstige kwelflux berekend op 5,1 mm/dag. De toename van kwel betreft 0,0041 m/dag (4,1 mm/dag: 5,1-1,0 mm/dag). Ook hiervoor geldt dat de daadwerkelijke toename waarschijnlijk kleiner is door onder andere de watergang tussen het plangebied en de Neder-Rijn.

Volgens de richtlijn van het waterschap wordt de totale kwelflux berekend door de toename van kwel x een periode van 10 dagen (voor een hoogwatergolf) x 2/3 i.v.m. de parabolische werking van een hoogwatergolf.

Binnen het plangebied wordt totaal 2.400 m² wadi en oppervlaktewater aangelegd. Voor de berekening is uitgegaan dat binnen dit hele gebied de deklaag grotendeels wordt verwijderd, en dus in het hele gebied kwel gecompenseerd moet worden. De totale kwel per dag is 9,8 m³/dag (2.400 m² * 0,0041 m/dag). De totaal te compenseren hoeveelheid kwel is 65,6 m³ (2.400 m² * 0,0041 m/dag * 10 dagen * 2/3), zie onderstaande tabel. Dit past binnen het huidige bergingssysteem.

	OPPERVLAKTE [M ²]	TOENAME KWEL [M ³ /DAG]	TOTAAL BENODIGDE KWELCOMPENSATIE [M ³ /DAG]
Wadi	66	0,27	1,8
Oppervlaktewater	2334	9,57	63,8

Als het gaat om kwelstroming is in dit gebied de rivier de meest bepalende factor. Daarom is gekeken naar de noord-zuid stroming. Dit is de 'normale' manier van een kwelberekening, zoals dit ook wordt voorgeschreven door Waterschap Rivierenland. In de oost-west-richting zijn de stijghoogteverschillen minimaal en is er dus ook geen sprake van een significante kwelstroming.

5 Conclusies en adviezen

5.1 Conclusies

- ▶ Het plangebied ligt op circa NAP +6,0 m. Het maaiveld kent variaties in maaiveldhoogtes met een afwijking tot circa 0,6 meter lager.
- ▶ De regionale bodemopbouw bestaat uit een deklaag van ongeveer 0,5 tot maximaal 1,5 meter klei. De kleilaag is zwak tot matig humeus en zwak tot matig zandig. Hieronder volgt een matig fijn zandpakket dat zwak siltig is. Bij drie boringen komen in deze zandlaag nog wel kleiige eenheden voor op wisselende dieptes die geen verband lijken te hebben.
- ▶ De GHG is ingeschat op NAP +5,0 m. De GLG wordt ingeschat op gemiddeld NAP +4,5 m.
- ▶ Het plangebied ligt in een intrekgebied van Vitens voor de productielocatie in Kerk-Avezaath.
- ▶ Op basis van kaarten van waterschap Rivierenland, ligt het plangebied in een gebied van 0 – 1 mm kwel per dag bij een T=10 rivierstand. Op basis van het Landelijk Hydrologisch Model is de kwel binnen het plangebied 0,4 mm/dag.
- ▶ Op basis van een kwelberekening volgens Mazure is de kwelflux bij een hoge rivierstand berekend op 1,0 mm/dag. Vanwege de lokaal beperkte weerstand in de deklaag komt het meeste kwelwater dicht achter de rivierdijk omhoog, en bij de locaties waar de deklaag dun of zandig is (en dus een lage weerstand heeft). Daarnaast ligt aan de noordzijde van het plangebied een A-watergang. Deze vangt ook al een groot deel van de kwel op (weg van de minste weerstand). Daarom wordt verwacht dat de daadwerkelijke kwelflux lager is dan 1,0 mm/dag. Inschatting is dat dit eerder 0,2-0,5 mm/dag zal zijn.
- ▶ Voor de watercompensatie is de toename van kwel relevant. Op basis van het weg nemen van de weerstand van 50 dagen en een stijghoogteverschil van 0,1 m boven de GHG (NAP +5,0 m), is de toename van kwel berekend op 4,1 mm/dag.
- ▶ Binnen het plangebied wordt totaal 2.400 m² wadi en oppervlaktewater aangelegd. Voor de berekening is uitgegaan dat binnen dit hele gebied de deklaag grotendeels wordt verwijderd, en dus in het hele gebied kwel gecompenseerd moet worden. De totale kwel per dag is 9,8 m³/dag. De totaal te compenseren hoeveelheid kwel is 65,6 m³. Dit past binnen het huidige bergingssysteem.
- ▶ Het plangebied wordt opgehoogd. Voor de omgeving worden geen negatieve effecten verwacht omdat binnen het gebied drainerende middelen worden toegevoegd (waterbergingsvoorzieningen). Daarnaast ligt er naast het plangebied een watergang. Deze watergang is voorzien van een vast zomer- en winterpeil. Deze watergang functioneert als een hydrologische barrière. Eventuele effecten binnen het plangebied worden daarvoor opgeheven.

Bijlage A

Indicatieve opbarstberekening

Evenwichtsberekening ontgraving (maximaal haalbaar)

BOOT organiserend ingenieursburo

Project: P25-0457

Datum: 2 juli 2025



Projectgegevens:

	NAP	m-mv	
stijghoogte	4,70	0,70	
maaiveldniveau	5,40	0,00	
diepte ontgraving	4,56	0,84	
onderkant kleilaag/veenlaag	4,30	1,10	meting stijghoogte

Parameter invoer:

Y1	16,86 kN/m ³	soortelijk gewicht talud
Y2	16,86 kN/m ³	soortelijk gewicht ontgraving tot onderzijde deklaag
Yw	9,81 kN/m ³	soortelijk gewicht water
d1	0,84 m	putdiepte (m)
d2	0,26 m	dikte klei/veen onder bouwput
h	0,40 m	waterkolom bovenzijde onderkant kleilaag
a	2,00 m	breedte talud
b	2,0 m	halve bodembreedte

Gronddruk

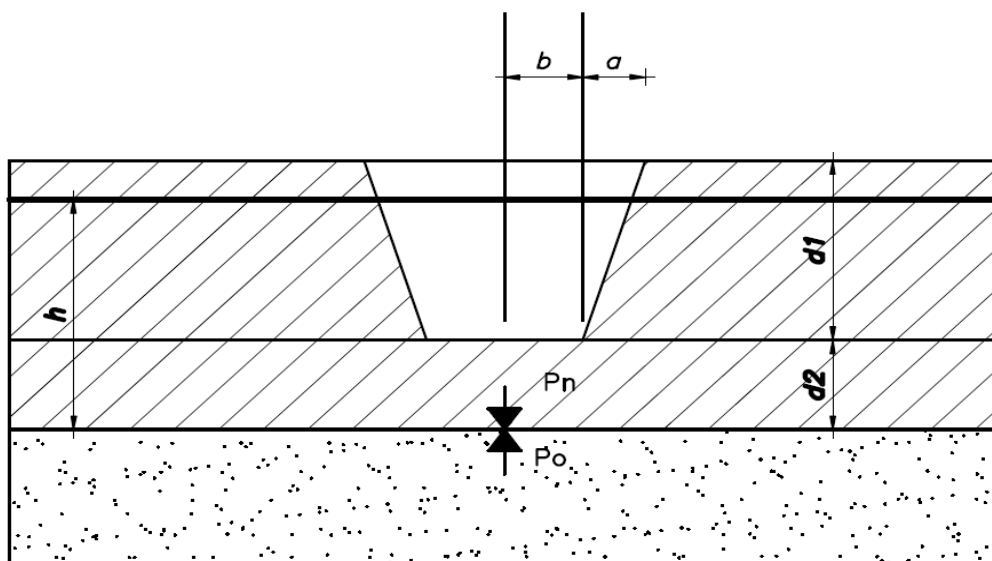
f	0,00 -	factor i.v.m. met smalle talud ontgraving
P1*f	0,00 kN/m ²	gronddruk boven bouwputbodem * factor
P2	4,38 kN/m ²	gronddruk onder bouwputbodem
Pn	4,39 kN/m ²	gronddruk neerwaarts totaal

Waterdruk

P0	3,92 kN/m ²	waterdruk opwaarts
----	------------------------	--------------------

Veiligheidsfactor

verhouding Pn/Po	1,12	Moet > 1,1 zijn voor voldoende veilig werken; bij < 1,1 spanningsbemaling in watervoerend pakket noodzakelijk
------------------	------	---



Bijlage B

Bijlage 1 Richtlijn kwel en wegzijging Waterschap Rivierenland (d.d. 23-10-2012)

Mazure

Doorgaans kan bij een ingreep in het grondwatersysteem worden gestart met een kwalitatieve beschrijving eventueel aangevuld met een eenvoudige berekening van de effecten op de kwel. Aan de hand van de uitkomst kan in overleg met de accountmanager/hydroloog worden bepaald of extra berekeningen nodig zijn. Van belang zijn:

- Berekeningen uitvoeren met de **formule van Mazure** bij kleine ingrepen en kleine te verwachte hoeveelheden kwel met geen noemenswaardige ruimtelijke effecten naar de omgeving. De analytische kwelberekening wordt uitgevoerd met een $T=10$ hoogwaterstand op de rivier en het waterpeil op (winter)streefpeil.

$$* \quad q_{\text{wel}}(x) = \frac{H(x) - H_{\text{polder}}}{c} = \frac{H_0 - H_{\text{polder}}}{c} \cdot e^{-\frac{x}{\sqrt{kDc}}}$$

$$** \quad q_{\text{ totaal}} = \frac{H_0 - H_{\text{polder}}}{c} \cdot \int_0^\infty e^{-\frac{x}{\sqrt{kDc}}} dx = (H_0 - H_{\text{polder}}) \cdot \sqrt{\frac{kD}{c}}$$

- De berekening moet uitgevoerd worden voor huidige en toekomstige situatie waarin met name de weerstand en dikte van de deklaag en het watervoerende pakket variëren.
- De wateropgave bestaat uit de toename aan kwel in mm/d vermenigvuldigd met 10 dagen en het oppervlak van de vergraving. Deze m^3 wordt vermenigvuldigd met een factor 2/3 als correctiefactor in verband met de parabolische vorm van een hoogwatergolf (i.p.v. een rechthoekige vorm die je krijg als je mm/d * aantal dagen doet).

Benodigde data

- geohydrologische opbouw ondergrond (deklaag en 1^e watervoerende pakket)
 - dikte deklaag (inclusief bodemeigenschappen; c-waarde)
 - dikte watervoerend pakket (inclusief bodemeigenschappen; kD-waarde)
- ligging zandbanen
- huidige watersysteem met grond- en oppervlaktewaterpeilen
 - ligging watersysteem
 - Waterpeilen peilbesluit
 - Grondwaterstand
- Praktijkinformatie over grondwaterstand en kwelgevoeligheid

Als de berekening laat zien dat de kwel toeneemt, is mitigatie en/of compensatie nodig. Daarbij is het nog wel van belang of de kweltoename uitmondt in een stijging van de grondwaterstand, stijging plaspeil en/of toename van de afvoer naar het watersysteem.

In principe moet elke kweltoename worden gemitigeerd en/of gecompenseerd. Indien de kweltoename beperkt is (< 2%), een beperkt gebied beslaat, er geen wateropgave is en er geen kwetsbare functies aanwezig zijn, kan mitigatie achterwege blijven. In de meeste gevallen is dan nog steeds compensatie nodig. Alleen bij kleine toenames (in m^3 /dag) en/of beperkte mogelijkheden om compensatie uit te voeren, kan compensatie achterwege blijven (bekende trits!).