

RAPPORT WATERHUISHOUDING
ZANDESESTRAAT TE BEMMEL

B
B
B
B





RAPPORT WATERHUISHOUDING ZANDESESTRAAT TE BEMMEL

OPDRACHTGEVER	Jansen Bouwontwikkeling B.V. Postbus 278 6600 AG Wijchen
DATUM	20 mei 2025
DOCUMENTNUMMER	P23-0754-010
OPGESTELD DOOR	R. Lindemulder
GEAUTORISEERD	J. Averink
PROJECTLEIDER	P. Rozendaal
GEZIEN	C. Kalisvaart

BOOT organiserend ingenieursburo bv
Plesmanstraat 5
3905 KZ Veenendaal

WEBSITE www.buroboot.nl
E-MAIL info@buroboot.nl

Titelpagina

TYPE RAPPORT	Waterhuishoudingkundig- en rioleringsplan
LOCATIE	Zandsestraat Bemmel
CONTACTPERSOON	P. Rozendaal
DATUM	25 maart 2025
OPDRACHTGEVER	Jansen Bouwontwikkeling B.V. Postbus 278 6600 AG Wijchen Telefoon: 024-6421746 Fax: 024-6451389
CONTACTPERSOON	L Peters
UITGEVOERD DOOR	BOOT organiserend ingenieursburo bv Plesmanstraat 5 3905 KZ Veenendaal
CONTACTPERSOON	P. Rozendaal

Inhoudsopgave

1	INLEIDING.....	4
1.1	ALGEMEEN	4
1.2	DOEL	4
1.3	DOCUMENTEN	4
1.4	OPBOUW RAPPORTAGE.....	5
2	BESTAANDE SITUATIE	6
2.1	BESTAANDE INRICHTING	6
2.2	VERANDERING OPPERVLAKEWATER BINNEN PLANGEBIED	7
2.3	GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK	7
2.4	RIOLERING	8
3	UITGANGSPUNTEN.....	9
3.1	ONTWERPRICHTLIJNEN	9
3.2	DUURZAAMHEIDTHEMA'S	9
3.3	OVERLEG	9
3.4	RANDVOORWAARDEN T.A.V. ONTWERP WATERSYSTEEM.....	9
4	ONTWERP WATERSYSTEEM	11
4.1	TOELICHTING ONTWERP	11
4.2	AFVLOEIENDE OPPERVLAGKEN	12
4.3	WATEROPGAVE	13
4.4	DIMENSIONERING WATERSYSTEEM	14
4.5	BEHEER WADI'S	14
4.6	BEHEER WATERGANGEN	14
4.7	DRAINAGE	15
4.8	KWEL.....	15
5	DIMENSIONERING HWA-STELSEL.....	16
5.1	TOELICHTING ONTWERP	16
5.2	REKENMETHODE.....	16
5.3	UITGANGSPUNTEN T.B.V. HYDRAULISCHE BEREKENING	16
5.4	DIMENSIONERING	17
6	DIMENSIONERING VWA-STELSEL	20
6.1	ONTWERPSYSTEEM	20
6.2	UITGANGSPUNTEN	20
6.3	DIMENSIONERING	21

BIJLAGEN

- A : P23-0754-008 Actualisatie geohydrologische quickscan en kwelanalyse (P21-0813); d.d. 27 juni 2024;
 B : Tekening K23-0754-001 DO

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van Jansen Bouwontwikkeling B.V. is een waterhuishoudkundig- en rioleringsplan opgesteld ten behoeve van het project Zandsestraat te Bemmelen (gemeente Lingewaard). Het plangebied ligt ten zuiden van de kern Bemmelen. In figuur 1-1 is het plangebied (rood kader) weergegeven. Het plangebied heeft een oppervlak van circa 9,8 ha. Het plangebied ligt in het buitengebied met rondom akkerland en enkele boerderijen.



Figuur 1-1: Ligging plangebied (rood kader)

1.2 Doel

Doel van het waterhuishoudkundig en rioleringsplan is bepalen op welke wijze de waterhuishouding in het plangebied vorm kan worden gegeven om daarmee aan te sluiten bij de ambitie voor duurzaam waterbeheer.

1.3 Documenten

Onderstaand een overzicht van de documenten die betrekking hebben op dit rapport.

- P23-0754-009 Weging van het waterbelang Zandsestraat Bemmelen, d.d. 25 maart 2025;
- P23-0754-008 Actualisatie geohydrologische quickscan en kwelanalyse (P21-0813); d.d. 27 juni 2024;
- Tekening K23-0754-001 DO;

1.4 Opbouw rapportage

Allereerst wordt de huidige waterhuishoudkundige situatie van het terrein in beeld gebracht. Vervolgens worden de uitgangspunten beschreven welke enerzijds gelden vanuit het beleid en anderzijds zijn opgesteld naar aanleiding van overleg met betrokken partijen. Op basis van deze uitgangspunten en het ontwerp is daarna de benodigde retentie van hemelwater en de wijze van afvoer van hemel(- en vuil)water uitgewerkt.

2 Bestaande situatie

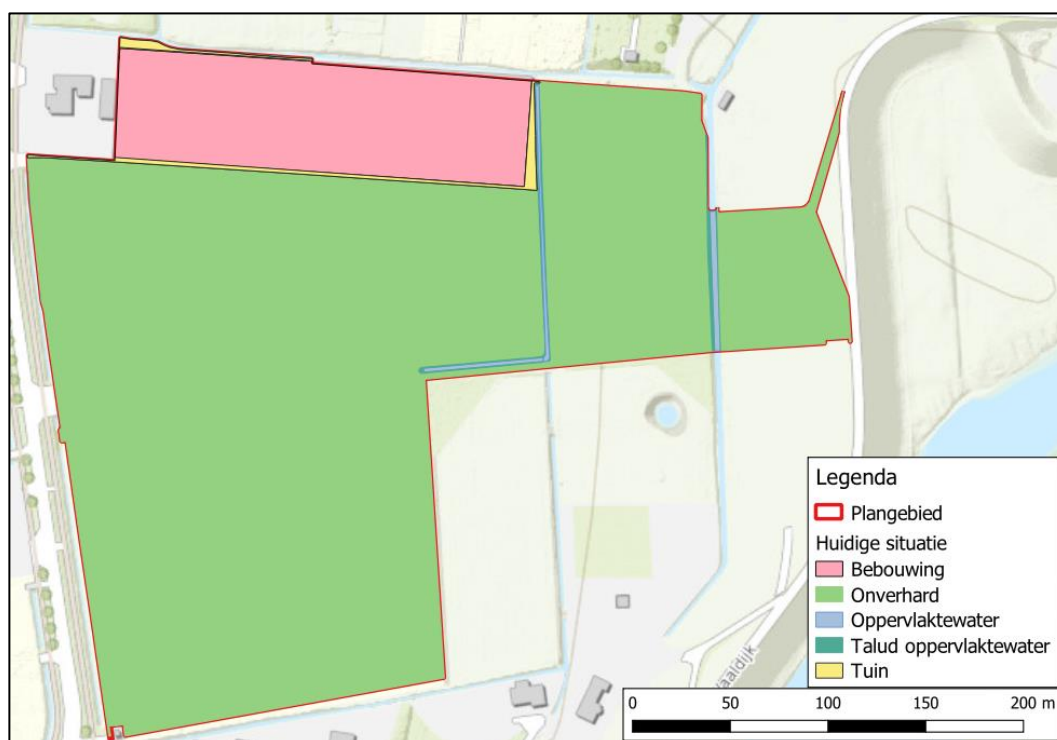
2.1 Bestaande inrichting

Het plangebied betreft het buitengebied ten zuiden van de kern Bommel. In de huidige situatie is in het noorden van het plangebied een kas aanwezig. De kas zal ten behoeve van de ontwikkeling verwijderd worden.

Een overzicht van de inrichting in de huidige situatie is weergegeven in figuur 2-1. Een overzicht van de bijbehorende oppervlakken is weergegeven in tabel 2-1.

Tabel 2-1: Overzicht oppervlakken huidige situatie

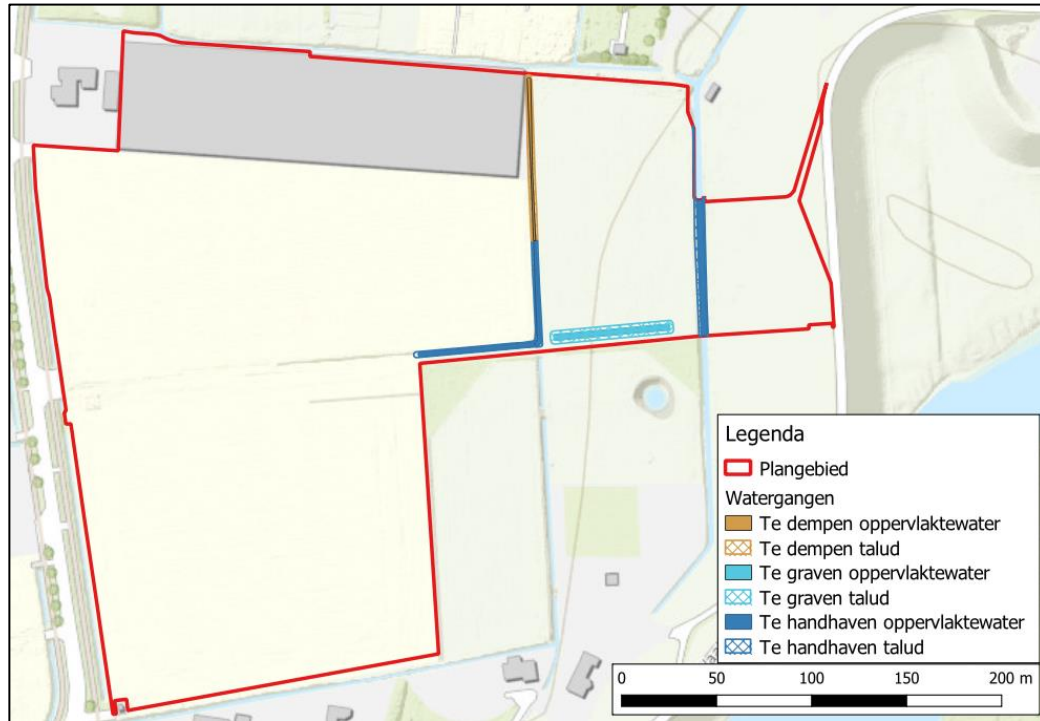
TYPE OPPERVLAKE	% AFSTROMEND	AFSTROMEND OPPERVLAK [M ²]	ONVERHARD OPPERVLAK [M ²]	OPPERVLAK [%]
Bebouwing	100	11.700	0	13
Onverhard	0	0	73.290	83
Oppervlaktewater	0	0	535	1
Talud oppervlakte- water	0	0	525	1
Tuin	70	1.120	480	2
<i>Subtotaal</i>		<i>12.820</i>	<i>74.830</i>	<i>100</i>
Totaal		86.050		



Figuur 2-1: Overzicht oppervlakken huidige situatie

2.2 Verandering oppervlaktewater binnen plangebied

Binnen het plangebied wordt een deel van het water gehandhaafd, gedempt en gegraven. In figuur 2-2 is een overzichtstekening weergegeven met daarop de te handhaven, dempen en graven watergangen.



Figuur 2-2: Verandering oppervlaktewater binnen plangebied

2.3 Geohydrologisch onderzoek

Voorafgaand aan de voorliggende rapportage is de (geo-)hydrologische gesteldheid van het plangebied in beeld gebracht. De (geo-)hydrologisch gesteldheid is beschreven in geohydrologische onderzoek (P23-0754-008, d.d 24-06-2024) uitgevoerd door BOOT. Het geohydrologische onderzoek is opgenomen in bijlage A. In het onderzoek zijn de volgende conclusies getrokken:

- ▶ De maaiveldhoogte binnen het plangebied varieert globaal van circa NAP +10,0 m in het zuiden tot circa NAP +9,7 m in het noorden.
- ▶ De bodemopbouw bestaat uit circa 2 m klei en zand tot 9 m-mv (einde boorprofiel).
- ▶ Geadviseerd wordt bij de verdere planuitwerking rekening te houden met een RHG van NAP +8,9 m in het oosten tot NAP +8,7 m in het westen.
- ▶ De representatief hoogste stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is ingeschat op NAP +8,6 m.
- ▶ In de omgeving van het plangebied liggen diverse B- en C-watergangen. Daarnaast ligt het plangebied op circa 300 m ten noordwesten van De Strang. Op circa 1,5 km ten zuidoosten van het plangebied ligt de Waal.
- ▶ Het plangebied ligt in peilgebied met als streefpeil NAP +8,15 m.
- ▶ Bij ontgravingen tot 1,2 m-mv blijft het opbarstrisico beperkt (uitgaande van de maximaal waargenomen stijghoogte). Geadviseerd wordt voorafgaand aan ontgravingen de lokale dikte van de kleilaag te onderzoeken omdat deze kan variëren, waardoor het resultaat van de opbarstberekening ook kan afwijken.

- Geadviseerd wordt bij permanente ontgraving van de kleilaag de weerstand van de kleilaag te herstellen.
- De normale kwelflux bij een hoge rivierstand in de Waal is berekend op 0,5 mm/dag.
- De toename van kwelflux is afhankelijk van de diepte van ontgraving en is berekend voor diverse dieptes. Bij de uitwerking van bergingsvoorzieningen wordt geadviseerd rekening te houden met de kwelflux van 0,5 mm/dag en de eventuele toename van kwelflux
- Uit ervaring blijkt dat nabij de Pas 17 Bemmelerwaard (zuid oostelijke zijde van het plan) t.a.v. kwel een zeer gevoelig gebied is. Bij langdurige periode van hoog water barst hier de bodem open en is er sprake van forse kwelwateroverlast.

2.4 Riolering

Binnen het plangebied is een perseleiding (deels asbest cement) van het waterschap Rivierenland gelegen. De globale ligging van de perseleiding in het oranje in figuur 2-3 weergegeven. De perseleiding is buitengebruik gesteld. Daarom dient deze verwijderd te worden voor de uitvoering van de ontwikkeling.

Op basis van de rioolkaart van de gemeente Lingewaard blijkt dat in de Zandsestraat een drukrioleringsleiding aanwezig is. Ten noorden van het plangebied is in de Teselaar een gemengd rioolstelsel aanwezig. Het gemengde rioolstelsel in de Teselaar is ter hoogte van het plangebied gelegen op NAP +7,47 m (west) tot NAP +7,15 m (oost).



Figuur 2-3: ligging persleiding waterschap Rivierenland (oranje lijn) en globale ligging plangebied (paars vlak). Bron: Het wateradvies, digitale watertoets.

3 Uitgangspunten

3.1 Ontwerprichtlijnen

De uitgangspunten zoals deze in dit rapport genoemd zijn, zijn afkomstig uit:

- Rijksbeleid: 'Nieuw Nationaal Waterplan 2016-2021', 'Waterbeleid in de 21^e eeuw (WB21)', 'Nationaal Bestuursakkoord Water' en 'Nationale klimaatadaptatiestrategie 2016 (NAS)';
- Provinciaal beleid: 'Omgevingsvisie Gaaf Gelderland 2018'
- Waterschapsbeleid: 'Waterbeheerprogramma 2022-2027', 'Waterschapsverordening Rivierenland', 'Samen door één buis, waterschap Rivierenland, januari 2019';
- Gemeentelijk beleid: 'Gemeentelijk Watertakenplan Lingewaard 2023-2027, d.d. 22 november 2022, Anteagroup' en 'Handboek Inrichting Openbare Ruimte, d.d. 23 februari 2023, gemeente Lingewaard'.

3.2 Duurzaamheidsthema's

In dit plan zullen de mogelijkheden worden bekeken om op een duurzame wijze met het water om te gaan. De thema's van duurzaam waterbeheer worden samengevat in 2 tritsen. Het gaat om de trits 'schoonhouden - scheiden - zuiveren' en de trits 'vasthouden - bergen - afvoeren'.

De algemene thema's van duurzaam waterbeheer zijn als volgt:

- Stap 1: hemelwater niet op het rioolsysteem zetten
- Stap 2: benutten of infiltreren van hemelwater
- Stap 3: vertraagt afvoeren van hemelwater naar oppervlaktewater.

De ambitie voor het omgaan met het hemelwater binnen het plangebied zijn stap 2 en 3. Hemelwater binnen het plangebied wordt verzameld en getransporteerd naar de wadi's centraal in het plangebied. In de wadi's zal het water infiltreren en vertraagd via drainage naar het oppervlaktewater stromen.

3.3 Overleg

Met de onderstaande personen en instanties heeft overleg op 23 augustus 2024 plaats gevonden inzake de te hanteren randvoorwaarden t.a.v. de waterhuishouding:

- | | |
|---------------------------------|---|
| ▸ Gemeente Lingewaard: | dhr. W. Reijmer en dhr. J. Melchels |
| ▸ Jansen Bouwontwikkeling B.V.: | dhr. L. Peters |
| ▸ Boot: | dhr. P. Rozendaal en mevr. R. Lindemulder |

De randvoorwaarden staan in onderstaande paragraaf omschreven.

3.4 Randvoorwaarden t.a.v. ontwerp watersysteem

Voor de waterhuishouding van het plangebied dient te worden uitgegaan van de randvoorwaarden, genoemd in tabel 3-1.

Tabel 3-1: Uitgangspunten berekening hemelwater

UITGANGSPUNTEN		
Maatgevende bui (1)	Herhalingstijd: Droogleggingseisen:	1x per 10 jaar +10% * 1,00 m onder bebouwing * 0,70 m onder wegen * 0,50 m onder tuinen / groenstroken
Herhalingstijd bui (2)	Herhalingstijd: Droogleggingseis:	1x per 100 jaar +10% Inundatie (0,0 m -mv)
Lokaal peilbeheer	Streefpeil	NAP +8,15 m
Grondwaterstanden	GHG	ca. NAP +8,8 m
	GLG	ca. NAP +7,9 m
Stijghoogte	RSH	ca. NAP +8,6 m
Afvoernorm (landelijk gebied)		max. 3 l/s.ha
Bestaande maaiveldhoogte		ca. NAP +9,9 m

Waterschap Rivierenland

- Over de toename van verhard oppervlak dient watercompensatie gerealiseerd te worden;
- De bodem van de waterbergende infiltratievoorziening dient 0,5 m boven de GHG te liggen.
- Compensatie in een C-watgang wordt in het algemeen niet toegestaan. Dit tenzij de C-watgang na de compensatie kan worden opgewaardeerd naar een B-watgang en een rechtstreekse verbinding zal hebben met A- of B-watgangen;
- Voor het aanbrengen van wijzigingen in het watersysteem is op basis van de waterschapsverordening van waterschap Rivierenland een watervergunning benodigd.

Gemeente Lingewaard

- Dekking VWA-stelsel bij eindstrengen minimaal 0,9 m in plaats van 1,3 m.
- Minimale diameter VWA-stelsel Ø160 mm in plaats van Ø250 mm. Dit geldt enkel bij de eindstrengen.
- Indien nodig mag het verhang in het VWA-stelsel minder zijn dan in de LIOR opgenomen is. Dit zodat er onder vrijval kan worden aangesloten en er geen pompput nodig is.

4 Ontwerp watersysteem

4.1 Toelichting ontwerp

Voor het onderhavige plangebied is getracht de thema's van duurzaam waterbeheer aan te houden volgens genoemde tritsen in §3.2. Hieronder zijn de ondernomen stappen weergegeven. Een overzicht van het plangebied inclusief vuil- en hemelwaterstelsel is weergegeven in figuur 4.1, vergroot gedetailleerd in bijlage B.



Figuur 4-1: Overzicht oppervlakken toekomstige situatie

Binnen het plangebied wordt hemel- en vuilwater gescheiden afgevoerd. Ter compensatie van de toename van verhard oppervlak worden binnen het plangebied vijf wadi's gerealiseerd waarin waterberging gevonden wordt. De rijbaan en woningen grenzend aan de wadi's stromen oppervlakkig af richting de wadi's. In het oosten wordt een wadi/greppel aangebracht ten behoeve van de afwatering van de naast liggende verharding. De capaciteit van deze greppel is minimaal en daarom niet meegenomen in de berkening.

Ter hoogte van de overige rijbanen wordt in het midden van de rijbaan een goot met roosterputdeksels aangebracht. Het hemelwater stroomt via roosterputdeksel richting het aan te brengen HWA-stelsel. Via het HWA-stelsel stroomt het hemelwater richting de wadi's. De wadi's staan onderling met elkaar in verbinding door middel van het HWA-stelsel en HWA-strengen. De wadi's hebben elk een bodemhoogte van NAP +9,3 m, 0,5 m boven GHG conform waterschapeisen. Hierdoor zullen de wadi's zich gelijktijdig vullen. De verbinding tussen de wadi's wordt vormgegeven met instroomputten op circa 0,1 m boven de bodem van de wadi en een ondergrondse HWA-leiding (Ø400 mm).

Met de ontwikkelingen in het plangebied wordt voldoende berging in de wadi's gerealiseerd om te voldoen aan de eisen die gelden vanuit gemeente en waterschap. De dimensionering van de wadi's is uitgewerkt in paragraaf 4.3. De wadi's bieden tot het slokop (roosterdeksel) niveau een waterbergend vermogen dat overkomt met minimaal 66,4 mm/m² toekomstig verhard oppervlak. Indien het waterpeil in de wadi's is gestegen tot NAP +9,6 m (0,1 m beneden omliggend maaiveld) treedt de slokop richting de watergang ten westen van het plangebied in werking.

Voordat de slokop inwerking treedt zal het water in de wadi's infiltreren en via drainage vertraagd tot afstroming richting de watergang ten westen van het plangebied.

Naast de overstort mogelijkheid van hemelwater richting de watergang wordt, om wateroverlast te voorkomen gedurende extreme neerslagsituaties, het vloerpeil van de woningen verhoogd aangelegd. Hiervoor geldt dat een vloerpeil in principe 0,30 m boven het peil van de aanliggende rijbaan gelegen komt.

Het realiseren van diepere waterbergende voorzieningen leiden tot een toename van kweltoevoer, waardoor overlast kan optreden. Om de toename van de kweltoevoer te beperken dient bij de toepassing van voorzieningen de kleilaag intact gehouden te worden. Op basis van de eisen dient van de huidige kleilaag (ca. 2 meter dikte), een kleilaag van minimaal 1,0 meter dik over te blijven. De wadi's worden ontworpen met een diepte van 0,40 m, echter dient voor het functioneren hiervan bodemverbetering aangebracht te worden. De bodemverbetering is circa 0,6 m. In principe blijft er dus een kleilaag van 1,0 m (2,0 m - 0,4 m - 0,6 m) aanwezig binnen het gebied. Tijdens de aanleg dient steekproefsgewijs onderzocht te worden of overal een kleilaag van minimaal 1,0 m dik gewaarborgd blijft. Indien de kleilaag minder dan 1,0 m is dan dient een bentonietmat te worden toegepast. Aanbevolen is om vroegtijdig proefsleuven te graven ter plaatse van de wadi's om de dikte van de kleilaag te bepalen.

Onder de bodemverbetering wordt een drainkoffer aangebracht. Ter plaatse van de drainkoffer wordt de kleilaag hoogstwaarschijnlijk dunner dan 1,0 m, daarom wordt een bentonietmat toegepast onder de drainkoffer. Tevens wordt in de rioolsleuf (circa 2,0 m diep) een bentonietmat toegepast.

4.2 Afvloeiende oppervlakken

Met de ontwikkelingen binnen het plangebied wijzigt de inrichting van het plangebied. Het voornemen is om binnen het plangebied 146 woningen te realiseren. De parkeerplaatsen en het voetpad in het groen worden uitgevoerd met halfverharding, daarom is gerekend met 50% afstromend oppervlak. Van belang is dat de onder parkeervakken een speciale bodemopbouw met substraat wordt toegepast. Voor de verhardingspercentage van de kavels is een aanname gedaan volgens de richtlijnen van het waterschap.

Tabel 4-1: Overzicht oppervlakken toekomstige situatie

TYPE OPPERVLAKE	% AFSTROMEND	AFSTROMEND OPPERVLAK [M ²]	ONVERHARD OPPERVLAK [M ²]	OPPERVLAK [%]
Kavel incl. bebouwing appartementen complex	100%	1.380	0	2%
Kavel incl. bebouwing rijtjeswoning	90%	9.960	1.105	13%
Kavel incl. bebouwing Twee-onder-Een kapwoning	80%	2.390	600	3%
Kavel incl. bebouwing vrijstaande woning	70%	11.125	4.770	18%
Fietspad	100%	900	0	1%
Halfverharding	50%	1.745	1.740	4%
Onverhard	0%	0	30.405	36%
Rijbaan	100%	4.670	0	5%
Oppervlaktewater	0%	0	580	1%
Talud oppervlaktewater	0%	0	560	1%
Bodem wadi	0%	0	6.985	8%
Talud wadi	0%	0	3.150	4%
Verharding	100%	1.860	0	2%
Voetpad	100%	2.125	0	2%
<i>Subtotaal</i>		<i>36.155</i>	<i>49.895</i>	<i>100%</i>
Totaal		86.050		

Op basis van de huidige en toekomstige oppervlakken, neemt met de ontwikkelingen binnen het plangebied het verhard oppervlak met 23.335 m² toe tot een toekomstig verhard oppervlak van 36.155 m².

4.3 Wateropgave

Toenemend verhard oppervlak

Vanuit het waterschap Rivierenland geldt dat over de toename van verhard oppervlak (23.335 m²) berging gerealiseerd dient te worden. In de weging van het waterbelang zijn de toetsingen T=10 Waalstand + T=2+10% winterbui en toenemend verhard oppervlak met oppervlaktewater en alternatieve waterberging uitgevoerd. Op basis van de weging van het blijkt dat de toetsing van de alternatieve waterberging de maatgevende eis is. Daarom is de benodigde waterberging:

- Alternatieve waterberging: $23.335 \text{ m}^2 * 664 \text{ m}^3/\text{ha} = 1.549 \text{ m}^3$

Te dempen oppervlaktewater

Binnen het plangebied zijn C-watgangen aanwezig. Het merendeel van de C-watgangen blijven gehandhaafd. Een C-watgang (van noord naar zuid) wordt gedempt. De te dempen watgang betreft een oppervlak van circa 100 m².

4.4 Dimensionering watersysteem

Compensatie toenemend verhard oppervlak

Binnen het plangebied wordt waterberging gerealiseerd in de vorm van 5 wadi's. In tabel 4-2 is een overzicht weergegeven van de bergings- en infiltratiecapaciteit die in de wadi's gerealiseerd kan worden. De globale ligging van de wadi's zijn weergegeven in figuur 4-1.

Tabel 4-2: Kenmerken wadi's

OMSCHRIJVING	1	2	3	4	5	TOTAAL	EENHEID
Oppervlak boveninsteek	1.108	2.950	632	4.933	514	10.137	m ²
Oppervlak bodem	846	2.095	416	3.329	301	6.987	m ²
Diepte	0,4						
Peilopzet	0,3						
Infiltrerend oppervlak ¹	1.020	2.665	560	4.398	443	9.087	m ²
Berging tot maaiveld	391	1.009	210	1.652	163	3.425	m ³
Berging bij peilopzet	283	725	149	1.179	114	2.450	m³
Infiltratie capaciteit	21	56	12	92	9	189	m ³ /uur
Leeglooptijd bij vulling tot maaiveld	18	18	18	18	18	18	uur

1) Uitgaand van bodem + 2/3 van het talud

2) Uitgaand van een k-waarde van 0,5 m/dag

De wadi's zijn 0,4 meter diep, met een slokop op 0,3 meter en een talud van minimaal 1:3. Gezamenlijk hebben de vijf wadi's een bergend vermogen van 2.450 m³ tot de slokops (0,1 m-mv) in werking treden. Hiermee wordt ruimschoots voldaan aan de waterbergingseis van 1.549 m³.

Compensatie te dempen oppervlaktewater

Ter compensatie van het te dempen oppervlaktewater er watergang gegraven in het verlengde van een bestaande watergang. Ter hoogte van de waterspiegel heeft het te graven oppervlaktewater een vergelijkbare omvang met het te dempen oppervlaktewater. De te graven watergang heeft een bodembreedte van minimaal 0,5 m en taluds van 1:1,5. De bodemhoogte van de C-watergang is circa NAP +8,8 m. Deze bodemhoogte is vergelijkbaar met de bestaande watergangen.

4.5 Beheer wadi's

De wadi's worden ter hoogte van openbaar terrein gerealiseerd. Dit betekent dat de gemeente de wadi's dient te beheren en onderhouden. De taluds van de wadi's zijn voldoende flauw (minimaal 1:3) voor toegang met onderhoudsmaterieel. De wadi's dienen opgenomen te worden in het beheer en onderhoudsprogramma van de gemeente.

4.6 Beheer watergangen

De watergangen binnen het plangebied betreffen tertiaire watergangen en blijven gelegen in de openbare ruimte. Daarom valt het beheer en onderhoud onder het takenpakket van de gemeente. Rond de tertiaire watergang zijn groenzones van minimaal 1 m breed aanwezig. Deze kunnen worden toegepast als onderhoud stroken.

4.7 Drainage

Ten behoeve van de ontwatering van de wadi's komt onder de wadi's drainage gelegen. De drainage komt gelegen op NAP +8,5 m, tussen de GHG (NAP +8,8 m) en de GLG (NAP +7,90 m) en 0,8 m beneden de bodem van de wadi's (NAP +9,30 m). Om versnelde afvoer van het grondwater te voorkomen dient het instelniveau van de drainage gelijk te zijn aan de GHG (NAP +8,8 m). Hiermee worden enkel grondwaterpieken afgetopt.

4.8 Kwel

Uit het geohydrologische onderzoek blijkt dat bij het ontgraven van de bovengrond (klei) er sprake is van een kweltoename. Bij een ontgraving van 1,0 m (diepte wadi inclusief grondverbetering) is de kweltoename 0,5 mm/dag. Met een totaal oppervlak van 10.589 m² van de wadi's is de toename van kwel circa 5,3 m³/dag. De kwel toename wordt ruimschoots gecompenseerd in het overschot van de wadi's.

Het realiseren van diepere waterbergende voorzieningen kan leiden tot een toename van kweltoevoer, waardoor overlast kan optreden. Om de toename van de kweltoevoer te beperken dient bij de toepassing van voorzieningen de kleilaag intact gehouden te worden. Op basis van de eisen dient van de huidige kleilaag (ca. 2 meter dikte), de kleilaag minimaal 1 meter dik te blijven. De wadi's worden ontworpen met een diepte van 0,40 m, echter dient voor het functioneren hiervan bodemverbetering aangebracht te worden. De bodemverbetering is circa 0,6 m. In principe blijft er dus een kleilaag van 1,0 m (2 m – 0,4 m – 0,6 m) aanwezig binnen het gebied. Onder de bodemverbetering dient een drainkoffer te worden aangebracht. Ter plaatse van de drainkoffer wordt de kleilaag dunner dan 1,0 m daarom dient een bentonietmat te worden toegepast onder de drainkoffer.

Ter plaatse van de rioolsleuf is de ontgraving tot onder de kleilaag. Om een toename van kwel te voorkomen wordt in de rioolsleuf tot 1,0 m-mv een bentonietmat toegepast. Door het aanbrengen van de bentonietmat wordt een waterondoorlatende laag ter vervanging van de klei aangelegd. Tijdens de uitvoering dient aandacht te zijn dat de maten goed aan elkaar hechten om te voorkomen dat kwelwater tussen de bentonietmatten doorstroomt.

5 Dimensionering HWA-stelsel

5.1 Toelichting ontwerp

Water dat valt op de verharding, niet grenzend aan een wadi, wordt middels een goot in het midden van de rijbaan verzameld. In de goot komt middels putten met roosterdeksels het hemelwater tot afstroming richting het HWA-stelsel. Met behulp van het HWA-stelsel zullen de wadi's worden gevuld.

5.2 Rekenmethode

Om de afvoercapaciteit van een rioolstelsel te controleren wordt gebruik gemaakt van een maatgevende neerslaggebeurtenis met een bepaalde kans van optreden.

Onvoldoende hydraulische afvoercapaciteit resulteert in 'water op straat'. Om de hydraulische knelpunten zoals locaties gevoelig voor 'water op straat' in beeld te brengen, is het rioolstelsel berekend met het dynamisch rekenprogramma Infoworks ICM. De hydraulische afvoercapaciteit van het rioolstelsel is gecontroleerd met neerslaggebeurtenis 8 en 9, conform de Kennisbank Stedelijk Water. Deze buien hebben een overschrijdingsfrequentie van respectievelijk één keer per twee jaar en één keer per vijf jaar.

5.3 Uitgangspunten t.b.v. hydraulische berekening

De parameters in tabel 5-1 worden gehanteerd t.a.v. het ontwerp en dimensionering van het HWA-afvoersysteem.

Tabel 5-1 Uitgangspunten HWA-stelsel

ONDERDEEL		PARAMETERS
Hydraulische rekenwijze		Dynamisch
Hemelwaterbelasting (1)	Bui:	L08
	Piekintensiteit:	110 l/s.ha
	Norm:	0,2 m waking
Hemelwaterbelasting (2)	Bui:	L09
	Piekintensiteit:	160 l/s.ha
	Norm:	Geen water-op-sstraat
Aangesloten verhard oppervlak op HWA-stelsel:		36.500 m ²
Energieniveau in ontvangend watersysteem:		NAP +8,15 m+ 0,30 m peilopzet
Toe te passen materiaal	Buizen:	PVC: tot max Ø500
		Beton: van Ø400
	Putten:	Beton
Putafstand maximaal		75 m
Minimaal leidingverhang		1,0 ‰
Minimale inwendige buisdiameter		250 mm
Minimale waakhoogte in inspectieput:		0,20 m
Minimale h.o.h. afstand tot ander riool of nutsvoorzieningen		1 à 1,5 m
Minimale afstand tot uitgeefbare grond		2,0 m
Minimale dekking op buizen		1,30 m

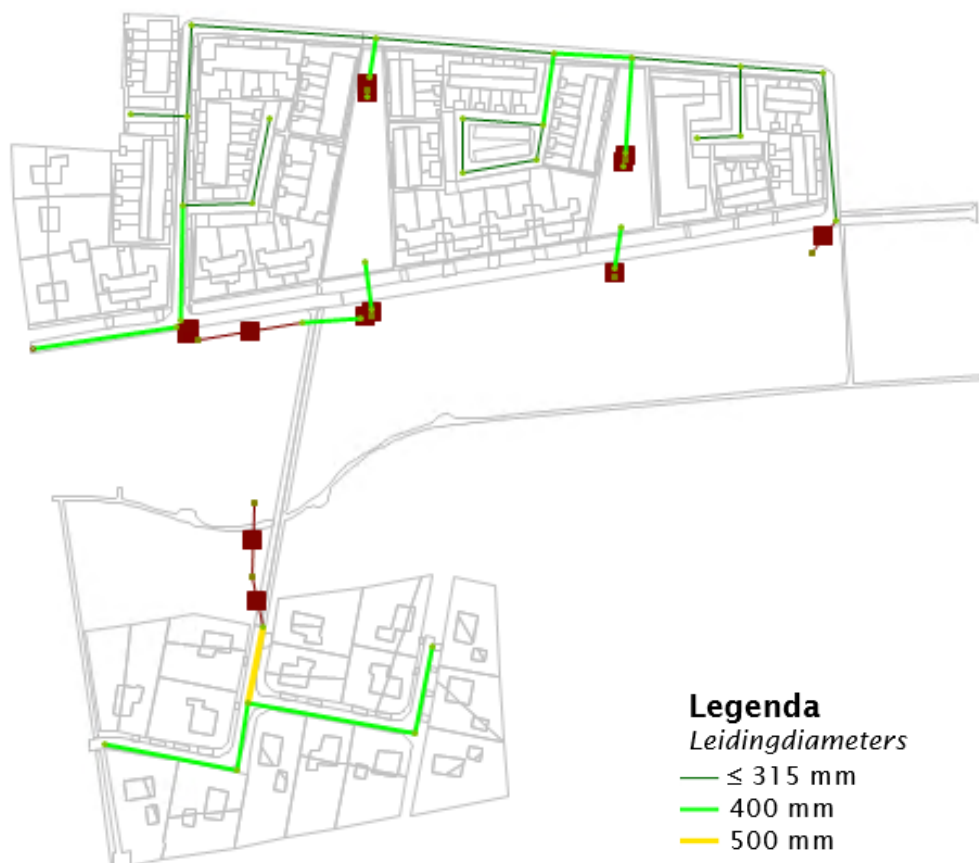
ONDERDEEL	PARAMETERS
Minimale ruimte tussen kruisingen riolen	300 mm
Voor de bepaling van de diameter is uitgegaan van:	Energieverhang = drukverhang

Overige uitgangspunten:

- Riooltracé bij voorkeur maasstructuur;
- Riolering bij voorkeur onder wegverhardingen;
- Bij de woning vanaf perceelsgrens bovengronds afvoeren d.m.v. spuwers (type in overleg met de gemeente).

5.4 Dimensionering

In figuur 5-1 is het ontwerp van het toekomstig HWA-stelsel afgebeeld. De gekozen diameters zijn middels verscheidene kleuren weergegeven en in de legenda verklaart.

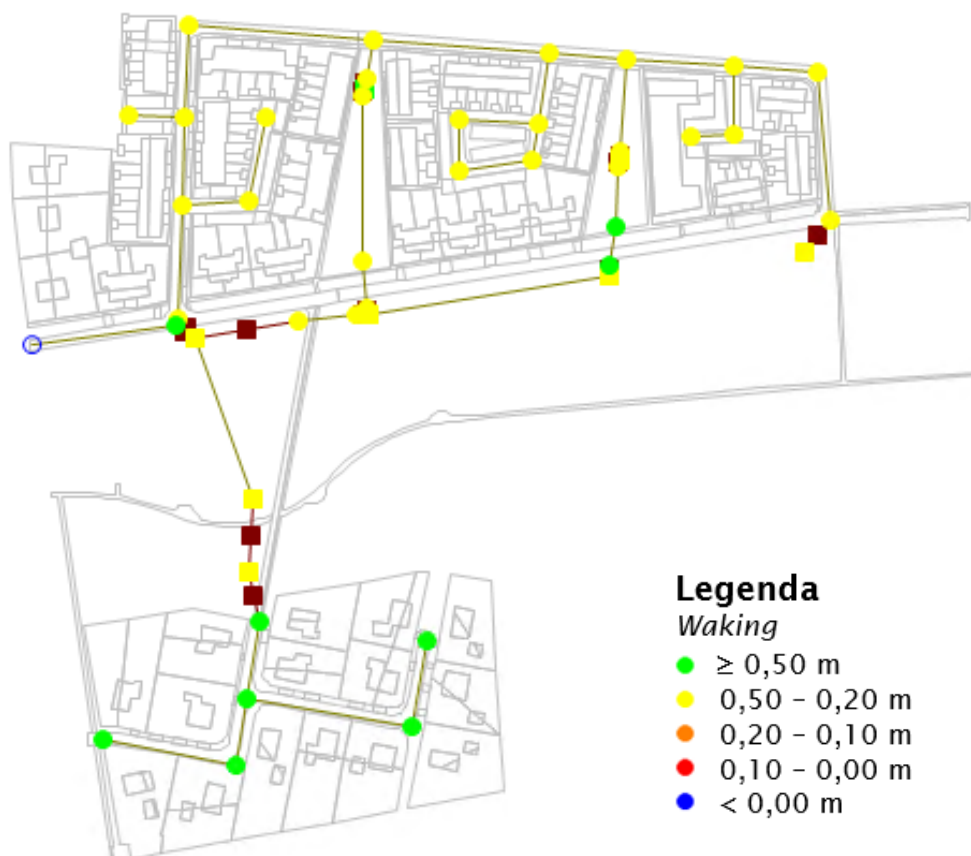


Figuur 5-1: Ontwerp HWA-stelsel en diameters in mm

Controle bui L08

In figuur 5-2 is het hydraulisch resultaat van het hemelwaterstelsel met regenbui L08 (T=2) van de kennisbank Stedelijk Water weergegeven.

De kleuren geven de stijghoogte van de druklijn weer. Dit geeft een indicatie van de mate waarin water-op straat optreedt, zie legenda. Het hemelwaterstelsel heeft theoretisch ruim voldoende capaciteit om een dergelijke regenbui als L08 (T=2) goed te kunnen verwerken. De waking is bij de inspectieputten meer dan 0,20 m.

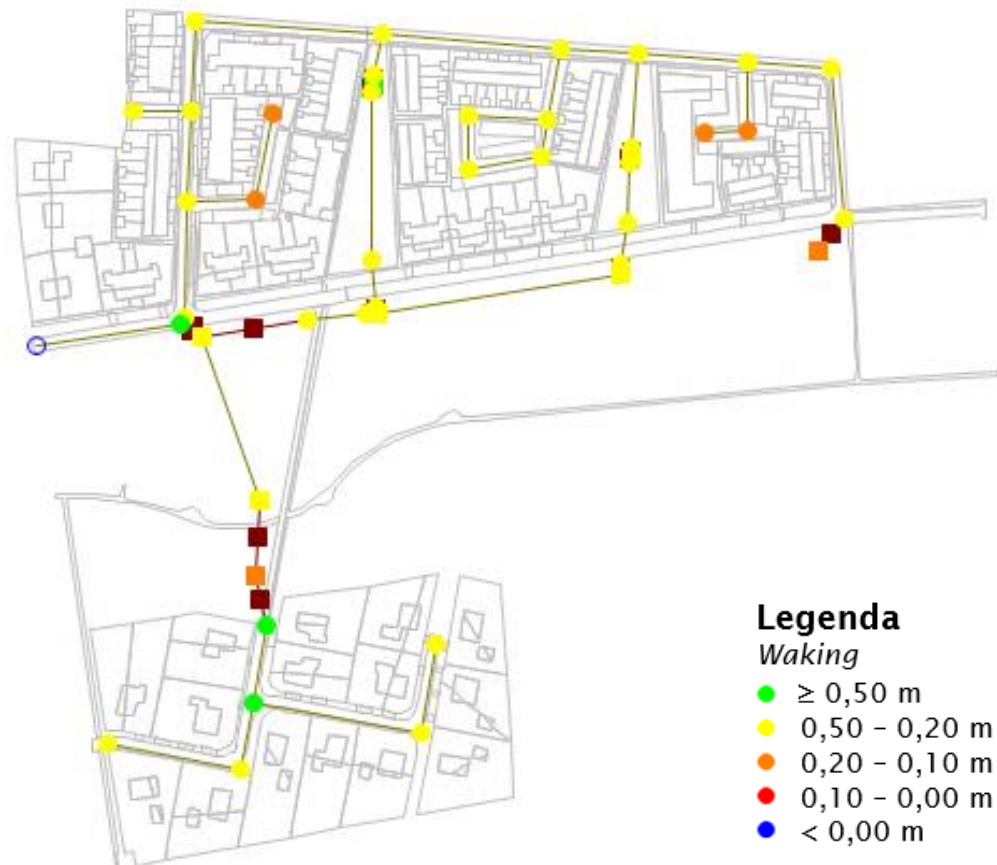


Figuur 5-2: Waking bij bui L08

Controle bui L09

In figuur 5-3 is het hydraulisch resultaat van het hemelwaterstelsel met regenbui L09 (T=5) uit de Kennisbank Stedelijk Water weergegeven.

De kleuren geven de stijghoogte van de druklijn weer. Dit geeft een indicatie van de mate waarin het water op straat treedt, zie legenda. Het hemelwaterstelsel heeft theoretisch voldoende capaciteit om een dergelijke regenbui als L09 (T=5) goed te kunnen verwerken.



Figuur 5-3: Waking bij Bui L09

6 Dimensionering VWA-stelsel

6.1 Ontwerpsysteem

Binnen het plangebied worden alle woningen ondergronds aangesloten op het VWA-stelsel. In samenspraak met de gemeente is de ligging van het VWA-stelsel vastgesteld. In eerdere fases zijn verschillende routes overwogen. Op moment van schrijven staat de vraag over het aansluiten onder vrijverval of via een mechanische aansluiting nog open. Wel is de riolering binnen het plangebied uitgewerkt in bijlage B.

Het VWA-stelsel watert onder vrij verval af richting het rioolstelsel in de Teselaar. Het rioolstelsel heeft op basis van de het rioolbestand ter hoogte van de aansluiting een b.o.b. van NAP +7,47 m.

6.2 Uitgangspunten

De parameters in tabel 6-1 worden gehanteerd t.a.v. het ontwerp en dimensionering van het VWA-afvoersysteem. In samenspraak met de gemeente is besloten om te afwijken van de HIOR van de gemeente met betrekking tot de dekking en diameter van de eindstengen en het verhang. Door de afwijkingen ten opzichte van de HIOR is het mogelijk om het VWA-stelsel te aansluiten onder vrij verval op het bestaande stelsel.

Tabel 6-1 Uitgangspunten VWA-stelsel

ONDERDEEL		PARAMETERS
Hydraulische rekenwijze		Statisch
Totaal aantal woningen		146 st
Bezettingsgraad per woning		2,5 i.e.
VWA-debiet		12 l/uur.pers over 10 uur
Toe te passen materiaal	Buizen:	PVC: tot max Ø500 Beton: vanaf Ø400
	Putten:	Beton
Putafstand maximaal		75 m
Minimaal leidingverhang	1 ^e 150 m:	4,0 ‰
	2 ^e 150 m:	3,0 ‰
	overig:	2,0 ‰
Minimale inwendige buisdiameter		250 mm
Minimale h.o.h. afstand tot ander riool of nutsvoorzieningen		1 à 1,5 m
Minimale afstand tot uitgeefbare grond		2,0 m
Minimale dekking op buizen		1,20 m
Minimale ruimte tussen kruisingen riolen		300 mm
Maximale vulling buizen:		50%
Voor de bepaling van de diameter is uitgegaan van:		Energieverhang = bodemverhang

Overige uitgangspunten:

- Rioltracé bij voorkeur boomstructuur;
- Riolering bij voorkeur onder wegverhardingen;

6.3 Dimensionering

Uitgaande van 146 woningen in het plangebied, bedraagt de hoeveelheid extra vuilwater die aangeboden wordt op het rioolgemaal: $146 \text{ woningen} \times 2,5 \text{ inwoners} \times 12 \text{ l/inw. uur} = 4.380 \text{ l/uur} = 4,38 \text{ m}^3/\text{uur} = 1,2 \text{ l/s}$

Het aan te leggen VWA-stelsel wordt over het algemeen uitgevoerd in een minimale praktische diameter van 250 mm vanwege eventuele onderhoud- en inspectiewerkzaamheden. Het maximale debiet (Q_{\max}) van een PVC-buis Ø250 mm met $k=1,0$ en $I=0,002$ (gemiddeld) bij 50% vulling bedraagt 10,6 l/s. De minimale diameter voldoet ruim.

Uitgezonderd hiervan zijn enkele eindstrengen in het zuiden in verband met beperkte ruimtelijke diepte. In het zuiden zijn enkele rioolstrengen als Ø160 mm uitgevoerd. Op deze strengen zijn maximaal 4 huizen aangesloten. Het maximale debiet (Q_{\max}) van een PVC-buis Ø160 mm met $k=1,0$ en $I=0,004$ (gemiddeld) bij 50% vulling bedraagt 4,4 l/s. Hiermee voldoen deze strengen ruim.



Bijlage A

P23-0754-008 Actualisatie geohydrologische
quickscan en kwelanalyse (P21-0813); d.d. 27 juni
2024;

NOTITIE

PROJECT	:	Bemmel, Zandsestraat
PROJECTNUMMER	:	P21-0813
ONDERWERP	:	Actualisatie geohydrologisch onderzoek en kwelanalyse P21-0813-004
DATUM	:	10 november 2021 (geactualiseerd op: 24 juni 2024)
OPGESTELD DOOR	:	G.T. van Spronsen (geactualiseerd door: R. Lindemulder)

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het voornemen bestaat om in Bemmel een nieuwbouwwijk te ontwikkelen. Het plangebied, ligt aan de Zandsestraat te Bemmel en is in de huidige situatie in gebruik als landbouw en glastuinbouwperceel. Het oppervlak bedraagt ca. 8,6 ha. BOOT is betrokken bij deze ontwikkeling en heeft in opdracht van Jansen Bouwontwikkeling B.V. een geohydrologisch onderzoek en kwelanalyse uitgevoerd.

1.2 Doel

In 2022 is door BOOT een geohydrologisch onderzoek en een kwelanalyse uitgevoerd. Op basis van de beschikbare gegevens worden de uitgangspunten die destijds zijn opgesteld geactualiseerd. De winterperiode 2023-2024 is erg nat geweest, met veel hoge grondwaterstanden en enkele hoogwatergolven in de rivieren. Deze nieuwe metingen worden verwerkt om een actueel beeld te verkrijgen van de grondwatersituatie. Dit zijn de randvoorwaarden voor de inrichting en functioneren van het toekomstige watersysteem.

De lokale geohydrologische situatie van het plangebied wordt in beeld gebracht aan de hand van informatie uit met name de landelijke geo-database DINOluket, informatie van Rijkswaterstaat en het Waterschap Rivierenland en een door Verhoeven Milieutechniek B.V. uitgevoerd bodemonderzoek (B20.7909, d.d. 25 november 2020).

Doel van het onderzoek is om inzicht te krijgen in de lokale geohydrologische opbouw (bodemopbouw, grondwaterstanden, oppervlaktewatersysteem, kwel etc.). Met deze informatie kan BOOT in het vervolgtraject eventuele grondwater gerelateerde risico's vroegtijdig signaleren en adviseren in een optimale waterhuishouding in het plangebied.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van deze notitie gaat in op de huidige situatie en de geohydrologische opbouw van de ondergrond. In hoofdstuk 3 en 4 worden een opbarstberekening en kwelanalyse beschreven. De notitie sluit af met hoofdstuk 4 waar de conclusies en adviezen zijn opgenomen.

Deze notitie bevat de volgende bijlagen:

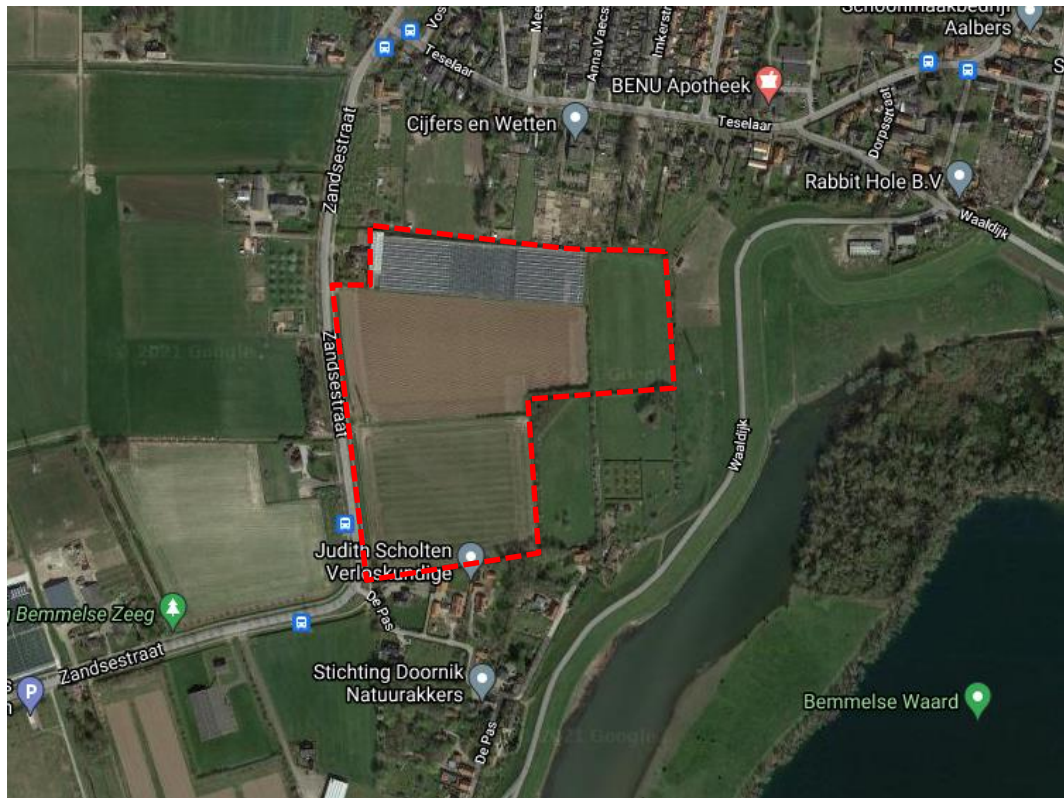
- A. Dwarsprofiel DINOluket model GeoTOP v1.4
- B. Indicatieve opbarstberekeningen
- C. Locaties en boorprofielen peilbuizen

2 Huidige situatie

2.1 Locatie plangebied

Het plangebied ligt ten zuiden van de kern Bemmelse, op circa 1,5 m ten noorden van de Waal. De locatie is weergegeven in Figuur 1. Het plangebied ligt in het buitengebied met rondom akkerland en enkele boerderijen.

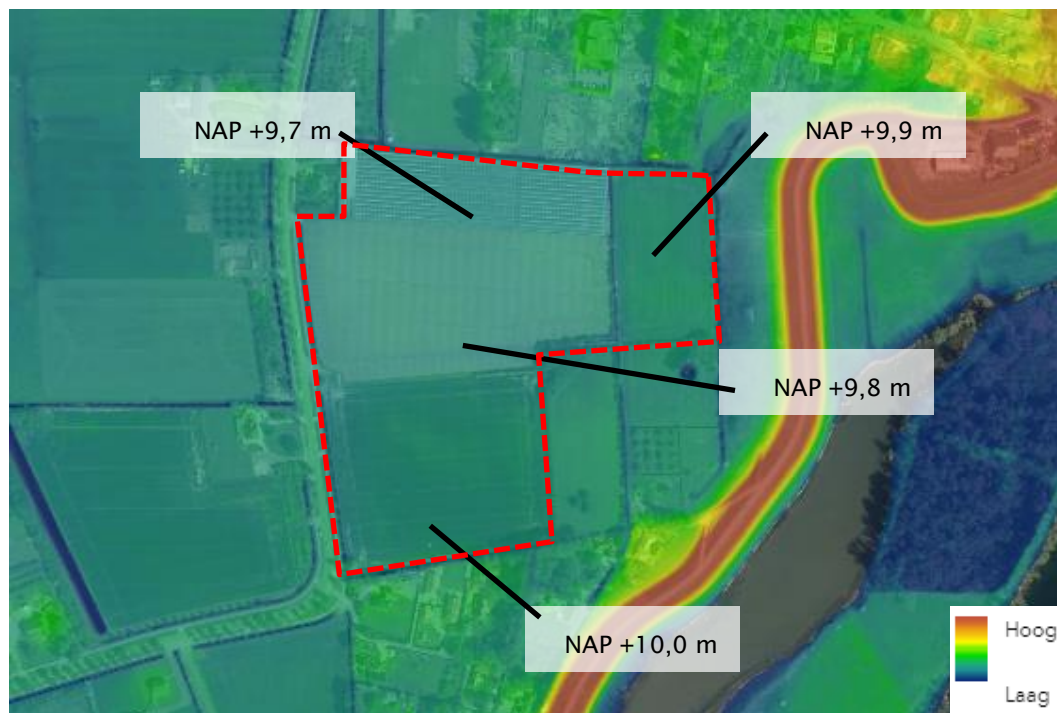
Figuur 1: Ligging plangebied (rode kader). Bron: Google Maps, 2021.



2.2 Maaiveld

De maaiveldhoogte binnen het plangebied varieert van circa NAP +10,0 m in het zuiden tot circa NAP +9,7 m in het noorden (Figuur 2). De oostzijde van het plangebied wijkt af van dit maaiveldverloop en heeft een maaiveldhoogte van circa NAP +9,9 m.

Figuur 2: Maaiveldverloop plangebied (rode kader). Bron: AHN3, 2021.



2.3 Bodemopbouw

De regionale en lokale bodemopbouw zijn bepaald op basis van DINOlaket (model GeoTOP v1.4) en het bodemonderzoek (Verhoeven Milieutechniek B.V., 2020).

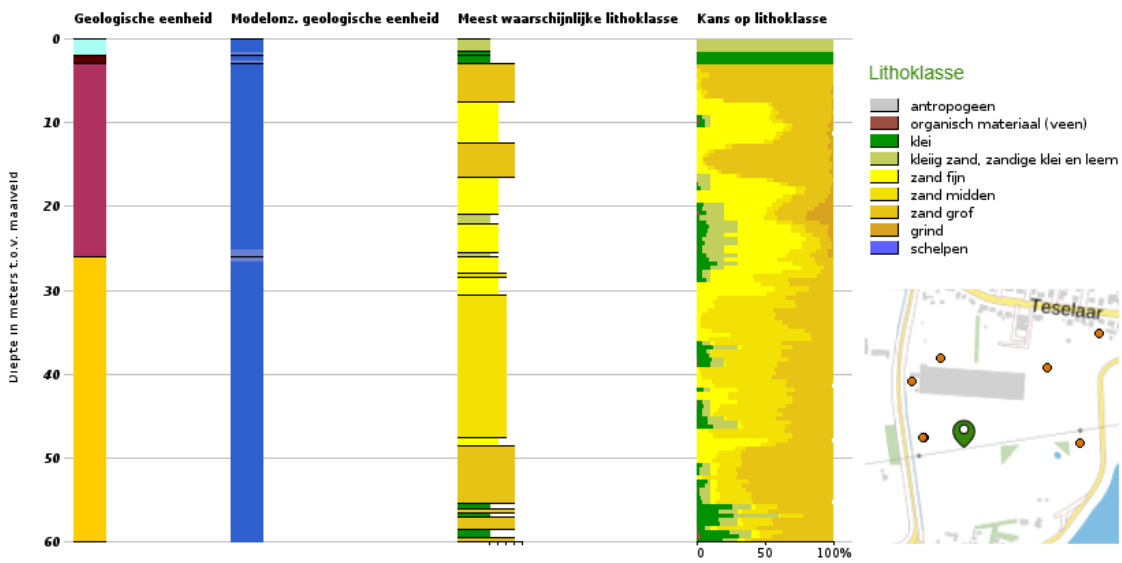
Regionale bodemopbouw

In Figuur 3 is een overzicht weergegeven met de geologische eenheid (meest linkse profiel in de figuur) en de meest waarschijnlijke lithoklasse (2 rechtse profielen). Ter plaatse van het plangebied is de bodem vanaf maaiveld naar beneden opgebouwd uit de Formaties van Echteld (lichtblauw), Kreftenheye (donker en licht paars) en Peize en Waalre (geel).

De regionale bodemopbouw bestaat uit een kleig zandige – kleiige toplaag tot 3,0 m-mv. Van 3,0 m-mv tot 21,0 m-mv is de bodemopbouw een afwisseling van grof en fijn zand, met daaronder een laag van circa 7 m zand en kleig/lemig zand. Van 28,0 m-mv tot 55,5 m-mv bestaat de bodem hoofdzakelijk uit matig grof zand. Hieronder ligt tot 60 m-mv (einde profiel) grof zand en laagjes middelfijn zand. Vanaf 55 m-mv wordt dit afgewisseld met kleilagen.

In bijlage A is een dwarsprofiel van het GeoTOP v1.4 model aangegeven over de Waal, de Bemmelse Waard en De Strang. Hieruit blijkt dat het kanaal insnijdt in het grofzandige pakket tot circa 8 m-mv.

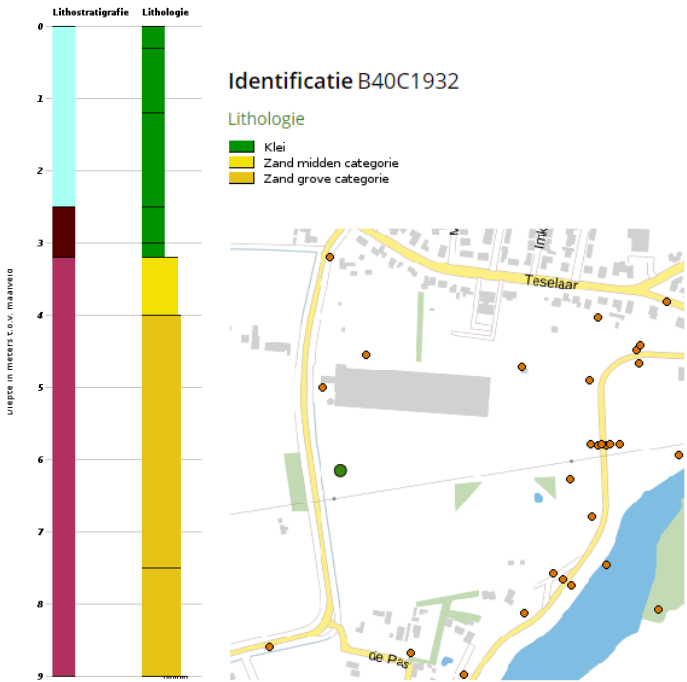
Figuur 3: Geologische eenheid en lithoklasse op basis van profiel DINOLOket, model GeoTOP v1.4 (2021).



Lokale bodemopbouw

De lokale bodemopbouw is bepaald aan de hand van boring B40C1932 uit DINOLOket en het door Verhoeven Milieutechniek B.V. uitgevoerde bodemonderzoek. Boring B40C1932 is geplaatst binnen het plangebied (zie Figuur 4). Deze boring bevestigt de regionale bodemopbouw zoals in bovenstaande paragraaf beschreven is. In het verkennend bodemonderzoek is de bodemopbouw binnen het plangebied onderzocht tot een diepte van 4,5 m-mv. Een globale schematisatie van de bodemopbouw op basis van deze boringen is weergegeven in Tabel 1.

Figuur 4: Boring B40C1932. Bron: DINOLOket, 2021.



Tabel 1: Bodemopbouw binnen het plangebied op basis van het verkennend bodemonderzoek.

LAAG BOVENZIJD [M-MV]	LAAG ONDERZIJD [M-MV]	BODEMOPBOUW
0,0	2,0 (tot maximaal 4,0)	KLEI, matig siltig
2,0	2,8	ZAND, zeer fijn, zwak siltig, deels brokken klei
2,8	4,5	ZAND, matig grof, zwak grindig

2.4 Grondwater en stijghoogte

In de directe omgeving van of binnen het plangebied bevinden zich geen langdurig gemonitorde peilbuizen. Op grotere afstand van het plangebied bevinden zich 4 peilbuizen waarin meerjarig is gemonitord (Figuur 5). De statistische gegevens van de meetreeksen zijn weergegeven in Tabel 2 en Tabel 3. De statistische gegevens zijn afkomstig van Grondwatertools (TNO GDN). Aangezien de filters van deze peilbuizen zich hoofdzakelijk onder de aanwezige kleilaag bevinden meten deze peilbuizen formeel gezien de stijghoogte.

De RHS (representatief hoogste stijghoogte) is gelijk aan het 90e percentiel van de gemeten stijghoogte; 10 % van de meetperiode wordt een hogere stijghoogte gemeten. De RLS (representatief laagste stijghoogte) is gelijk aan het 10e percentiel van de gemeten stijghoogte; 10 % van de meetperiode wordt een lagere stijghoogte gemeten.

In het kader van het verkennend bodemonderzoek door Verhoeven Milieutechniek B.V. zijn binnen het plangebied 9 peilbuizen geplaatst waarin op 11 september 2020 eenmalig de grondwaterstand is gemeten. De filters van deze peilbuizen staan onder de kleilaag waardoor deze (net als de DINOLOKET peilbuizen) de stijghoogte meten. De gemiddeld gemeten stijghoogte is 2,6 m-mv.

De regionale stromingsrichting van het grondwater is onbekend. Vermoedelijk is deze hoofdzakelijk richting het nabijgelegen oppervlaktewater.

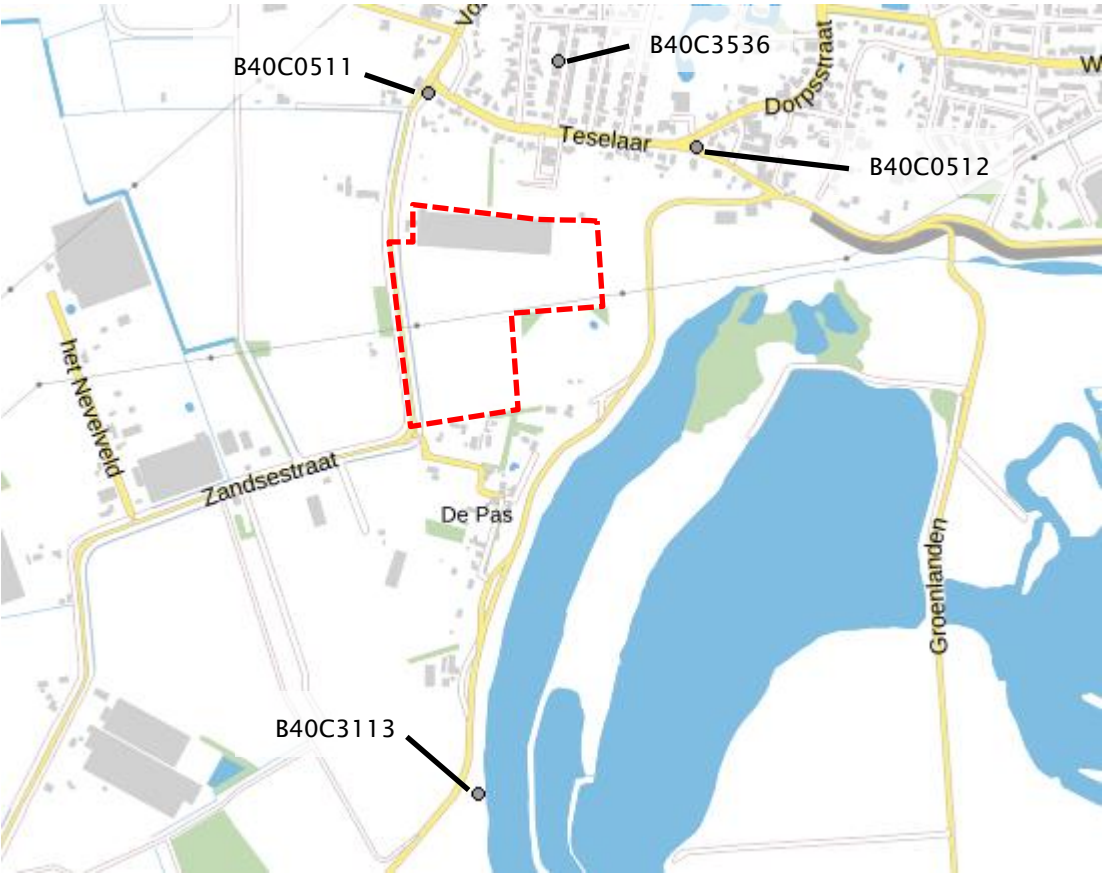
Tabel 2: Statistische eigenschappen omliggende peilbuizen ten opzichte van NAP (bron: Grondwatertools, 2021 en BROLOKET, 2024).

PEILBUIS	MEETPERIODE	MAAIVELD [m NAP]	FILTER [m NAP]	STATISTISCHE EIGENSCHAPPEN ¹				
				MAX [m NAP]	RHS [m NAP]	GEM [m NAP]	RLS [m NAP]	MIN [m NAP]
B40C0511	1987-1995	9,74	3,7 – -6,8	9,37	8,99	8,65	8,19	7,84
B40C0512	1966-1975	11,30	4,3 – -12,7	10,22	9,95	9,43	9,02	8,52
B40C3113	2005-2009	9,51	6,4 – 5,4	9,37	8,87	8,26	7,69	7,24
B40C3536 ²	2012-2024	9,61	8,31 – 7,31	8,61	8,13	8,10	8,06	7,91
B40C3536 ²	2012-2024	9,61	3,66 – 2,66	8,86	8,57	8,15	7,74	7,47

1) RHS: representatief hoogste stijghoogte, RLS: representatief laagste stijghoogte. Van de peilbuizen is geen data beschikbaar om de GLG en GHG of een representatieve RLG en RHG waarde te bepalen.

2) Informatie van 2020-2024 vanuit BROLOKET.

Figuur 5: Meerjarig gemonitorde peilbuizen in de omgeving van het plangebied (DINOloket/Grondwatertools, 2021).



Tabel 3: Statistische eigenschappen omliggende peilbuizen ten opzichte van maaiveld (bron: Grondwatertools, 2021 en BROloket, 2024).

PEILBUIS	MEETPERIODE	MAAIVELD [m NAP]	FILTER [m-mv]	STATISTISCHE EIGENSCHAPPEN				
				MAX [m-mv]	RHS [m-mv]	GEM [m-mv]	RLS [m-mv]	MIN [m-mv]
B40C0511	1987-1995	9,74	6,0 – 16,5	0,37	0,75	1,09	1,55	1,9
B40C0512	1966-1975	11,30	7,0 – 24,0	1,08	1,35	1,87	2,28	2,78
B40C3113	2005-2009	9,51	3,1 – 4,1	0,14	0,64	1,25	1,82	2,27
B40C3536	2012-2024	9,61	1,3 – 2,3	1,01	1,48	1,51	1,55	1,70
B40C3536	2012-2024	9,61	5,95 – 6,95	0,75	1,04	1,46	1,87	2,14

Op basis van de ondiepe bodemopbouw en peilen van het ontwateringsmiddel is voor het plangebied de representatief hoogste grondwaterstand (RHG) ingeschat op circa NAP +8,6 m. De representatief hoogste stijghoogte (RHS) in het eerste watervoerend pakket is ingeschat op NAP +8,5 m.

Aanvullende grondwatermonitoring

Door BOOT zijn op 10 januari 2022 binnen het plangebied 3 peilbuizen geplaatst met het filter in de deklaag (kleilaag). De locaties en filterstelling van de peilbuizen zijn weergege-

ven in bijlage C. In deze peilbuizen is van 13 januari 2022 tot 20 juni 2022 de grondwaterstand gemonitord. Tijdens de monitoringsperiode zijn relatief extreme omstandigheden waargenomen: de zeer natte periode in februari en de, over het algemeen, droge periode van maart-juni. Op basis van de monitoring blijkt dat binnen het gebied een lichte grondwatergradiënt van oost naar west aanwezig is. Geadviseerd wordt bij de verdere planuitwerking rekening te houden met een RHG van NAP +8,9 m in het oosten tot NAP +8,7 m in het westen. Ter plaatse van de watergangen zal de grondwaterstand, door de ontwatering, afwijken van deze inschatting. De RLG wordt ingeschat op NAP +7,9 m.

Figuur 6: Gemeten grondwaterstanden in de peilbuizen. Zie bijlage C voor de peilbuislocaties.



Actualisatie 2024

Tussen 2022 en moment van schrijven is in de omgeving van het plangebied de grondwaterstand gemonitord in peilbuis B40C3536. De gegevens zijn geraadpleegd via BROloket. In tabel 3 zijn de bijgewerkte grondwatergegevens opgenomen. Op basis van de bijgewerkte informatie blijven de onderstaande adviezen gelijk:

- ▶ RHG in het oosten is ingeschat op NAP +8,9 m
- ▶ RHG in het westen is ingeschat op NAP +8,7 m;
- ▶ RLG is ingeschat op NAP +7,9 m;
- ▶ Ter plaatse van de watergangen zal de grondwaterstand afwijkend door de ontwatering.

Op basis van de waargenomen stijghoogtes wordt geadviseerd de representatief hoge stijghoogte aan te passen naar NAP +8,6 m.

2.5 Oppervlaktewater

In de omgeving van het plangebied liggen diverse B- en C-watergangen, zie Figuur 7. Daarnaast ligt het plangebied op circa 300 m ten noordwesten van De Strang. Het plangebied ligt in peilgebied OVB188, dit gebied heeft als streefpeil NAP +8,15 m (Bron: Kaart 114 – Peilvoorstel, d.d. 25 juni 2012).

Op circa 1,5 km ten zuidoosten van het plangebied ligt de Waal. Op basis van beschikbare kaarten lijkt de Waal niet in open verbinding te staan met De Strang en de Bemmelse Waard. Voor de kwelanalyse is het relevant te achterhalen wat een maatgevend hoge rivierstand is in de Waal. Hiervoor is gebruik gemaakt van lineaire interpolatie tussen meetpunten Nijmegen Haven en de Pannerdense Kop (bron: Waterdata Rijkswaterstaat), zie Tabel 4.

Tabel 4: Interpolatie hoogwater tussen meetpunten Nijmegen Haven en de Pennerdense Kop.
Data afkomstig van Waterinfo Rijkswaterstaat, 2021

	NIJMEGEN HAVEN	BEREKENING PLANGEBIED	PANNERDENSE KOP
Hoogwater	NAP +12,2 m	NAP +12,7 m	NAP +14,3 m
Afstand tot plangebied	4 km		13 km

Figuur 7: Legger oppervlaktewater Waterschap Rivierenland.



Actualisatie 2024

Tussen 2022 en moment van schrijven is het peilgebied en streefpeil niet gewijzigd. De hoogwaterstand conform Rijkswaterstaat zijn gelijk gebleven. Tevens zijn geen verandering op de legger zichtbaar.

3 Opbarstberekening

Voor de locatie is een indicatieve opbarstberekening uitgevoerd. Omdat de geplande ontwikkelingen nog niet bekend zijn, is gerekend met een maximale afgraving, waarbij het risico op opbarsten beperkt blijft. Samengevat zijn de resultaten als volgt:

- Stijghoogte: NAP +8,5 m (1,3 m-mv)
- Ontgravingsdiepte: NAP +8,35 m (1,45 m-mv)
- Gronddruk neerwaarts totaal: 8,26 kN/m²
- Waterdruk opwaarts: 6,87 kN/m²

De veiligheidsfactor is berekend op 1,2 (moet >1,1 zijn voor voldoende stabiliteit). De volledige berekening is weergegeven in bijlage B. De aanwezige kleilaag kan lokaal variëren in dikte, waardoor het resultaat van de opbarstberekening ook kan afwijken. Daarom wordt geadviseerd bij eventuele ontgravingen de lokale dikte van de kleilaag te onderzoeken met behulp van enkele grondboringen. Daarnaast wordt geadviseerd bij permanente ontgraving van de kleilaag (bijvoorbeeld bij realisatie van een watergang) de weerstand van de kleilaag te herstellen door toepassing van bijvoorbeeld een bentonietscherm.

Actualisatie 2024

Door de aanpassing van de stijghoogte is de opbarstberekening opnieuw uitgevoerd met onderstaande resultaten:

- Stijghoogte: NAP +8,5 m (1,3 m-mv)
- Ontgravingsdiepte: NAP +8,4 m (1,4 m-mv)
- Gronddruk neerwaarts totaal: 9,01 kN/m²
- Waterdruk opwaarts: 7,85 kN/m²
- Veiligheidsfactor = 1,15.

Gezien de extreem natte omstandigheden in winterperiode 2023-2024 is het ook goed om te rekenen met meer extreme omstandigheden. Wanneer wordt uitgegaan van de maximale stijghoogte van circa NAP +8,9 m zijn de resultaten als volgt:

- Stijghoogte: NAP +8,9 m (0,9 m-mv)
- Ontgravingsdiepte: NAP +8,6 m (1,2 m-mv)
- Gronddruk neerwaarts totaal: 12,02 kN/m²
- Waterdruk opwaarts: 10,79 kN/m²
- Veiligheidsfactor = 1,11.

Geadviseerd wordt deze laatste berekening als uitgangspunt te houden; bij ontgravingen tot 1,2 m-mv blijft het opbarst risico beperkt.

4 Kwelanalyse

Aangezien de projectlocatie binnen de invloedssfeer ligt van de Waal is een analyse van eventuele wijzigingen na verandering in de kwelsituatie noodzakelijk.

De lithologische samenstelling van de ondergrond en met name de lokale gegevens uit het booronderzoek toont een kleiige deklaag met een dikte van 2 m. Lokaal kan deze dikte afwijken.

De verticale weerstand (c-waarde) van de deklaag is niet in het veld gemeten maar geschat op basis van de lithologie (Bot, 2016). De c-waarde is 200 dagen ($k_v=0,01$ m/d) en de kD-waarde van het 1-ste watervoerend pakket is ingeschat op $780 \text{ m}^2/\text{dag}$ (k-waarde = $15 \text{ m}/\text{dag}$, dikte watervoerend pakket circa 52 m).

Maatgevend voor de berekening van het effect van de voorgestelde aanpassingen op de kwelsituatie is een hoge waterstand nabij het plangebied: NAP +12,7 m (zie Tabel 4). Als representatieve grondwaterstand wordt voor het plangebied gerekend met NAP +8,6 m.

De invloed van het peil in de Waal werkt door in de stijghoogte direct onder de deklaag en is via een verandering in de kwelcomponent door de deklaag merkbaar in de grondwaterstand. De doorwerking is sterk afhankelijk van de eigenschappen van het 1-ste watervoerend pakket en de deklaag zoals kD- en c-waarde.

Dit systeem (Figuur 8) wordt wiskundig beschreven volgens Mazure, en op basis van die relatie wordt de beïnvloeding vanaf de Waal bepaald.

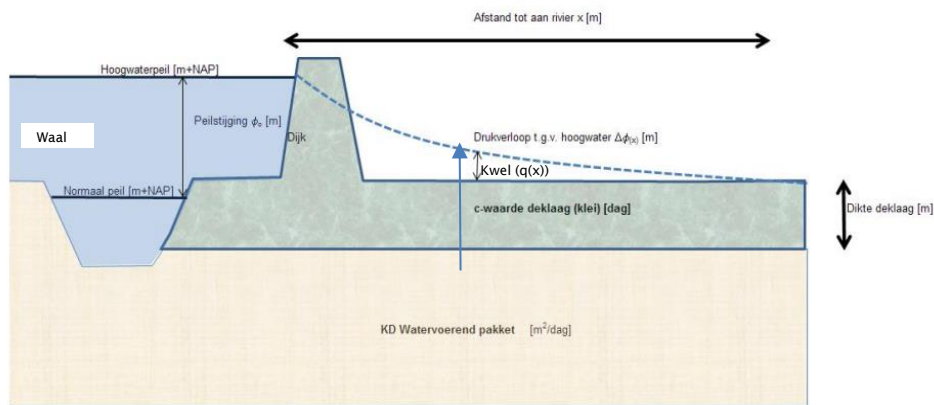
De onderstaande relatie geeft dan de kwelflux, $q(x)$, weer door de deklaag naar het frea-tisch niveau. De berekening is weergegeven in Figuur 9.

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

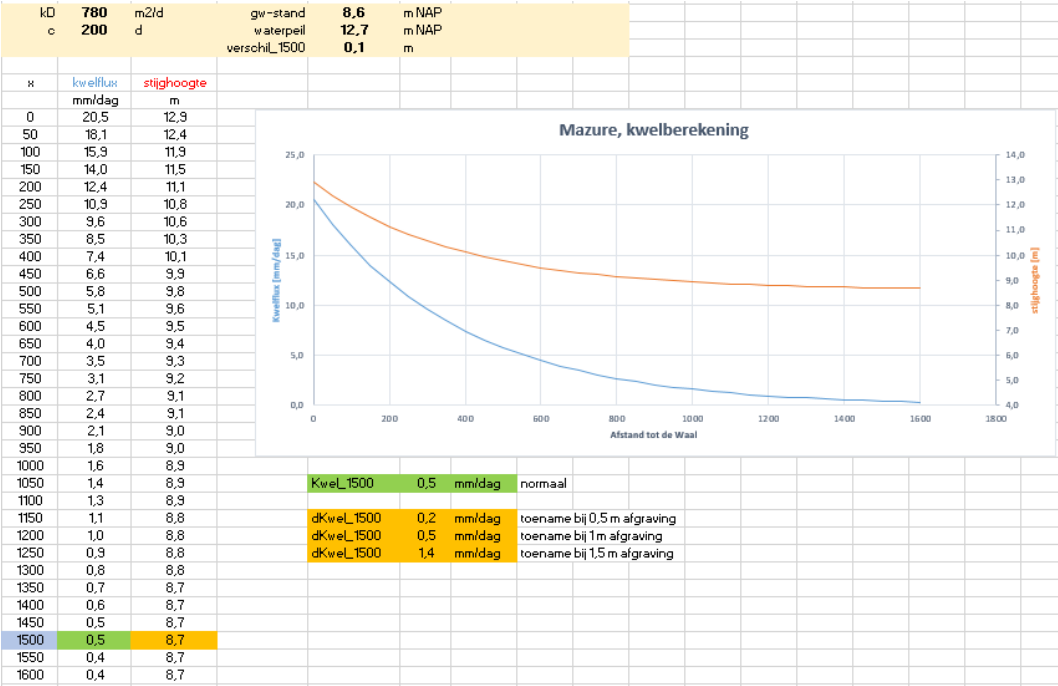
Waarin de bovenstaande symbolen de volgende betekenis hebben:

$q(x)$	kwelflux door deklaag [$\text{m}^3/\text{dag}/\text{m}^2$]
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 8: Schematisatie hydrologische systeem plangebied.



Figuur 9: Berekening kwel en kweltoenames bij diverse afgravingen.



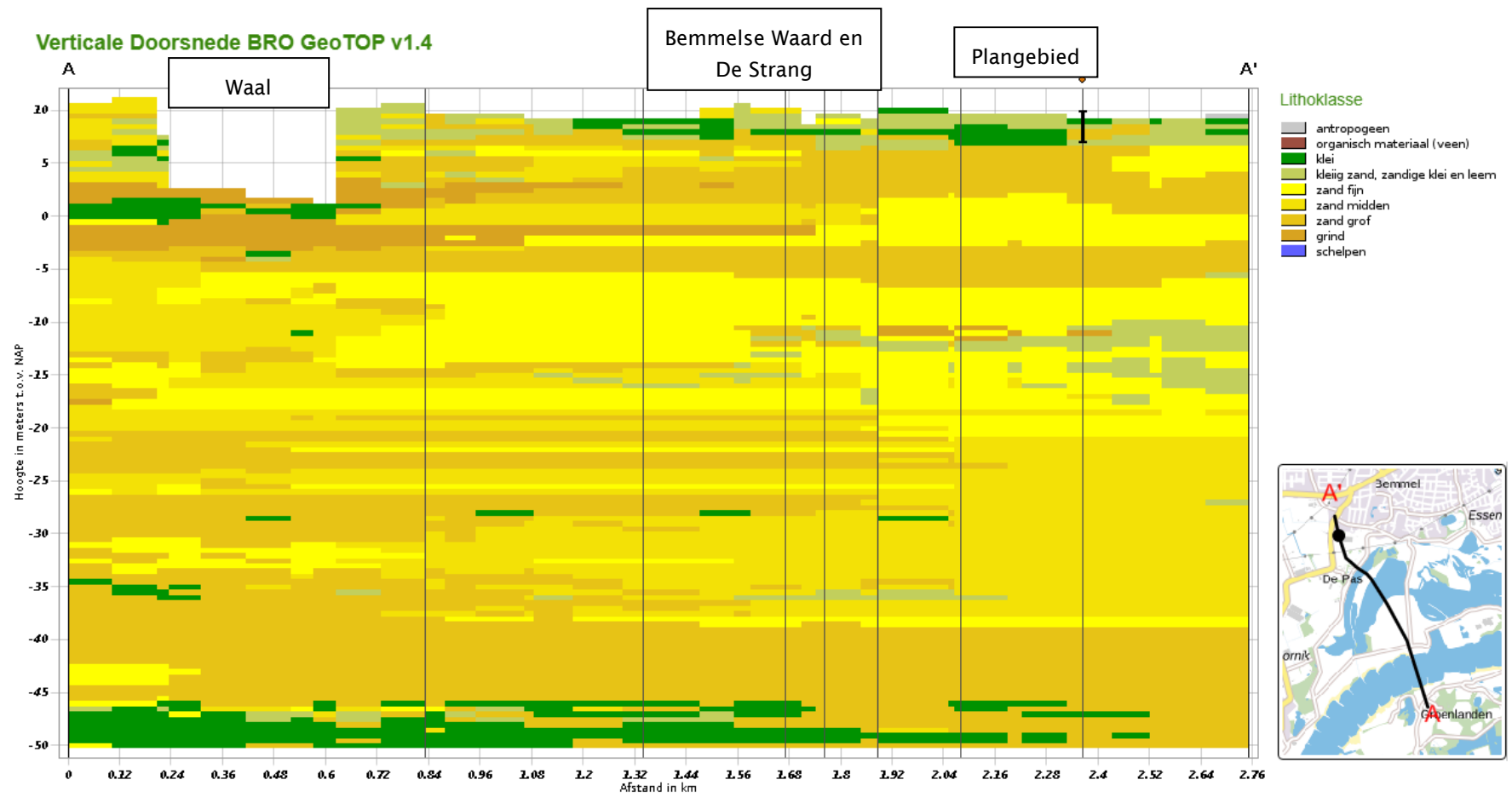
Op basis van de input is de berekende stijghoogte bij een hoge rivierstand NAP +8,7 m. Dit komt goed overeen met de ingeschatte representatief hoge stijghoogte voor het plangebied (NAP +8,5 m). Omdat voor het plangebied geen concrete plannen voor ontgravingen bekend zijn is de toename van kwelflux berekend voor 3 verschillende ontgravingdieptes. Bij de verdere uitwerking van ondergrondse waterbergingen moet rekening worden gehouden met een extra berging voor de standaard kwel en eventuele kweltoename.

5 Conclusies en adviezen

- De maaiveldhoogte binnen het plangebied varieert globaal van circa NAP +10,0 m in het zuiden tot circa NAP +9,7 m in het noorden.
- De bodemopbouw bestaat uit circa 2 m klei en zand tot 9 m-mv (einde boorprofiel).
- Geadviseerd wordt bij de verdere planuitwerking rekening te houden met een RHG van NAP +8,9 m in het oosten tot NAP +8,7 m in het westen.
- De representatief hoogste stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is ingeschat op NAP +8,6 m.
- In de omgeving van het plangebied liggen diverse B- en C-watergangen. Daarnaast ligt het plangebied op circa 300 m ten noordwesten van De Strang. Op circa 1,5 km ten zuidoosten van het plangebied ligt de Waal.
- Het plangebied ligt in peilgebied met als streefpeil NAP +8,15 m.
- Bij ontgravingen tot 1,2 m-mv blijft het opbarstrisico beperkt (uitgaande van de maximaal waargenomen stijghoogte). Geadviseerd wordt voorafgaand aan ontgravingen de lokale dikte van de kleilaag te onderzoeken omdat deze kan variëren, waardoor het resultaat van de opbarstberekening ook kan afwijken.
- Geadviseerd wordt bij permanente ontgraving van de kleilaag de weerstand van de kleilaag te herstellen.
- De normale kwelflux bij een hoge rivierstand in de Waal is berekend op 0,5 mm/dag.
- De toename van kwelflux is afhankelijk van de diepte van ontgraving en is berekend voor diverse dieptes. Bij de uitwerking van bergingsvoorzieningen wordt geadviseerd rekening te houden met de kwelflux van 0,5 mm/dag en de eventuele toename van kwelflux.

Bijlage A

Dwarsprofiel DINOloket model GeoTOP v1.4



Bijlage B

Indicatieve opbarstberekeningen

1. Origineel: representatief hoge stijghoogte
2. Revisie: representatief hoge stijghoogte
3. Revisie: maximaal waargenomen stijghoogte

Indicatieve opbarstberekening

BOOT organiserend ingenieursburo

Project: Zandsestraat, Bommel

Datum: 21-6-2024



Projectgegevens:

	NAP	m-mv	
stijghoogte	8,90	0,90	maximaal waargenomen stijghoogte
maaiveldniveau	9,80	0,00	
diepte ontgraving	8,60	1,20	
onderkant kleilaag/veenlaag	7,80	2,00	

Parameter invoer:

Y1	15,00 kN/m ³	soortelijk gewicht talud
Y2	15,00 kN/m ³	soortelijk gewicht ontgraving tot onderzijde deklaag
Yw	9,81 kN/m ³	soortelijk gewicht water
d1	1,20 m	ontgravingsdiepte (m)
d2	0,80 m	dikte klei/veen onder bodem
h	1,10 m	waterkolom bovenzijde onderkant kleilaag
a	1,00 m	breedte talud
b	5,00 m	halve bodembreedte

Gronddruk

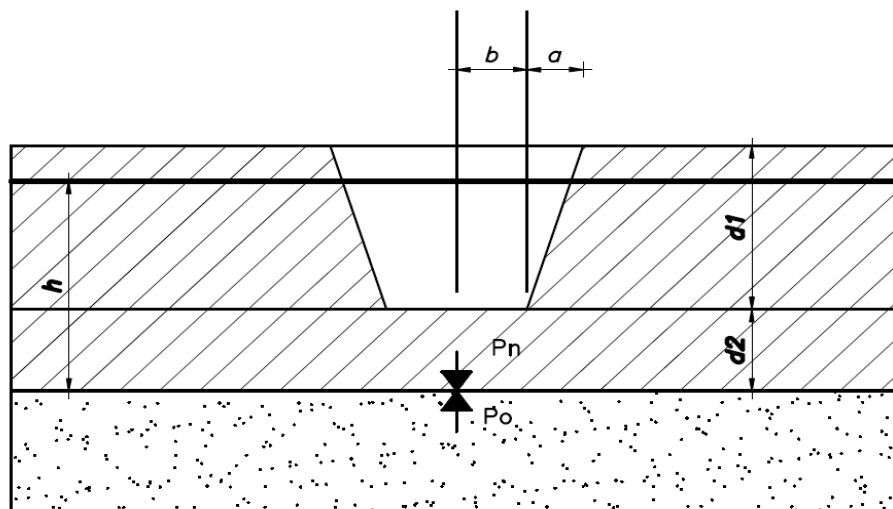
f	0,00 -	factor i.v.m. met smalle talud ontgraving
P1*f	0,02 kN/m ²	gronddruk boven bouwputbodem * factor
P2	12,00 kN/m ²	gronddruk onder bouwputbodem
Pn	12,02 kN/m ²	gronddruk neerwaarts totaal

Waterdruk

P0	10,79 kN/m ²	waterdruk opwaarts
----	-------------------------	--------------------

Veiligheidsfactor

verhouding Pn/Po	1,11	Moet > 1,1 zijn voor voldoende veilig werken; bij < 1,1 spanningsbemaling in watervoerend pakket noodzakelijk
------------------	------	---



Indicatieve opbarstberekening

BOOT organiserend ingenieursburo

Project: Zandsestraat, Bommel

Datum: 10-11-2021



Projectgegevens:

	NAP	m-mv
stijghoogte	8,50	1,30
maaiveldniveau	9,80	0,00
diepte ontgraving	8,35	1,45
onderkant kleilaag/veenlaag	7,80	2,00

Parameter invoer:

Y1	15,00 kN/m ³	soortelijk gewicht talud
Y2	15,00 kN/m ³	soortelijk gewicht ontgraving tot onderzijde deklaag
Yw	9,81 kN/m ³	soortelijk gewicht water
d1	1,45 m	ontgravingsdiepte (m)
d2	0,55 m	dikte klei/veen onder bodem
h	0,70 m	waterkolom bovenzijde onderkant kleilaag
a	1,00 m	breedte talud
b	5,00 m	halve bodembreedte

Gronddruk

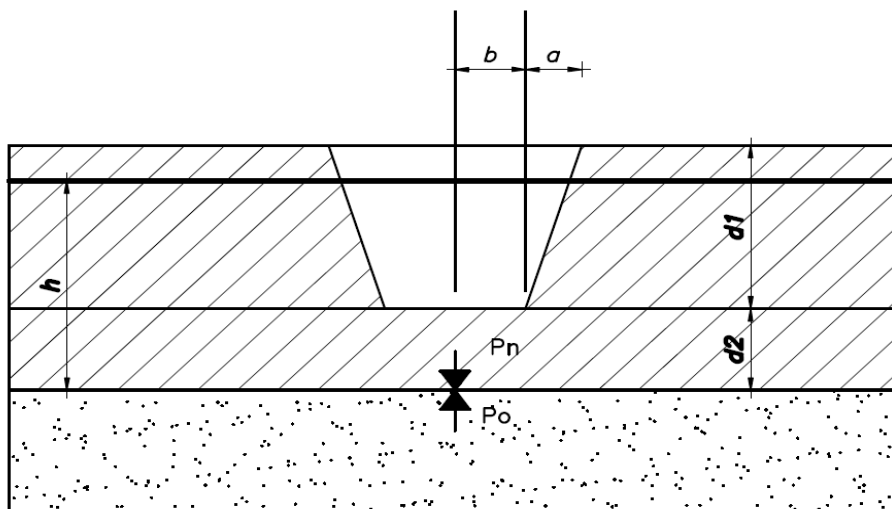
f	0,00 -	factor i.v.m. met smalle talud ontgraving
P1*f	0,01 kN/m ²	gronddruk boven bouwputbodem * factor
P2	8,25 kN/m ²	gronddruk onder bouwputbodem
Pn	8,26 kN/m ²	gronddruk neerwaarts totaal

Waterdruk

P0	6,87 kN/m ²	waterdruk opwaarts
----	------------------------	--------------------

Veiligheidsfactor

verhouding Pn/Po	1,20	Moet > 1,1 zijn voor voldoende veilig werken; bij < 1,1 spanningsbemaling in watervoerend pakket noodzakelijk
------------------	------	---



Indicatieve opbarstberekening

BOOT organiserend ingenieursburo

Project: Zandsestraat, Bommel

Datum: 21-6-2024



Projectgegevens:

	NAP	m-mv
stijghoogte	8,60	1,20
maaiveldniveau	9,80	0,00
diepte ontgraving	8,40	1,40
onderkant kleilaag/veenlaag	7,80	2,00

Parameter invoer:

Y1	15,00 kN/m ³	soortelijk gewicht talud
Y2	15,00 kN/m ³	soortelijk gewicht ontgraving tot onderzijde deklaag
Yw	9,81 kN/m ³	soortelijk gewicht water
d1	1,40 m	ontgravingsdiepte (m)
d2	0,60 m	dikte klei/veen onder bodem
h	0,80 m	waterkolom bovenzijde onderkant kleilaag
a	1,00 m	breedte talud
b	5,00 m	halve bodembreedte

Gronddruk

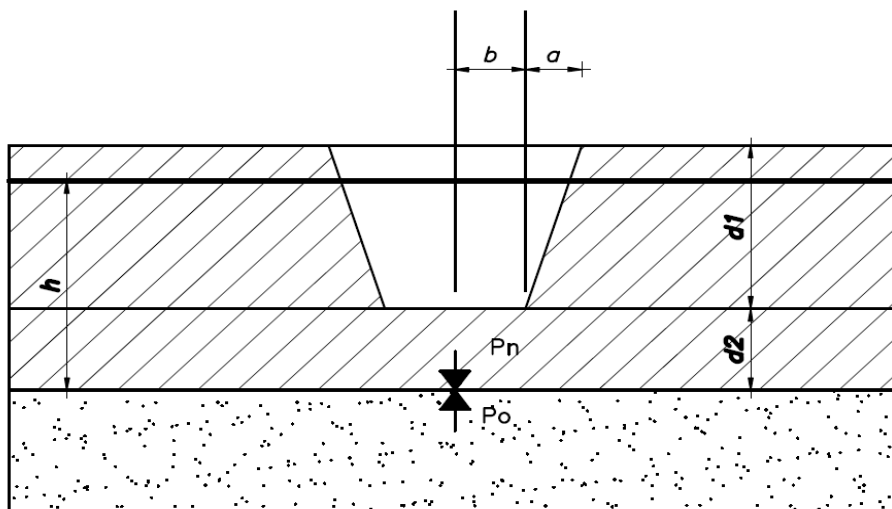
f	0,00 -	factor i.v.m. met smalle talud ontgraving
P1*f	0,01 kN/m ²	gronddruk boven bouwputbodem * factor
P2	9,00 kN/m ²	gronddruk onder bouwputbodem
Pn	9,01 kN/m ²	gronddruk neerwaarts totaal

Waterdruk

P0	7,85 kN/m ²	waterdruk opwaarts
----	------------------------	--------------------

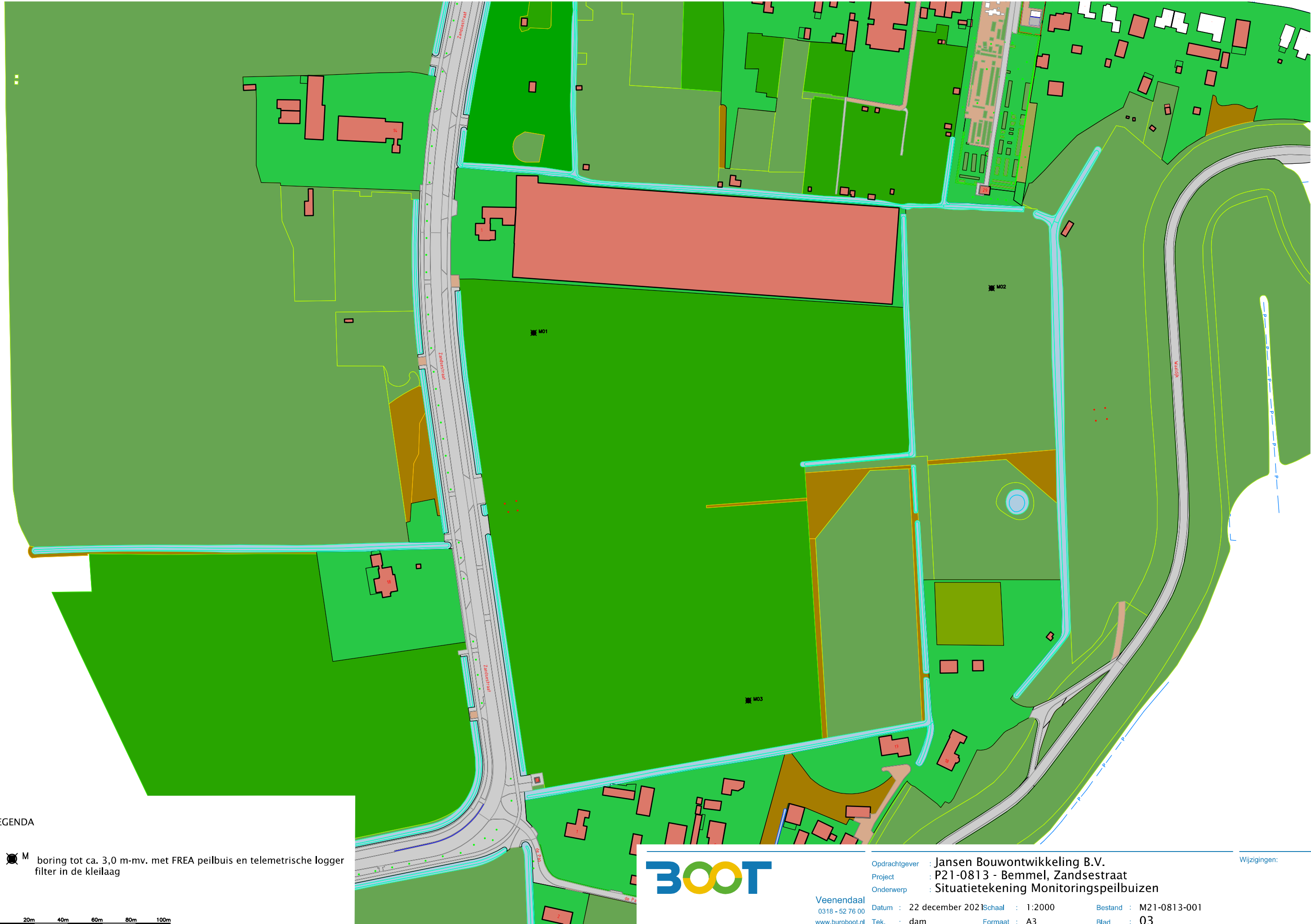
Veiligheidsfactor

verhouding Pn/Po	1,15	Moet > 1,1 zijn voor voldoende veilig werken; bij < 1,1 spanningsbemaling in watervoerend pakket noodzakelijk
------------------	------	---




Bijlage C

Locaties en boorprofielen peilbuizen



LEGENDA

 M boring tot ca. 3,0 m-mv. met FREA peilbuis en telemetrische logger filter in de kleilaag

20m 40m 60m 80m 100m

BOOT

Veenendaal
0318 - 52 76 00
www.buroboot.nl

Opdrachtgever : Jansen Bouwontwikkeling B.V.
Project : P21-0813 - Bemmels, Zandsestraat
Onderwerp : Situatietekening Monitoringspeilbuizen

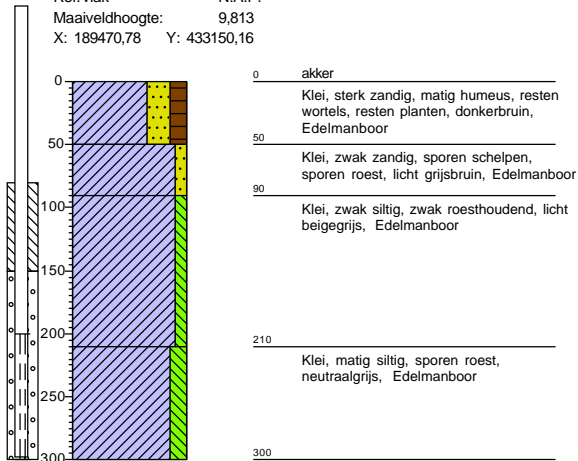
Datum : 22 december 2021
Tek. : dam
Schaal : 1:2000
Formaat : A3

Bestand : M21-0813-001
Blad : 03

Wijzigingen:

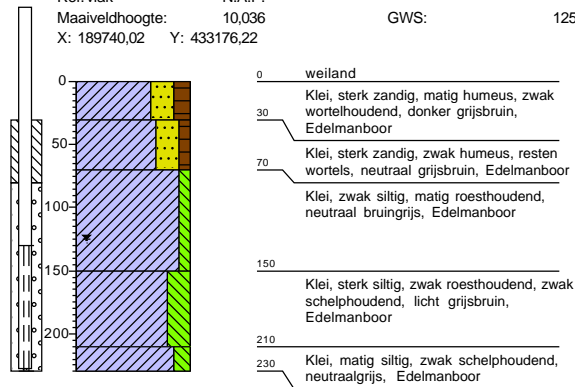
Boring: M01

Datum: 10-1-2022
Ref. vlak N.A.P.
Maaiveldhoogte: 9,813
X: 189470,78 Y: 433150,16



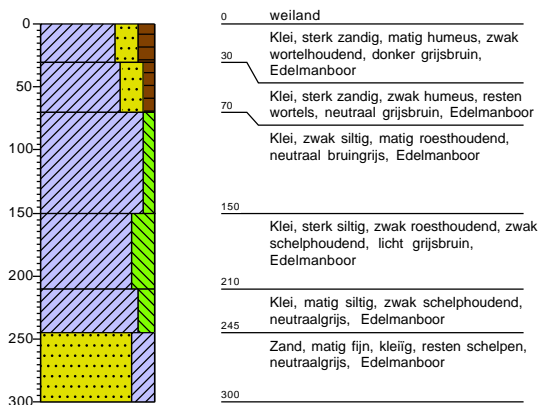
Boring: M02

Datum: 10-1-2022
Ref. vlak N.A.P.
Maaiveldhoogte: 10,036
X: 189740,02 Y: 433176,22
GWS: 125



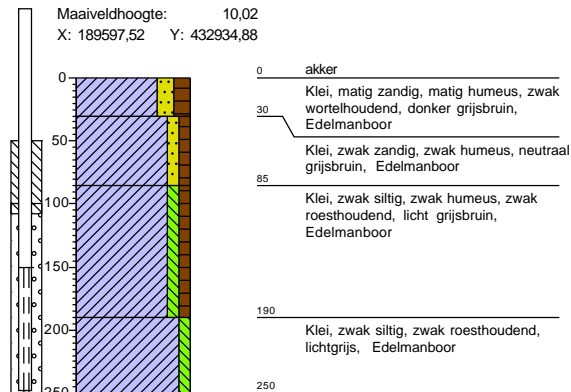
Boring: M02a

Datum: 10-1-2022
X: 189744,00 Y: 433175,00



Boring: M03

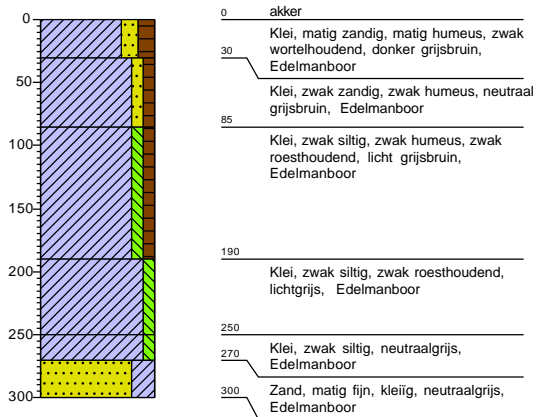
Datum: 10-1-2022
Ref. vlak N.A.P.
Maaiveldhoogte: 10,02
X: 189597,52 Y: 432934,88



Boring: M03a

Datum: 10-1-2022

X: 189597,00 Y: 432934,00





Bijlage B

Tekening K23-0754-001 DO



LEGENDA

Bestaand

6-45

Kavelgrens

Maatveldhoogte in NAP

Bebouwing

Hoofwerk

Haag

Kolk

Lichtmast

Inspectieput

Te handhaven boom

Bestaande riolering

Persteiding

Nieuw

Werkgrens

Nieuwe perceelsgrens

Toekomstig ontwerp Zandsestraat

-1.30

Afwerkhoogte in m t.o.v. NAP

<-0.50

Vloerpeil in m t.o.v. NAP

Bebouwing

Appartementen

Kavel

HWA-riool inspectieput met roosterdeksel, incl. putnummer en pufdekselhoogte

-1.75

PVC Ø150

Drain, PVC Ø160, b.o.b. +1.70 NAP

Drainageput PE Ø375

-1.05

HWA-riool uitstroomp, incl. putnummer en dekselhoogte

IV Ø200

DWA inspectieput, incl. putnummer en pufdekselhoogte

HWA-riool uitstroomp

VVA uitlegger, PVC Ø125mm, incl. ontsloppingsstuk

HWA uitlegger, PVC Ø125mm, incl. ontsloppingsstuk

Oppervlakkige afvoer hwa d.m.v. spouwer

Duker, incl. materiaal, b.o.b. en diameter

Nutstrack, b=150m

Contouren veiligheidszone hoogspanning (afstand 60-65m)

Uitstroombak HWA-riool

Boom

Opmerkingen

-

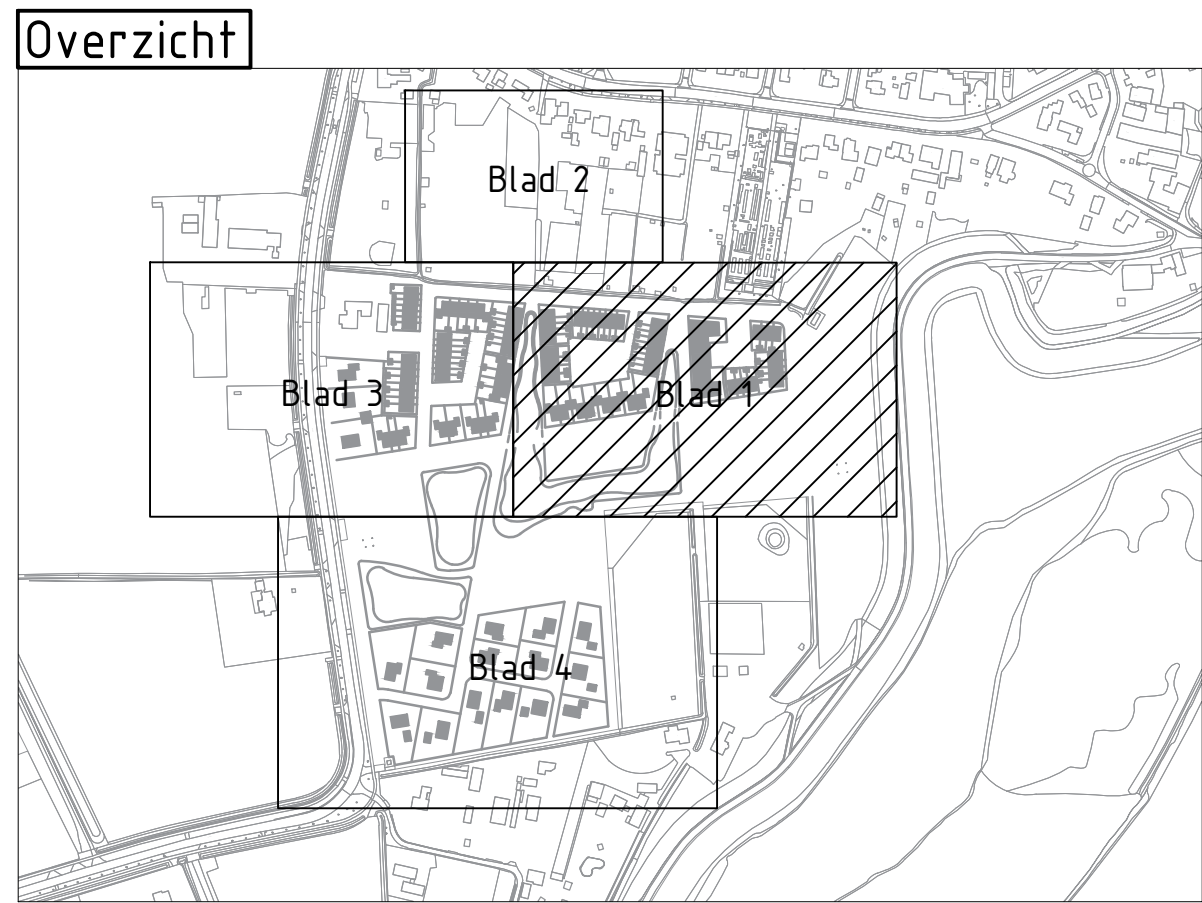
Maatvoering in meters

-

Alle hoogten in meters t.o.v. NAP

-

De ligging van de kabels en leidingen is indicatief en is gebaseerd op aangeleverde gegevens van een oriënterende K.L.C.-melding. De aannemer dient voorafgaand aan de werkzaamheden een graafmelding te doen.



**JANSEN**
BOUWONTWIKKELING

PROJECT

Bemmel, Zandsestraat

ONDERWERP

Definitief Ontwerp
Ondergrondse situatie



Wijzigingen

Datum
23-05-2025

Get.
jm

Documentatie

Datum
20 januari 2025

Get.
jm

Tekening

Datum
20 januari 2025

Get.
jm

Formaat

A0

Status

Concept

Definitief

RAU

Voor uitvoering

Revisie

Bestand

Blad

Verenendal

0218 12 78 00

www.verenendal.nl

K23-0754-001

01



LEGENDA

Bestaand

- Kavelgrens
- Maasveldhoogte in NAP
- Bebouwing
- Hebwerk
- Haag
- Kolk
- Lichtmast
- Inspectieput
- Te handhaven boom
- Bestaande riolering
- Persteiding

Nieuw

- Werkgrens
- Nieuwe perceelsgrens
- Toekomstig ontwerp Zandsestraat
- Afwerkhoogte in m t.o.v. NAP
- Vloerpeil in m t.o.v. NAP
- Bebouwing
- Appartementen
- Kavel
- HWA-riool inspectieput met roosterdeksel, incl. putnummer en putdekselhoogte
- HWA-riool, incl. materiaal, stroomrichting, b.o.b. en diameter
- Drain, PVC Ø160, b.o.b. +7.70 NAP
- Drainageput PE Ø315
- HWA-riool uitstroomput, incl. putnummer en dekselhoogte
- DWA inspectieput, incl. putnummer en putdekselhoogte
- HWA-riool uitstroomput
- VWA uitlegger, PVC Ø125mm, incl. ontsoppingsstuk
- HWA uitlegger, PVC Ø125mm, incl. ontsoppingsstuk
- Oppervlakkige afvoer hwa d.m.v. spouwer
- Duiker, incl. materiaal, b.o.b. en diameter
- Nutstrac, b=150m
- Contouren veiligheidszone hoogspanning (afstand 50-65m)
- Uitstroombak HWA-riool
- Boom

Opmerkingen

- Maatvoering in meters
- Alle hoogtes in meters t.o.v. NAP
- De ligging van de kabels en leidingen is indicatief en is gebaseerd op aangeleverde gegevens van een oriënterende KLIC-melding. De aannemer dient voorafgaand aan de werkzaamheden een grafmelding te doen.

Overzicht

PROJECT : Bemmell, Zandsestraat

ONDERWERP : Definitief Ontwerp

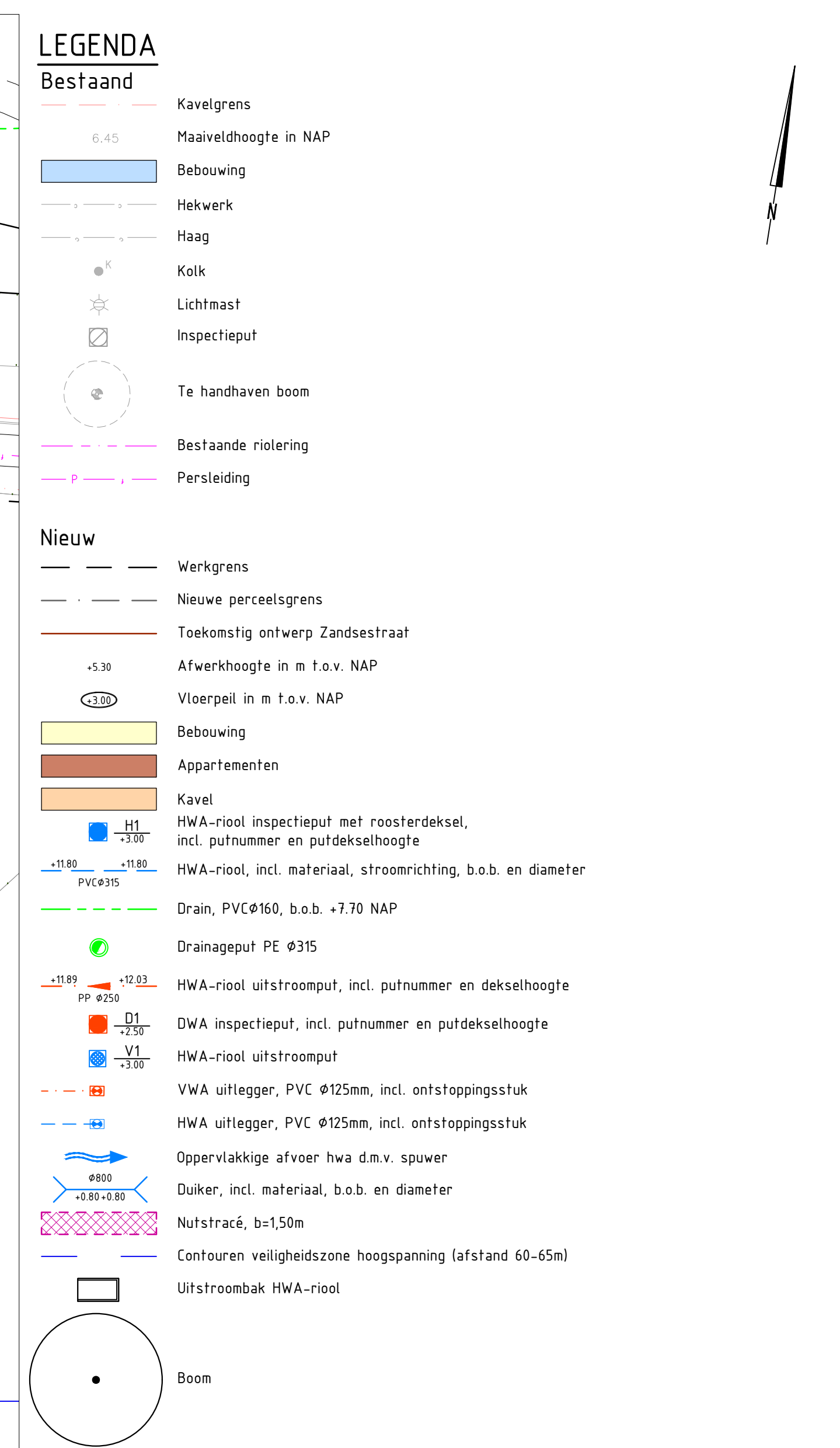
Ondergrondse situatie

Wijzigingen		Get		Tekeningsgegevens		Status	
Datum	Get	Datum	Get	Documentsoort	Tekening	Datum	Get
23-05-2025	jrm			Documentsoort	Tekening	20 januari 2025	Concept
				Tekenaar	asu		Definitief
				Gecontroleerd	pro		N.V.I.
				Schaal	1:250		Voor uitvoering
				Formaat	A0		Revisie

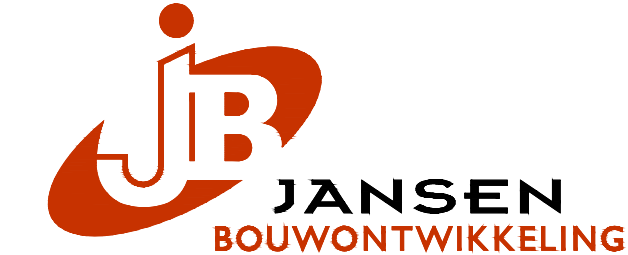
Veenendaal
0316 - 52 78 00
www.buroboot.nl

Bestand
Blad

K23-0754-001
02



- Maatvoering in meters t.o.v. NAP
- Alle hoogtes in meters t.o.v. NAP
- De ligging van de kabels en leidingen is indicatief en is gebaseerd op aangeleverde gegevens van een oriënterende KLIC-melding. De aannemer dient voorafgaand aan de werkzaamheden een graafmelding te doen.



Wolganen		Teleningsgewense		Status
				
Datum	Get	Documentno:	Tekening	
23-06-2025	jrn	Datum:	20 januari 2025	<input checked="" type="checkbox"/> Concept
		Tekenaar:	asu	<input checked="" type="checkbox"/> Definitief
		Gecontroleerd:	gro	<input checked="" type="checkbox"/> N.V.I.
		Schaal:	1:250	<input type="checkbox"/> Voor uitvoer
		Formaat:	A0	<input type="checkbox"/> Revisie
				<input type="checkbox"/>
Veendaal 031-61 52 78 50 www.bunboat.nl		Bestand: K23-0754-001 Blad: 03		

BOOT: INGENIEURS MET EEN VERHAAL

Een toekomstbestendige leefomgeving. Dat is het verhaal van BOOT. De ingenieurs van BOOT zijn actief binnen alle facetten van onze leefomgeving en leveren integrale advies- en managementdiensten. Jij kunt ons dan ook inzetten om projecten van A tot Z te regelen. Wij onderscheiden ons door onze risicogerichte aanpak, effectieve toepassing van data, circulaire denkkraft. En vooral: door onze mensen. Mensen vormen de kern van elk bedrijf, maar bij BOOT nog meer. Hoe verschillend ook, ze werken pragmatisch, nieuwsgierig en vooral sámen. Elke medewerker werkt met de kracht én ambitie van een compleet team achter zich.

De ingenieurs van BOOT: daar zit een verhaal achter.



Plesmanstraat 5
Veenendaal
0318 - 527 600

Postbus 509
3900 AM
Veenendaal

info@buroboot.nl
www.buroboot.nl