



AGT

ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES

Kauwlei Kontich

WATERHUISHOUDING

Rapport

30 november 2020





AGT

ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES

Colofon

Opdrachtgever:	Bouw en promotie Kawlei NV Entrepotkaai 1A – 2000 Antwerpen
Contactpersoon:	Koen De Meyer
Opdrachtnemer:	AGT nv – Adviesbureau inzake Grondwatertechnieken
Contactpersoon:	Yves Meyus
Projecttitel:	Kawlei Kontich
Projectreferentie:	AGT2606
Documenttitel:	Waterhuishouding
Documenttype:	Rapport
Documentreferentie:	2020 11 30-YMEY_LDEH-AGT2606-Rapport Waterhuishouding-v7
Datum:	30 november 2020
Versie:	1
Status:	Concept
Auteur(s):	Handtekening(en):
Lotte De Henau Technisch expert	
Nazicht door:	Handtekening:
ir. Yves Meyus Senior projectleider	

Het document is als één geheel te beschouwen, delen van het document mogen niet los van het geheel worden gebruikt. De gehanteerde gegevens in de berekeningen zijn geschatte waarden van de werkelijkheid op basis van metingen, literatuurwaarden en expertise. AGT nv kan niet aansprakelijk gesteld worden voor eventuele afwijkingen van parameters ten opzichte van de werkelijke waarden.



Inhoudsopgave

Colofon	2
1 Samenvatting.....	5
1.1 Bemaling riolering en ondergrondse verdieping tijdens de werken	5
1.2 Invloed ondergrondse kelderverdieping op natuurlijke grondwaterstroming na de werken	6
1.3 Buffervoorziening na de werken.....	6
1.4 Waterhuishouding na de werken	6
2 Inleiding	8
3 Gegevensverzameling.....	9
3.1 Grondonderzoek.....	9
3.2 Grondwaterstand.....	12
3.3 Hydrogeologisch profiel.....	16
3.4 Waterlopen.....	17
4 Bemalingsadvies riolering en ondergrondse parking	18
4.1 Inleiding	18
4.1.1 Vraagstelling.....	18
4.1.2 Onderzoeksstrategie	18
4.2 Referentiepeil	19
4.3 Gegevensverzameling en randvoorwaarden	19
4.3.1 Gegevens hydrogeologie.....	19
4.3.2 Gegevens projectsite	20
4.3.3 Gegevens omgeving.....	22
4.4 Theoretische zettingsberekeningen.....	24
4.4.1 Absolute zettingen	24
4.4.2 Differentiële zettingen	30
4.5 Bemalingsconcept	30
4.6 Milieutechnische berekeningen en effectbepalingen	31
4.6.1 Opbouw van het grondwatermodel	31
4.6.2 Berekening bemalingsdebiet en invloedsstraal	32
4.6.3 Effectbepalingen	36
4.7 Risico's en onzekerheden.....	43



4.8	Monitoring en nazorg	43
5	Invloed kelderverdieping op natuurlijke grondwaterstroming	44
5.1	Opbouw van het grondwatermodel	44
5.2	Modelresultaten	44
6	Infiltratie- of buffervoorziening.....	55
6.1	Randvoorwaarden	55
6.1.1	Infiltratiecapaciteit.....	55
6.1.2	Grondwaterstand	58
6.2	Type infiltratievoorziening/buffervoorziening.....	65
6.3	Besluiten	65
7	Waterhuishouding en afwatering terrein.....	66
7.1	Natuurlijke infiltratie in parkgebied.....	66
7.2	Gracht noordelijk deel terrein achter de woningen	66
7.3	Waterhuishouding achterzijde meergezinswoningen	68
7.4	Waterhuishouding voorzijde gebouwen	69
8	Samenvatting en besluiten.....	70
8.1	Bemaling riolering en ondergrondse verdieping tijdens de werken	70
8.2	Invloed ondergrondse kelderverdieping op natuurlijke grondwaterstroming na de werken ...	70
8.3	Buffervoorziening na de werken.....	71
8.4	Waterhuishouding na de werken	71
9	Literatuur.....	72
10	Bijlagen	73
10.1	Sonderingen projectsite	73
10.2	Boringen projectsite	83
10.3	DOV-boringen en sonderingen	86



1 Samenvatting

Ter hoogte van de Kauwlei te Kontich worden nieuwe meersgezingswoningen en woningen gebouwd, met één gemeenschappelijke ondergrondse kelderverdieping. Deze wordt aangelegd in 3 verschillende niveaus tot een maximale diepte van +13,73 mTAW. Tevens dient een nieuwe riolering aangelegd te worden waarvan de diepte varieert tussen ca. +13,34 en +14,37 mTAW. Ter hoogte van de projectsite varieert het maaiveldpeil tussen ca. +15,0 en +18,8 mTAW. Voor de aanleg van de ondergrondse verdieping en de riolering is een tijdelijke bemaling noodzakelijk om de bouwput droog te kunnen uitgraven. Aangezien de projectsite gelegen is naast het Broekbos, dat geclassificeerd is als mogelijk overstromingsgevoelig gebied, wordt nagegaan of de waterdichte ondergrondse constructie in permanente fase een invloed heeft op de lokale grondwaterstroming. Ook de maatregelen in zake de waterhuishouding op het terrein worden beschreven.

Ter hoogte van de projectsite komt aan het maaiveld lemig zand voor, dat lokaal fijner is en soms overgaat naar puur leem, met een dikte ca. 1 à 3 meter. Deze afzettingen behoren tot de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100). Vanaf ca. +13,9 mTAW komt een sterk glauconiethoudend zand voor, behorende tot de Zanden van Berchem (HCOV 0254). Het bovenste deel van deze afzettingen is relatief fijn, vanaf ca. +7,8 mTAW worden de Zanden van Berchem beduidend grover. Op ca. -1,0 mTAW wordt dit watervoerend pakket onderaan afgesloten door een plastische klei, behorende tot de Boom Aquitard (HCOV 0300).

1.1 Bemaling riolering en ondergrondse verdieping tijdens de werken

De bemaling kan uitgevoerd worden met behulp van een combinatie van gravitaire filters en dieptebronnen langsheen het traject van de riolering en rondom de ondergrondse verdieping. In het noordelijke gedeelte wordt de riolering bemaald aan de hand van een filterbemaling, in het zuidelijke deel worden dieptebronnen geplaatst langs één zijde van het rioleringstracé. Voor de ondergrondse parking worden de dieptebronnen rondom de bouwput geplaatst. Het opgepompte bemalingswater van de dieptebronnen zal deels geretourneerd worden via een retourbemaling, die gestuurd wordt op basis van opgemeten grondwaterpeilen tijdens de bemaling. Het bemalingsdebiet van de dieptebronnen varieert tussen ca. 30 en 95 m³/u. Nagenoeg al het grondwater dat door middel van de dieptebronnen opgepompt wordt, wordt geretourneerd aan de hand van de retourbronnen. Enkel tijdens de kortstondige bemaling van de liftputten kan niet al het bemalingswater geretourneerd worden. Het stationair bemalingsdebiet uit de filterbemaling bedraagt maximaal ca. 8,5 m³/u. Indien noodzakelijk, wordt aan de grens van het natuurgebied een extra oppervlakkige infiltratie georganiseerd via een greppel met het bemalingswater van de horizontale drains. Tevens zal, indien de kwaliteit van het bemalingswater het toelaat, via een buffercontainer bemalingswater beschikbaar gesteld worden voor de brandweer en de buurtbewoners en zal het bemalingswater gebruikt worden voor het benevelen van de werf om stof tijdens de werken te vermijden. Aangezien langsheen de woningen in de Kauwlei wegens plaatsgebrek geen retourbemaling kan worden voorzien, wordt langsheen de tuinen van deze woningen, in overleg met en indien gewenst door de eigenaars, een leiding met aftapkraantjes voorzien, waarvan de bewoners bemalingswater kunnen afnemen voor bijvoorbeeld het besproeien van hun tuin. Het eventueel resterende bemalingswater wordt geloosd op de bestaande gracht in het noordelijk gedeelte van de projectsite (maximale capaciteit ingeschat op



ca. 10 à 15 m³/u) en op de riolering in de Kauwlei. Er zijn geen onaanvaardbare absolute en differentiële zettingen te verwachten ter hoogte van de nabijgelegen gebouwen. De bemaling heeft geen significantie invloed op de waargenomen verontreinigingen in de omgeving van de projectsite. Het netto debiet (te lozen debiet) varieert tussen ca. 6 en 70 m³/u.

1.2 Invloed ondergrondse kelderverdieping op natuurlijke grondwaterstroming na de werken

De aanleg van de ondergrondse kelderverdieping blijkt slechts een verwaarloosbare invloed te hebben op de natuurlijke grondwaterstroming. De maximale opbolling van het grondwater ter hoogte van de kelderverdieping bedraagt maximaal 1,5 cm. Deze opbolling zal tegen gegaan worden door een horizontale drain rondom de volledige parking aan te leggen (zie Figuur 36 en Figuur 39). Deze horizontale drain zal in de permanente situatie, volgens het principe van communicerende vaten, het overtollige grondwater in het stroomopwaartse gebied afleiden naar de stroomafwaartse zone, waardoor het grondwaterpeil in beide zones op eenzelfde niveau zal komen te staan.

1.3 Buffervoorziening na de werken

Gezien de hoge grondwaterstanden, tot 1 m-mv in natte periodes, is het plaatsen van een infiltratievoorziening op de projectsite weinig zinvol. Rekening houdend met deze hoge grondwaterstand wordt best een buffervoorziening geplaatst in combinatie met een vertraagde afvoer. De bufferputten zullen aangesloten worden op de overloop van de hemelwaterputten.

1.4 Waterhuishouding na de werken

Om de (grond)waterhuishouding ter hoogte van de projectsite te optimaliseren, worden enkele maatregelen genomen:

- De bestaande gracht in het noordelijk gedeelte (nummer 2 op Figuur 50) van het terrein zal worden geherprofileerd. Het regenwater dat niet natuurlijk infiltreert op het terrein, zal opgevangen worden in deze gracht en afgevoerd worden in de richting van de bestaande gracht richting de Broekbosstraat (nummer 1 op Figuur 50).
- Aan de achterzijde van de nieuwe meergezinswoningen wordt een nieuwe gracht (nummer 3 op Figuur 50) aangelegd die afwatert richting de bestaande gracht in de Broekbosstraat (nummer 1 op Figuur 50). In deze nieuwe gracht worden overstortdrempels voorzien, die ervoor zorgen dat het regenwater dat in de gracht opgevangen wordt eerder zal infiltreren, dan meteen afgevoerd te worden. Enkel bij hevige regenval zal het opgevangen regenwater overheen de overstortdrempels stromen en afgevoerd worden richting de bestaande gracht in de Broekbosstraat. Op deze gracht worden ook de vertraagde afvoeren van de bufferputten aangesloten.
- Aan de voorzijde van het gebouw, in het parkgebied, wordt op ca. 10 meter van de brandweg een langsdepressie in het landschap gecreëerd, gerealiseerd aan de hand van microreliëf, naar waar het regenwater gravitair afgevoerd kan worden bij hevige neerslag en vervolgens gravitair afgevoerd kan worden richting de gracht in de Broekbosstraat (nummer 1 op Figuur 50). In deze langsdepressie (nummer 4 op Figuur 50) blijft geen water staan, het is enkel een lichte glooiing (microreliëf) in het landschap die bij hevige neerslag het overtollige



neerslagwater opvangt, buffert, infiltreert en afvoert. Zo worden de nieuwe en bestaande gebouwen en het parkgebied gevrijwaard van mogelijke overstromingen bij hevige regenval.

- De horizontale drain (zie Figuur 36 en Figuur 39), gebruikt om de opbolling van het grondwater ter hoogte van de ondergrondse constructie tegen te gaan, zal bij hevige neerslag het regenwater dat richting de gebouwen stroomt versneld kunnen afvoeren naar het grondwater.
- Onder de nieuwe wegenis wordt een drainageleiding voorzien (zie Figuur 36), aangesloten op de horizontale drain rondom de ondergrondse kelderverdieping. Deze drainageleiding zal het neerslagwater, dat op de wegenis valt, gravitair afvoeren naar de horizontale drain, waar het neerslagwater vervolgens naar het grondwater kan stromen.

2 Inleiding

Ter hoogte van de Kauwlei te Kontich worden nieuwe meergezinswoningen en woningen gebouwd. De projectlocatie wordt weergegeven op Figuur 1. Tevens wordt één ondergrondse verdieping parking aangelegd. Deze wordt aangelegd in 3 verschillende niveaus tot een maximale diepte van +13,73 mTAW. Tevens dient een nieuwe riolering aangelegd te worden waarvan de diepte varieert tussen ca. +13,34 en +14,37 mTAW. Ter hoogte van de projectsite varieert het maaiveldpeil tussen ca. +15,0 en +18,8 mTAW. Voor de aanleg van de parking en de riolering is een tijdelijke bemaling noodzakelijk om de bouwput droog te kunnen uitgraven. Rekening houdend met de beschikbare gegevens en de relevante milieutechnische en andere randvoorwaarden wordt in deze studie een bemalingsconcept opgesteld en het noodzakelijke bemalingsdebiet en de effecten van de bemaling op de omgeving bepaald.

Aangezien de projectsite gelegen is naast het Broekbos, dat geclassificeerd is als mogelijk overstromingsgevoelig gebied, dient nagegaan te worden of de geplande waterdichte ondergrondse constructie in permanente fase een invloed heeft op de lokale grondwaterstroming. Tevens wordt in deze studie op basis van de bodemsamenstelling en de grondwaterstand bekeken welke maatregelen er genomen kunnen worden in zake de waterhuishouding op het terrein.



Figuur 1: Locatie van de projectsite.

3 Gegevensverzameling

In het kader van het bemalingsadvies en het onderzoek naar de (grond)waterhuishouding ter hoogte van de projectsite werd bijkomend grondonderzoek uitgevoerd in verschillende stappen. Een algemeen overzicht van deze waarnemingen op het terrein wordt gegeven in deze paragraaf.

3.1 Grondonderzoek

Op 11 tot en met 13 maart 2019 werden door Geosonda 24 elektrische 20-ton sonderingen uitgevoerd. De locatie van de sonderingen wordt weergegeven op Figuur 2, de sondeergrafieken in Bijlage 10.1. Tevens werden in het noorden van de projectsite op 20 april 2020 drie boringen uitgevoerd voor het plaatsen van peilbuizen. De locatie van deze boringen worden eveneens weergegeven in Figuur 2, de boorprofielen in Bijlage 10.2.



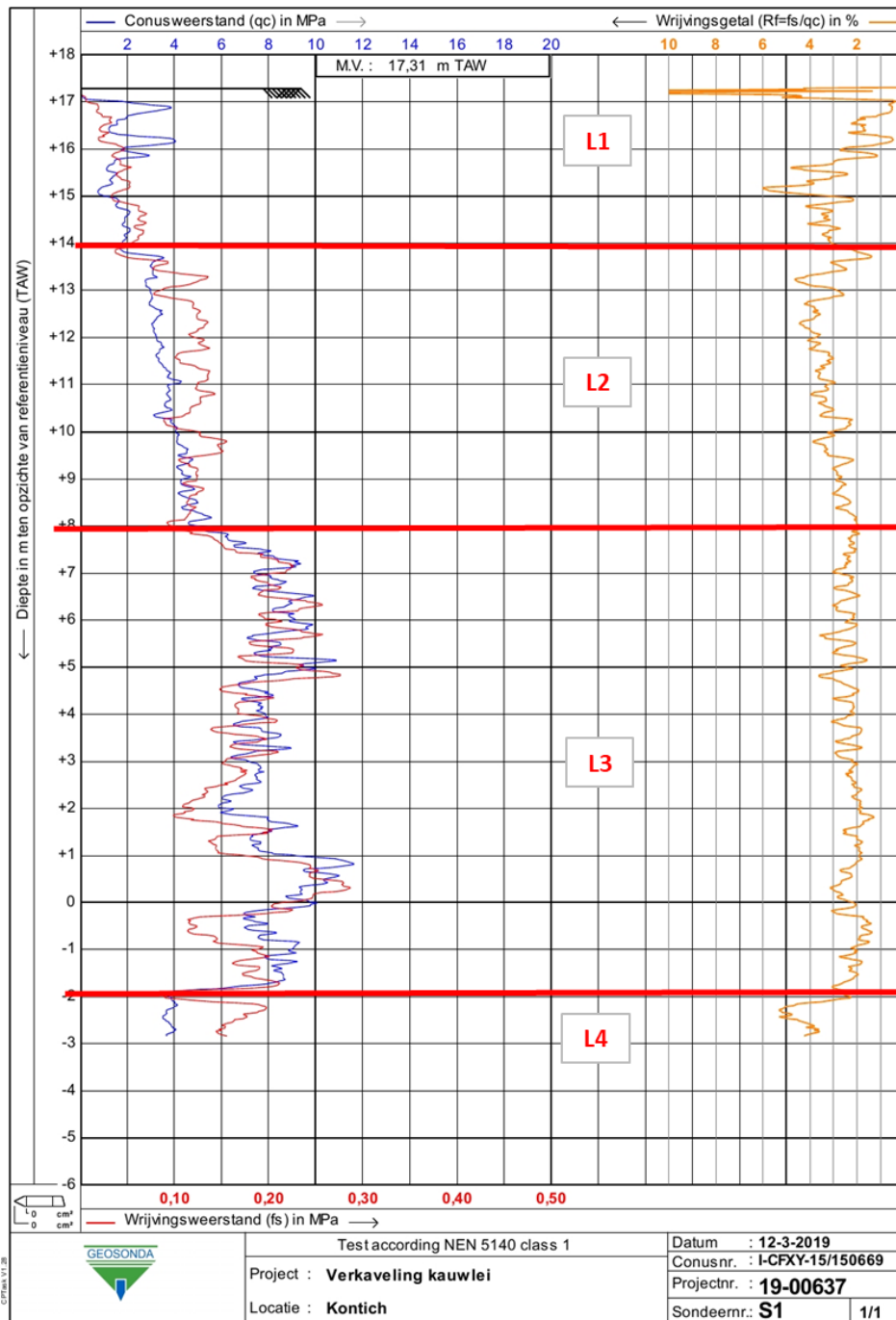
Figuur 2: Locatie van de sonderingen en boringen uitgevoerd op de projectsite.

Op basis van de gemeten conusweerstand in de sonderingen, de boorstaten en de tabel met karakteristieke grondparameters in Eurocode 7 (NBN EN 1997-1 ANB) werd de ondergrond ter hoogte van de projectsite opgedeeld in 4 grondlagen (Tabel 1, Figuur 3).

Uit de boringen en sonderingen kan afgeleid worden dat de bodemopbouw ter hoogte van de projectsite aan het maaiveld bestaat uit lemig zand, dat lokaal fijner is en soms overgaat naar puur leem. Deze laag heeft een dikte van ca. 1 à 3 meter. Deze afzettingen behoren tot de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100).



Vanaf ca. +13,9 mTAW komt een sterk glauconiethoudend zand voor, behorende tot de Zanden van Berchem (HCOV 0254). Het bovenste deel van deze afzettingen is relatief fijn, vanaf ca. +7,8 mTAW worden de Zanden van Berchem beduidend grover. Op ca. -1,0 mTAW wordt dit watervoerend pakket onderaan afgesloten door een plastische klei, behorende tot de Boom Aquitard (HCOV 0300).



Figuur 3: Sondeergrafiek S1 (Geosonda) met aanduiding van de laagindeling.

Tabel 1: Indeling in grondlagen volgens de sonderingen uitgevoerd door Geosonda.

Sondering	Maaiveld	Basis L1		Basis L2		Basis L3	
	mTAW	m-mv	mTAW	m-mv	mTAW	m-mv	mTAW
S1	17.31	3.51	13.80	9.31	8.00	19.21	-1.90
S2	16.78	3.38	13.40	8.78	8.00	18.48	-1.70
S3	16.65	3.85	12.80	8.65	8.00	18.25	-1.60
S4	16.68	3.68	13.00	8.88	7.80	18.18	-1.50
S5	16.43	2.93	13.50	7.13	9.30	17.63	-1.20
S6	16.65	2.65	14.00	7.65	9.00	17.85	-1.20
S7	16.44	2.64	13.80	6.94	9.50	17.44	-1.00
S8	16.73	16.73		7.43	9.30	17.73	-1.00
S9	16.45	3.65	12.80	7.25	9.20	17.35	-0.90
S10	16.53	2.03	14.50	10.03	6.50	17.43	-0.90
S11	16.20	3.20	13.00	9.20	7.00	16.90	-0.70
S12	15.89	1.39	14.50			16.39	-0.50
S13	16.23	1.23	15.00	7.73	8.50	17.03	-0.80
S14	16.09	1.59	14.50	9.59	6.50	16.99	-0.90
S15	15.65	1.35	14.30	8.35	7.30	16.15	-0.50
S16	15.65	1.65	14.00			16.15	-0.50
S17	15.75	4.25	11.50			16.55	-0.80
S18	15.52	1.52	14.00	8.02	7.50	16.02	-0.50
S19	16.04	1.04	15.00	8.74	7.30	16.84	-0.80
S20	16.00	1.20	14.80	8.70	7.30	16.80	-0.80
S21	16.24	1.24	15.00	9.24	7.00	17.14	-0.90
S22	16.32	1.82	14.50	9.82	6.50	17.32	-1.00
S23	16.27	1.77	14.50	9.37	6.90	17.17	-0.90
S24	16.00	1.10	14.90			16.80	-0.80
Gemiddelde	16.27	2.89	13.96	9.75	7.82	17.24	-0.97

In de omgeving van de site zijn verschillende DOV-boringen en -sonderingen uitgevoerd. De locatie van deze boringen wordt weergegeven op Figuur 4, de sondeergrafieken en boorbeschrijvingen zijn te vinden in Bijlage 10.3. De DOV-boringen en -sonderingen bevestigen de grondopbouw waargenomen in de sonderingen en boringen uitgevoerd op de projectsite.



Figuur 4: Locatie van de DOV-boringen en -sonderingen in de omgeving van de projectsite.

3.2 Grondwaterstand

Op de projectsite werden op 12 maart 2019 vijf peilbuizen geplaatst met een filterstelling tussen 4 en 6 meter diepte ten opzichte van het lokale maaiveld. De locatie van de peilbuizen wordt weergegeven op Figuur 5, de algemene gegevens van de peilbuizen in Tabel 2. Om een adequaat beeld te krijgen van de grondwaterpeilen in het noordelijke gedeelte van de projectsite werden op 20 april 2020 drie extra peilbuizen (PB6-PB8) geplaatst tot een diepte van 7 m-mv. De locatie van deze peilbuizen wordt eveneens weergegeven in Figuur 5, de gegevens van de peilbuizen in Tabel 2. De peilbuizen hebben allen een filterstelling in de Zanden van Berchem (HCOV 0254).

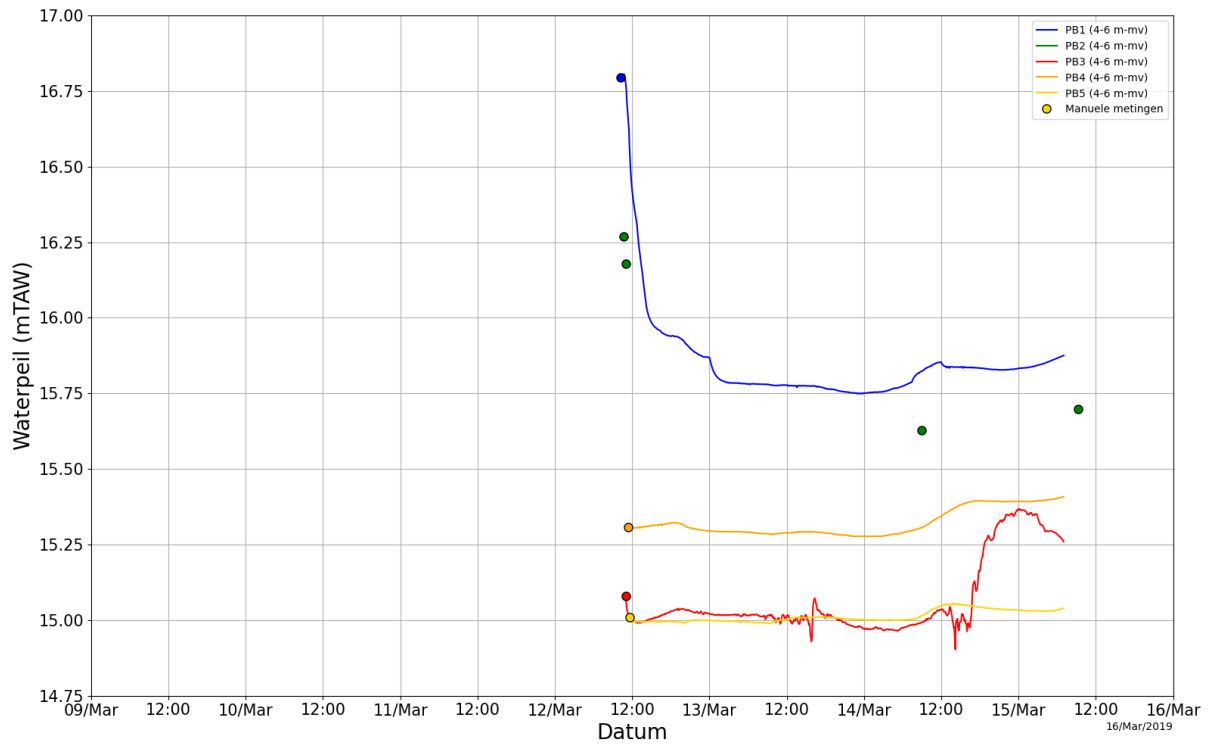


Figuur 5: Locatie van de peilbuizen.

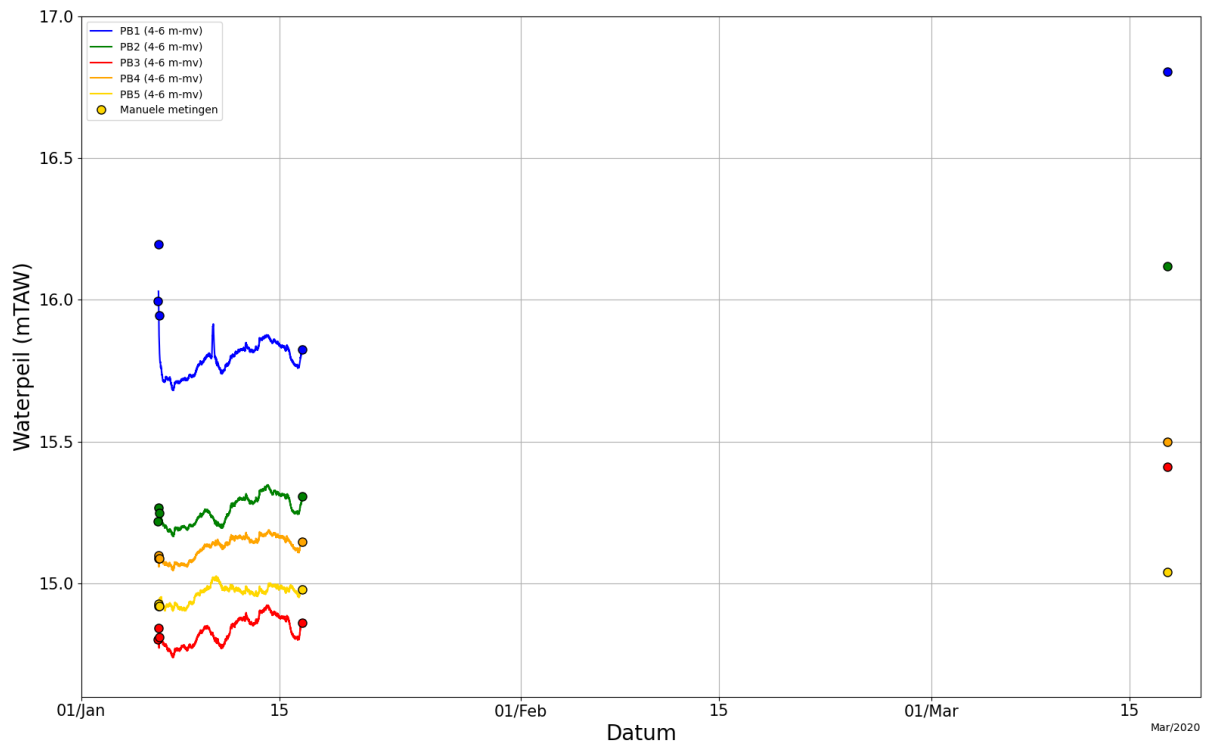
Tabel 2: Gegevens van de peilbuizen geplaatst op de projectsite.

Peilbuis	x (m)	y (m)	z (mTAW)	Filterstelling (m-mv)	Filterstelling (mTAW)
PB1	157279	202257	+17.80	4.0 – 6.0	+13.80 tot +11.80
PB2	157234	202365	+17.28	4.0 – 6.0	+13.28 tot +11.28
PB3	157180	202488	+16.85	4.0 – 6.0	+12.85 tot +10.85
PB4	157203	202341	+16.05	4.0 – 6.0	+12.05 tot +10.05
PB5	157146	202326	+15.11	4.0 – 6.0	+11.11 tot +9.11
PB6	157152	202463	+15.88	5.0 – 7.0	+10.88 tot +8.99
PB7	157120	202576	+15.60	5.0 – 7.0	+10.60 tot +8.60
PB8	157086	202638	+15.69	5.0 – 7.0	+10.69 tot +8.69

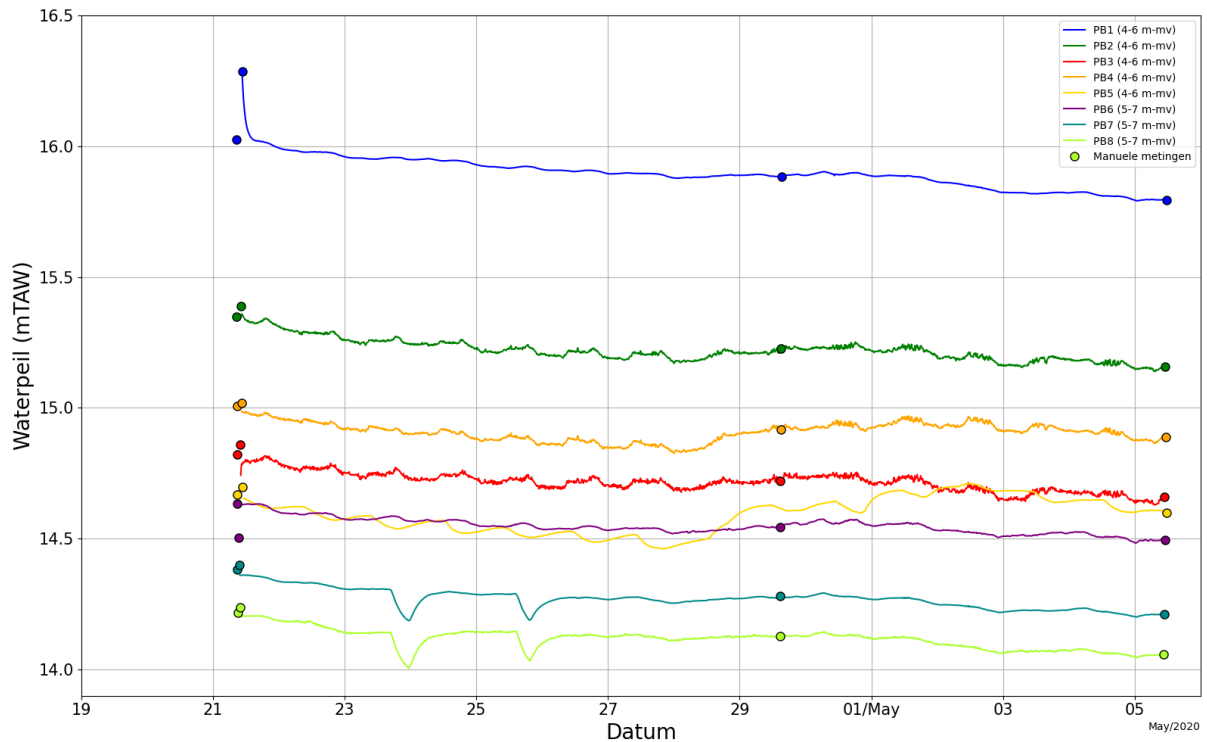
De grondwaterpeilen werden in de peilbuizen gedurende drie periodes opgemeten met behulp van automatische drukopnemers. Tevens werd een manuele meting uitgevoerd op 17 maart 2020 naar aanleiding van de hoge neerslaghoeveelheid die gevallen was in de voorafgaande periode. De opgemeten grondwaterpeilen in mTAW worden weergegeven in Figuur 6 tot en met Figuur 8 voor de drie meetperiodes. Uit deze figuren kan besloten worden dat het grondwaterpeil ter hoogte van de projectsite varieert tussen ca. +14,0 en +16,0 mTAW. Verder blijkt dat het grondwaterpeil onder invloed van een periode met veel neerslag tot 1 meter hoger kan liggen (zie Figuur 7).



Figuur 6: Opgemeten grondwaterpeilen (mTAW) in de periode tussen 12 en 15 maart 2019.

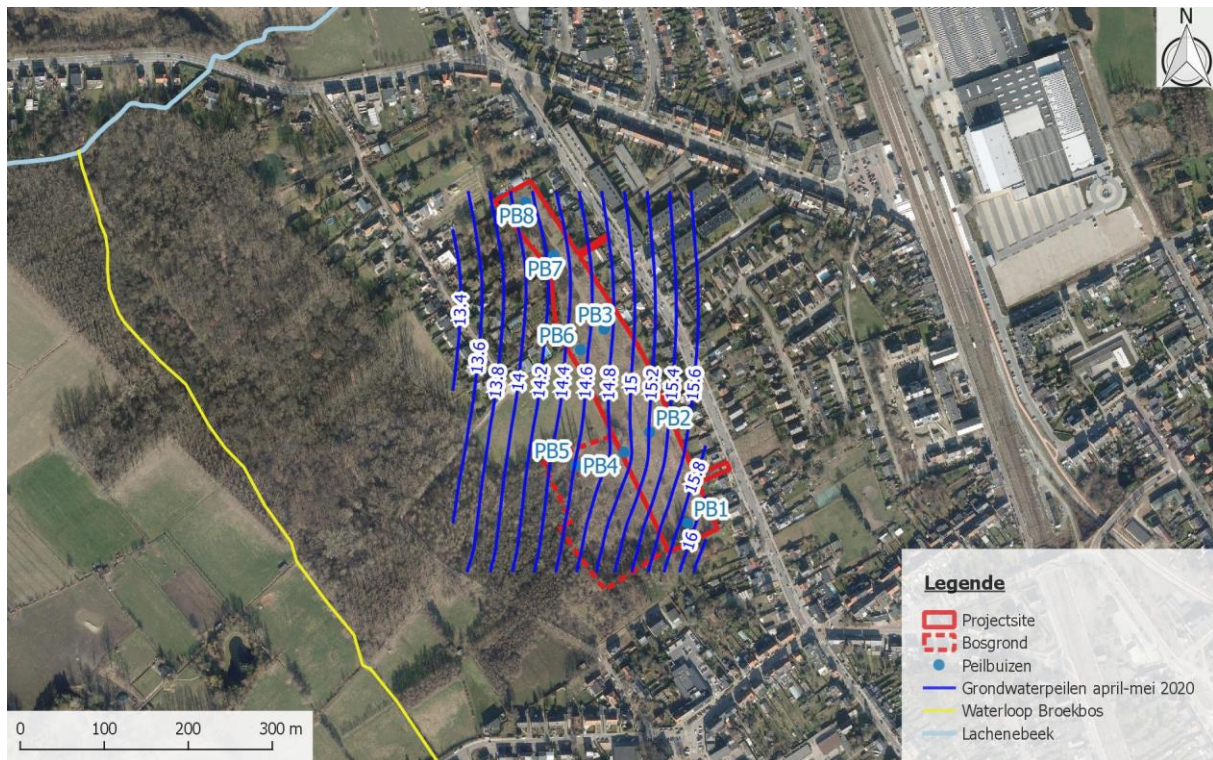


Figuur 7: Opgemeten grondwaterpeil (mTAW) in de periode tussen 6 en 16 januari 2020 en de manuele opmeting van het grondwaterpeil op 17 maart 2020.



Figuur 8: Opgemeten grondwaterpeilen (mTAW) in de periode tussen 21 april en 5 mei 2020.

Aan de hand van de gemiddelde opgemeten grondwaterpeilen tussen 21 april en 5 mei 2020 werd een contourkaart van de grondwaterstand opgesteld (zie Figuur 9). Uit deze figuur kan besloten worden dat het grondwater in natuurlijke toestand afstroomt richting de Lachenebeek en de waterloop in het Broekbos (zie paragraaf 3.4).



Figuur 9: Contouren van de grondwaterstand op basis van de gemeten grondwaterstand op de projectsite.

3.3 Hydrogeologisch profiel

Uit de beschikbare gegevens (boringen, sonderingen) werd volgend hydrogeologisch profiel afgeleid ter hoogte van het projectgebied (zie Figuur 10):

- +18,9 tot +13,9 mTAW: Leemhoudend fijn zand tot leem, behorende tot de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100);
- +13,9 tot -1,0 mTAW: Glauconiethoudend zand, behorende tot de Zanden van Berchem (HCOV 0254);
- Vanaf -1,0 mTAW: Klei, behorende tot de Boom Aquitard (HCOV 0300).

Grondwaterstand varieert tussen +14,0 en +16,0 mTAW.



Figuur 10: Vereenvoudigd hydrogeologisch profiel ter hoogte van de projectsite.

3.4 Waterlopen

In de omgeving van de projectsite zijn verschillende waterlopen aanwezig. De locatie van deze waterlopen wordt weergegeven op Figuur 11.

Ten noorden en ten zuiden van de projectsite zijn volgens de Vlaamse Hydrografische Atlas (VHA) twee waterlopen gelegen, namelijk de Lachenebeek en de Babbelsebeek. Voor beide waterlopen is geen waterpeil bekend. Op de portaalsite van de Vlaamse waterbeheerders (www.waterinfo.be) blijkt dat ook in het Broekbos een waterloop aanwezig is. Ook voor deze waterloop is geen waterpeil gekend.



Figuur 11: Ligging van de waterlopen in de omgeving rondom de projectsite.

4 Bemalingsadvies riolering en ondergrondse parking

4.1 Inleiding

4.1.1 Vraagstelling

Voor de bouw van een nieuwbouwproject langsheen de Kauwlei te Kontich wordt één ondergrondse verdieping parking en een riolering aangelegd. Ter hoogte van de projectsite varieert het maaiveldpeil tussen ca. +15,0 en +18,8 mTAW. De ondergrondse kelderverdieping wordt aangelegd in 3 niveaus tot een maximale diepte van +13,73 mTAW. De diepte van de riolering varieert tussen ca. +13,34 en +14,37 mTAW. Aangezien het grondwaterpeil in rust ter hoogte van de riolering en ondergrondse parking varieert tussen +14,5 en +15,9 mTAW, is een bemaling noodzakelijk om de bouwput droog te kunnen uitgraven. De maximale grondwaterverlaging ten opzichte van het huidige grondwaterpeil in rust bedraagt ca. 2,1 meter.

4.1.2 Onderzoeksstrategie

Door de opdrachtgever werden de uitvoeringsplannen van de nieuwe riolering en de ondergrondse verdieping aangereikt. Op de projectsite werden boringen en sonderingen uitgevoerd en peilbuizen geplaatst waarin het grondwaterpeil opgemeten werd. Deze gegevens werden aangevuld met informatie afkomstig van DOV (Databank Ondergrond Vlaanderen) en van naburige projecten van AGT nv.



Op basis van de beschikbare hydrogeologische gegevens en geometrische randvoorwaarden werd een bemalingsadvies opgesteld waarbij de volgende aandachtspunten onderzocht worden:

- Gegevensverzameling en bespreking milieutechnische en andere randvoorwaarden;
- Berekening absolute en differentiële zettingen;
- Praktische uitvoering van de bemaling;
- Opmaak van een numeriek grondwatermodel ter bepaling van het te verpompen debiet en de invloedsstraal van de bemaling;
- Bespreking effecten op de omgeving;
- Noodzakelijke monitoring en nazorg.

4.2 Referentiepeil

Op de landmetersplannen en architectenplannen worden alle hoogtes in mTAW opgegeven. Ook de peilbuizen, boringen en sonderingen werden ingemeten ten opzichte van het TAW-peil. De peilen worden in dit bemalingsadvies eveneens in mTAW weergegeven.

4.3 Gegevensverzameling en randvoorwaarden

Deze paragraaf geeft een overzicht van de verschillende gegevens die voorhanden zijn bij de aanvang van het bemalingsadvies, alsook de relevante milieutechnische en andere randvoorwaarden.

4.3.1 Gegevens hydrogeologie

4.3.1.1 Hydrogeologische parameters

De hydrogeologische parameters voor de verschillende grondwaterlichamen, gehanteerd in het numeriek grondwatermodel (zie paragraaf 4.6.1), werden afgeleid aan de hand van de conusweerstand in de sonderingen en de aangegeven gemiddelde doorlatendheden in VMM (2008)^[4] (zie Tabel 3). De aangenomen hydrogeologische parameters werden weergegeven in Tabel 4.



Tabel 3: Hydrogeologische parameters voor de aangetroffen grondwaterlichamen aangegeven in VMM (2008)^[4].

Sub-eenheid	Benaming	Basis-eenheid	Benaming	Lithologie	Gemiddelde Kh (m/dag)	Range Kh (m/dag)	Gemiddelde dikte (m)	Maximale Dikte (m)
0200	Kempens Aquifersysteem				11	0,02 - 46	106	422
0220	Klei-zand-complex van de Kempen				9	5 - 15	25	56
		0221	Klei van Turnhout	silthoudende kleien	0,2		7	21
		0222	Zand van Beerse	bruinigrijze zanden met humeuze tot venige lagen	15		6	18
		0223	Klei van Rijkevorsel	grijze tot blauwgrijze silthoudende kleien	0,2		19	45
0230	Pleistoceen en Pliocene Aquifer				14	0,5 - 46	28	130
		0231	Zanden van Brasschaat en/of Merksplas	witte tot witgrijze kwartzanden van middelmatige korrelgrootte met schelpengruis aan de basis	21	6 - 46	17	48
		0232	Zand van Mol	witte zuivere kwartzanden van middelmatige tot grove korrelgrootte met lignietlagen en kleilagen	11	0,5 - 30	21	78
		0233	Zandige top van Lillo	grijsgroene tot bruinigrijze glauconiethoudende zanden met zandsteenbanken	10	5 - 18	10	42
		0234	Zand van Poederlee en/of zandige top van Kasterlee	fijne zanden; licht glauconiethoudend, zwak kleihoudend	5	0,6 - 10	17	74
0240	Pliocene kleiige laag			licht zandige en glauconiethoudende kleien	0,1	0,02 - 0,17	8	46
0250	Mioceen Aquifersysteem				9	0,03 - 35	85	364
		0251	Zand van Kattendijk en/of onderste zandlaag van Lillo	grijsgroen glauconietzand met schelpfragmenten	10	4 - 20	8	35
		0252	Zand van Diest	groengrijze tot limonietbruine glauconiethoudende grove zanden; kleirijke en micarrijke zones; limonietversterking boven (continentaal); bleekgele zanden en kwartzanden	12	0,2 - 35	69	181
		0253	Zand van Bolderberg	onder (marien): micarrijke fossielhoudende glauconietzanden van fijne tot middelmatige korrelgrootte	10		33	157
		0254	Zanden van Berchem en/of Voort	donkergroene kleihoudende fossielrijke glauconietzanden	6	0,03 - 18	27	170
		0256	Zand van Eigenbilzen	donkergroene glauconietrijke zanden van fijne tot middelmatige korrelgrootte	1,7	0,2 - 3	31	114

Tabel 4: Beschouwde hydrogeologische parameters in het bemalingsadvies.

Top (mTAW)	Basis (mTAW)	Lithologie	Kh (m/d)	Kv (m/d)	Ss (1/m)	Sy (-)
+18.9	+13.9	Leemhoudend zand tot leem Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100)	0.2	0.05	0.00001	0.15
+13.9	+7.8	Fijn glauconiethoudend zand Zanden van Berchem (HCOV 0254)	3.0	1.0	0.00001	0.15
+7.8	-1.0	Matig grof glauconiethoudend zand Zanden van Berchem (HCOV 0254)	6.0	2.0	0.00001	0.15

4.3.2 Gegevens projectsite

De projectsite bevindt zich langsheen de Kauwlei te Kontich (zie Figuur 1).

Op de projectsite wordt een nieuwe riolering aangelegd. Het uitgravingspeil varieert langsheen het traject van de riolering tussen ca. +13,34 en +14,37 mTAW. Voor een weergave van de uitgravingspeilen wordt verwezen naar het rioleringsplan in de verkavelingsvergunning.

Voor de realisatie van een ondergrondse verdieping wordt een uitgraving gerealiseerd in 3 niveaus, voor blok B1 bedraagt het uitgravingspeil +14,33 mTAW, voor de blokken A1 en A2 +14,03 mTAW en voor blok B2 +13,73 mTAW. De uitgravingsniveaus worden weergegeven op Figuur 12. De bouwput heeft een grootte van ca. 18,25 bij 266 meter en een oppervlakte van ca. 5.164 m³.



Aangezien het grondwaterpeil in rust zich ter hoogte van de kelderverdieping en de riolering tussen +14,5 en +15,9 mTAW bevindt, dient een bemaling geplaatst te worden om de bouwput voor de kelderverdieping en de riolering droog te kunnen uitgraven. Het grondwater dient maximaal ca. 2,1 meter verlaagd te worden tot een halve meter onder het uitgravingsniveau.

Verspreid over de kelderverdieping worden 14 liftputten geplaatst. Het uitgravingsniveau van de liftputten (en bijgevolg ook het bemalingsniveau) ligt 1,45 meter dieper dan de het algemeen uitgravingsniveau van de omliggende kelderverdieping. Voor het plaatsen van de liftputten dient slechts kortstondig dieper bemalen te worden (ca. 14 dagen).



Figuur 12: Locatie van de bouwput voor de ondergrondse verdieping met de uitgravingspeilen.

Tabel 5: Overzicht van de uitgravings- en bemalingspeilen.

Zone	GWS in rust <i>mTAW</i>	Uitgraving <i>mTAW</i>	Bemaling <i>mTAW</i>	GW verlagings <i>m</i>
Maaiveldpeil		16.5 - 17.8	-	-
Onderkant funderingsplaat blok B1	+15.9	+14.33	+13.83	2.07
Onderkant liftput blok B1	+15.9	+12.88	+12.38	3.52
Onderkant funderingsplaat blok A	+15.5	+14.03	+13.53	1.97
Onderkant liftput blok A	+15.5	+12.58	+12.08	3.42
Onderkant funderingsplaat blok B2	+14.8	+13.73	+13.23	1.57
Onderkant liftput blok B2	+14.8	+12.28	+11.78	3.02

Afmetingen bouwput (m * m):	18.25 * 266
Oppervlakte bouwput (m³):	5164



4.3.3 Gegevens omgeving

4.3.3.1 Lozingsmogelijkheden

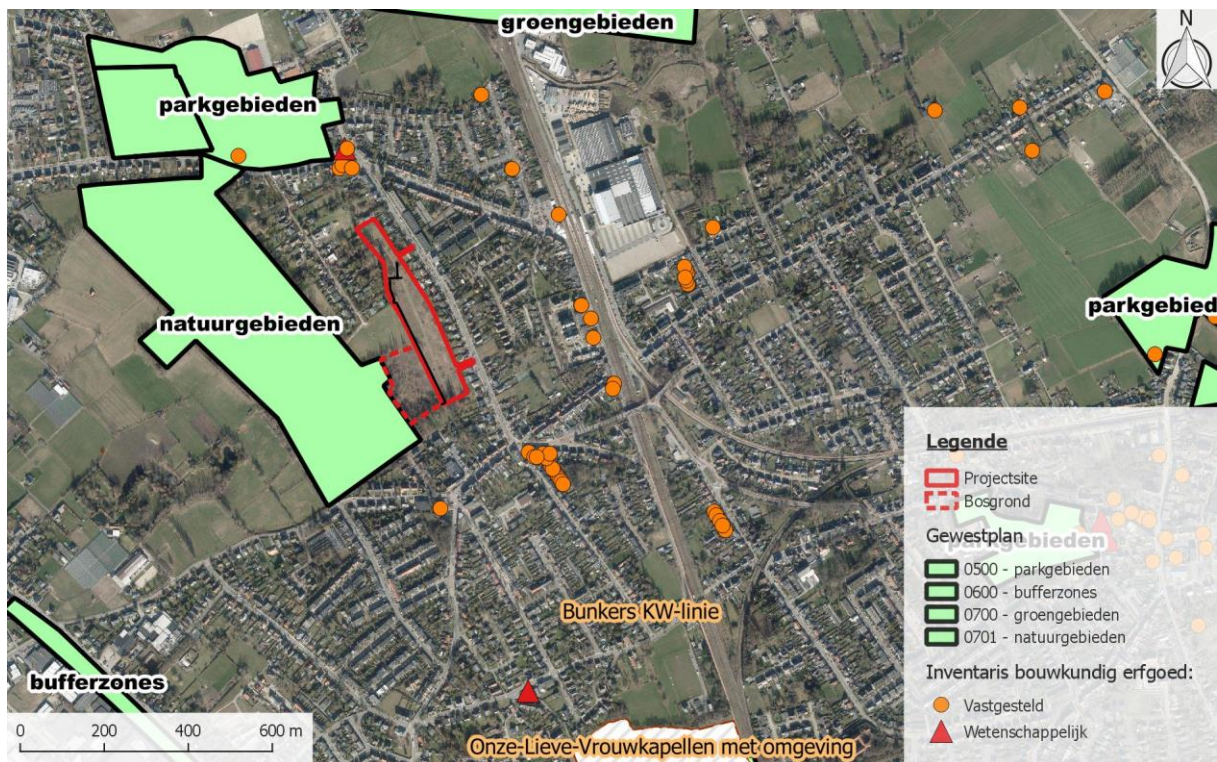
Conform de “Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu (2019)” dient het bemalingswater, wanneer het technisch en praktisch uitvoerbaar is, geretourneerd te worden door middel van diepe infiltratie (retourbronnen) of door oppervlakte-infiltratie (door middel van infiltratiebekkens en/of-grachten). Er kan enkel geretourneerd worden op een voldoende grote afstand van de bemaling en indien er ruimte beschikbaar is.

Om de invloed van de bemaling op de omgeving zo sterk mogelijk te beperken, zal het bemalingswater geretourneerd worden met behulp van een retourbemaling. De retourbemaling zal aangestuurd worden op basis van de opgemeten grondwaterpeilen in de omgeving tijdens de bemaling. Het resterende bemalingswater, dat via de retourbemaling niet geretourneerd kan worden, zal indien noodzakelijk, aan de grens van het natuurgebied oppervlakkig geïnfiltreerd worden via een greppel, indien de kwaliteit van het bemalingswater het toestaat, in een buffercontainer ter beschikking gesteld worden van de brandweer en de omwonende buurtbewoners en gebruikt worden voor het benevelen van de werf om stof tijdens de werken te vermijden. Aangezien er langsheen de woningen in de Kawlei wegens plaatsgebrek geen retourbemaling kan worden voorzien, wordt ter hoogte van de tuinen van deze woningen, in overleg met en indien gewenst door de eigenaars, een leiding met aftapkraantjes voorzien waarvan de bewoners bemalingswater kunnen afnemen voor bijvoorbeeld het besproeien van hun tuin. Indien daarna nog bemalingswater overblijft, zal dit geloosd worden op de bestaande gracht in het noordelijk gedeelte van de projectsite en op de riolering in de Kawlei. De bemaling zal zo afgesteld worden dat het lozingsdebiet in de riolering steeds kleiner blijft dan 10 m³/u.

4.3.3.2 Bijzonder beschermde gebieden

Er werd nagegaan of in de omgeving van de projectsite bijzonder beschermde gebieden aanwezig zijn. Op Figuur 13 wordt een overzicht gegeven van de bijzonder beschermde gebieden in de omgeving van de projectsite. Uit deze figuur blijkt dat in de directe omgeving van de projectsite geen Habitatrictlijngebieden, Vogelrichtlijngebieden of VEN- en IVON-gebieden aanwezig zijn. In de omgeving is wel bouwkundig erfgoed aanwezig. Dit bouwkundig erfgoed dient gevrijwaard te worden van mogelijke zettingsrisico's ten gevolge van de bemaling. Hierom dient de eventuele invloed van de bemaling op de omgeving betreffende zettingen in detail bekeken worden.

In de omgeving zijn volgens het gewestplan tevens enkele natuurgebieden en parkgebieden aanwezig.



Figuur 13: Speciale beschermingszones in de omgeving van de projectsite.

4.3.3.3 Gekende verontreinigingen in de omgeving van de projectsite

Via het geologet van OVAM werd nagegaan of er bodemonderzoeken uitgevoerd zijn in de omgeving van de projectsite. Het is immers van belang om geen mogelijk aanwezige, mobiele grondwaterverontreinigingen te verplaatsen of aan te trekken door bemalingswerken. In de omgeving van de projectsite zijn meerdere bodemonderzoeken uitgevoerd. De locaties en de dossiernummers van de bodemonderzoeken worden weergegeven op Figuur 14. De mogelijke invloed van de bemaling op de relevante dossiers wordt verder in dit advies bestudeerd.



Figuur 14: Uitgevoerde bodemonderzoeken in de omgeving van de projectsite.

4.4 Theoretische zettingsberekeningen

4.4.1 Absolute zettingen

Bij het uitvoeren van grondwaterverlagingen is een zekere samendrukking van de grondwaterlagen te verwachten, die zettingen aan het maaiveld kunnen veroorzaken. De zetting van het maaiveld is afhankelijk van de samendrukbaarheid van de grond en de toename in korrelspanning. De korrelspanning komt overeen met het verschil tussen de gronddruk (gewicht van de grond) en de waterdruk. Door het verlagen van het grondwaterpeil neemt de waterdruk af, en neemt de effectieve korrelspanning toe. Theoretische absolute zettingen worden berekend door middel van de formule van Terzaghi:

$$\Delta H = \frac{h}{C} \ln \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right)$$

- ΔH : theoretische absolute eindzetting (m);
- H: dikte van grondpakket waarover zetting wordt berekend (m);
- C: samendrukkingsconstante [C: $\alpha^*(qc/\sigma_1)$];
- σ_1 : korrelspanning in rusttoestand (kN/m^3);
- σ_2 : korrelspanning na grondwaterverlaging (kN/m^3).



De samendrukkingsconstante C wordt berekend op basis van de conusweerstand q_c uit de sondeergegevens en de α -waarde van de betreffende grondlaag ($C = \alpha \cdot q_c / \sigma_1$). De gronddruk wordt berekend op basis van de droge en natte volumegewichten van de grondlagen en de grondwaterstand.

De volumegewichten en α -waarden van de verschillende grondlagen worden afgeleid op basis van de tabel met karakteristieke grondparameters in Eurocode 7 (NBN EN 1997-1 ANB; Tabel 6)

Voor de berekeningen wordt het gemiddelde grondwaterpeil, waargenomen in de dichtstbij de sondering gelegen peilbuis, aangenomen.

Voor tertiaire afzettingen wordt een historische voorbelasting aangenomen waarbij de samendrukkingsconstante C in de formule van Terzaghi vervangen werd door een herbelastingsconstante A . Volgens de richtlijnen bemalingen (2019) kan er gesteld worden dat:

- $A = 1 \cdot C$ voor veen;
- $A = 3 \cdot C$ voor kleiige lagen;
- $A = 4 \cdot c$ voor lemige lagen;
- $A = 8 \cdot C$ voor zandige lagen.

De zettingen worden doorgerekend tot de top van de eerste ondoorlatende laag of tot de diepte waar de toename in korrelspanning ($\sigma_2 - \sigma_1$) minder dan 10% bedraagt van de korrelspanning in rust. Als eerste ondoorlatende laag wordt de Boomse klei beschouwd. Aangezien aangenomen kan worden dat ten gevolge van de waterremmendheid van deze laag, er geen grondwaterverlaging voorkomt in de onderliggende lagen, worden hieronder geen zettingen meer berekend.

Als algemene richtwaarde voor de maximaal toegestane absolute zetting wordt een grenswaarde van 20 mm vooropgesteld.

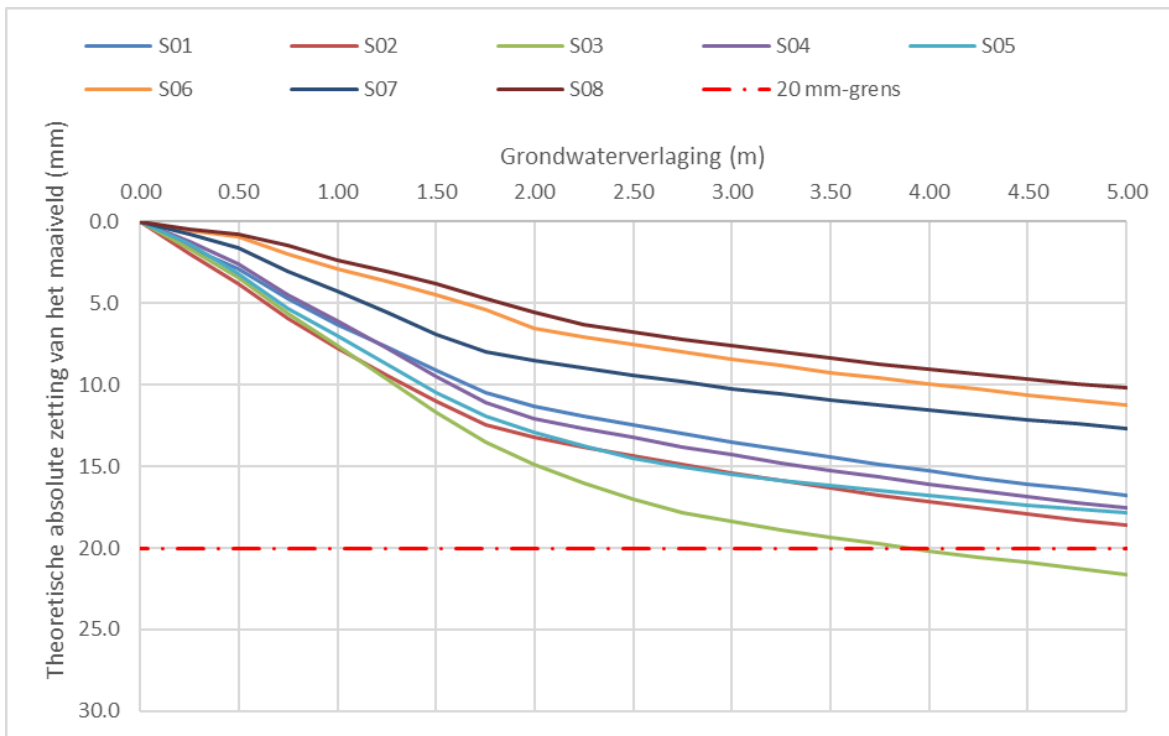


Tabel 6: Karakteristieke grondparameters Eurocode 7 (NBN EN 1997-1 ANB).

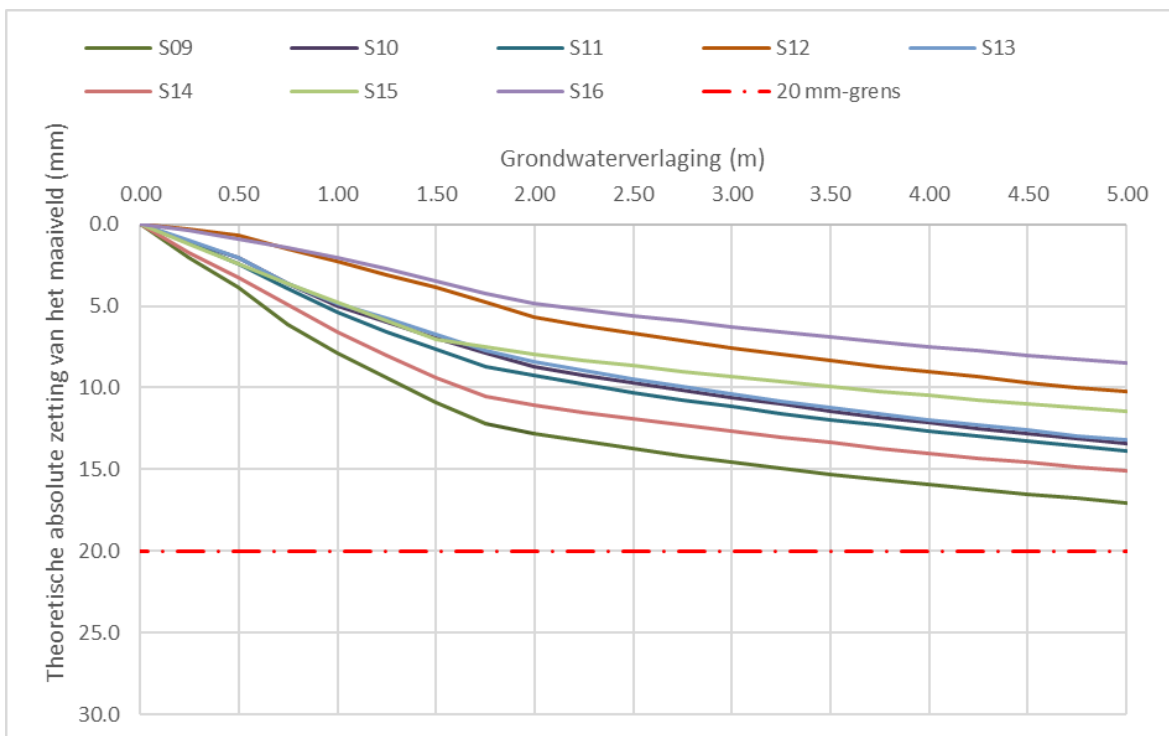
Grondsoort	Bijmenging	Pakkingsdichtheid /consistentie	q_c (MPa)	R_f (%)	γ^k boven P.O. (kN/m ³)	γ^k beneden P.O. (kN/m ³)	φ' (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	α (**)
grind*	-	matig dicht	10-20 > 20	< 1 %	18 19	20 21	35 40	0 0	- -	3 3
	leem- of kleihoudend	matig dicht	10-20 > 20	1-2 %	19 20	21 22	32 37	0 0	- -	3,5 3,5
zand	-	los matig dicht zeer dicht	2-4 4-10 10-15 > 15	< 1 %	16 17 18 18	18 19 20 20	27 30 32 35	0 0 0 0	- - - -	4 4 3 3
	leem- of kleihoudend	los matig dicht zeer dicht	2-4 4-10 10-15 > 15	1-2 %	16 17 18 19	18 19 20 20	25 27 30 32	0 0 0 0	- - - -	2,5 3 3,5 3,5
leem	-	weinig vast matig vast vrij vast vast	0,4-1 1-2 2-4 > 4	2-4 %	17 18 19 20	17 18 19 20	22 22 22 22	0 2 4 8	10 25 50 100	3 3 2 2
	zandhoudend	weinig vast matig vast vrij vast vast	0,4-1 1-2 2-4 > 4	1-3 %	17 18 19 20	17 18 19 20	25 25 25 25	0 2 4 8	10 25 50 100	2 2 2,5 3
klei	-	weinig vast matig vast vrij vast vast	0,4-1 1-2 2-4 > 4	3-6 %	16 17 18 19	16 17 18 19	20 20 20 20	2 4 8 15	20 50 100 200	3 3 1,5 1,5
	zandhoudend	weinig vast matig vast vrij vast vast	0,4-1 1-2 2-4 > 4	2-5 %	16 17 18 19	16 17 18 19	22 22 22 22	2 4 8 15	20 50 100 200	2 2 2,5 3
veen		weinig vast matig vast vast	0,2-0,5 0,5-1 > 1	> 6 %	10 12 14	10 12 14	15 15 15	2 5 10	10 20 40	0,7 0,7 1,5

(*) Voor grind ter plaatse ; voor aangevuld grind wordt $\varphi'_k = 35^\circ$ aangenomen.
 Voor tijdelijke constructies kan een beperkte cohesie worden aangenomen mits duidelijke verantwoording en afspraken m.b.t. de controle ervan.
 (**) Voor het berekenen van zettingen volgens Terzaghi, kan bij gebrek aan oedometerproeven, de samendrukkingsconstante berekend worden uitgaande van $q_c : C = \alpha q_c / \sigma'_v$

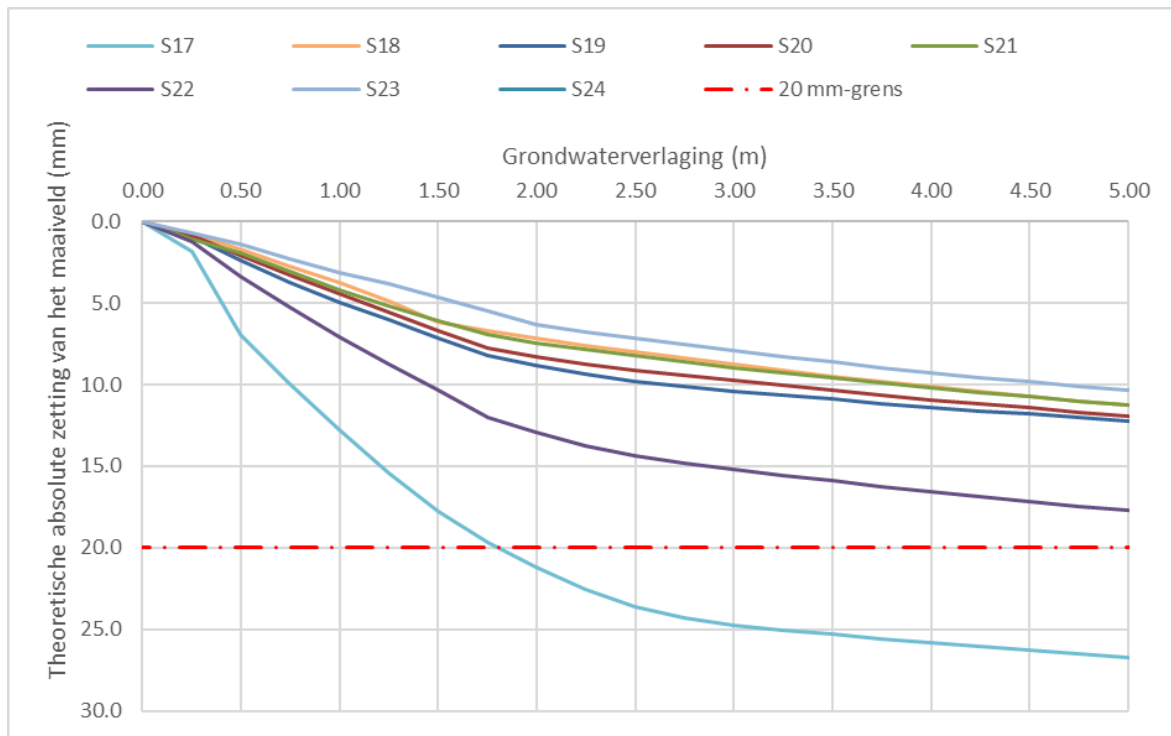
De berekende zettingen in functie van de grondwaterverlaging worden weergegeven in Figuur 15 tot en met Figuur 17 en Tabel 7. In deze figuren wordt ook de 20 mm grens weergegeven, die algemeen aanvaard wordt als toelaatbare grens voor absolute zettingen (Richtlijnen Bemalingen 2019 – VMM). De maximaal toelaatbare zetting van 20 mm wordt overschreden bij een grondwaterverlaging van 1,8 meter bij sondering S17. Uit paragraaf 4.6.3.1 blijkt dat de maximale grondwaterverlaging ter hoogte van de omliggende bestaande bebouwing slechts 1,4 meter bedraagt, waardoor er geen theoretisch absoluut zettingsrisico optreedt ten gevolge van de bemaling.



Figuur 15: Theoretische absolute zettingen van het maaiveld in functie van de grondwaterverlaging voor S01 tot en met S08. De 200 mm grens is de algemeen aanvaarde grenswaarde voor absolute zettingen (Richtlijnen Bemalingen 2019 – VMM).



Figuur 16: Theoretische absolute zettingen van het maaiveld in functie van de grondwaterverlaging voor S09 tot en met S16. De 20 mm grens is de algemeen aanvaarde grenswaarde voor absolute zettingen (Richtlijnen Bemalingen 2019 – VMM).



Figuur 17: Theoretische absolute zettingen van het maaiveld in functie van de grondwaterverlaging voor S17 tot en met S18. De 20 mm grens is de algemeen aanvaarde grenswaarde voor absolute zettingen (Richtlijnen Bemalingen 2019 – VMM).



Tabel 7: Theoretische absolute zettingen van het maaiveld in functie van de grondwaterverlaging.

Verlaging (m)	Theoretische absolute zetting van het maaiveld (mm)											
	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.25	1.6	1.9	1.7	1.2	1.4	0.5	0.8	0.5	2.0	1.0	1.1	0.3
0.50	2.9	3.8	3.4	2.6	3.2	0.9	1.6	0.8	3.9	2.1	2.4	0.7
0.75	4.7	6.0	5.6	4.5	5.3	2.0	3.1	1.4	6.1	3.6	3.9	1.5
1.00	6.3	7.7	7.6	6.1	7.0	2.9	4.2	2.4	7.9	5.0	5.4	2.3
1.25	7.7	9.4	9.6	7.8	8.8	3.6	5.6	3.0	9.4	6.0	6.6	3.1
1.50	9.1	11.0	11.7	9.5	10.5	4.5	6.9	3.8	10.9	6.9	7.7	3.9
1.75	10.5	12.5	13.5	11.1	11.9	5.4	8.0	4.7	12.2	7.9	8.7	4.8
2.00	11.3	13.2	14.9	12.0	12.9	6.5	8.5	5.6	12.8	8.7	9.2	5.7
2.25	11.9	13.8	16.0	12.7	13.8	7.1	9.0	6.3	13.3	9.2	9.8	6.2
2.50	12.5	14.3	17.0	13.2	14.5	7.5	9.4	6.8	13.7	9.7	10.3	6.7
2.75	13.0	14.9	17.8	13.8	15.0	8.0	9.8	7.2	14.1	10.2	10.7	7.1
3.00	13.5	15.4	18.4	14.3	15.5	8.4	10.2	7.6	14.5	10.6	11.2	7.5
3.25	14.0	15.9	18.9	14.8	15.8	8.8	10.6	8.0	14.9	11.0	11.6	7.9
3.50	14.4	16.3	19.3	15.2	16.2	9.2	10.9	8.4	15.3	11.4	11.9	8.3
3.75	14.9	16.7	19.7	15.7	16.5	9.6	11.3	8.7	15.6	11.8	12.3	8.7
4.00	15.3	17.1	20.2	16.1	16.8	10.0	11.6	9.1	15.9	12.1	12.7	9.0
4.25	15.7	17.5	20.5	16.5	17.1	10.3	11.9	9.4	16.2	12.5	13.0	9.4
4.50	16.1	17.9	20.9	16.8	17.3	10.6	12.1	9.7	16.5	12.8	13.3	9.7
4.75	16.4	18.3	21.3	17.2	17.6	10.9	12.4	9.9	16.8	13.1	13.6	10.0
5.00	16.8	18.6	21.6	17.5	17.9	11.2	12.7	10.2	17.0	13.4	13.9	10.2

Verlaging (m)	Theoretische absolute zetting van het maaiveld (mm)											
	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.25	1.0	1.7	1.2	0.4	1.9	0.8	0.9	0.9	1.1	1.3	0.7	1.5
0.50	2.1	3.3	2.4	0.9	6.9	1.7	2.4	2.1	1.9	3.4	1.4	2.9
0.75	3.6	5.0	3.7	1.5	10.0	2.7	3.7	3.3	3.1	5.2	2.3	4.4
1.00	4.8	6.6	4.8	2.1	12.8	3.7	4.9	4.4	4.2	7.1	3.1	6.0
1.25	5.7	8.0	5.9	2.7	15.4	4.9	6.1	5.6	5.2	8.7	3.9	7.3
1.50	6.7	9.4	7.0	3.5	17.8	6.2	7.2	6.7	6.1	10.4	4.6	8.5
1.75	7.7	10.5	7.5	4.3	19.7	6.7	8.2	7.7	6.9	12.0	5.5	9.6
2.00	8.4	11.1	7.9	4.8	21.2	7.2	8.8	8.3	7.4	12.9	6.3	10.0
2.25	9.0	11.5	8.3	5.2	22.6	7.6	9.4	8.7	7.9	13.7	6.8	10.4
2.50	9.5	11.9	8.7	5.6	23.6	8.0	9.8	9.1	8.2	14.4	7.2	10.8
2.75	9.9	12.3	9.0	5.9	24.3	8.4	10.1	9.4	8.6	14.8	7.6	11.2
3.00	10.4	12.7	9.3	6.3	24.7	8.8	10.4	9.8	9.0	15.2	7.9	11.6
3.25	10.8	13.0	9.6	6.6	25.0	9.1	10.7	10.1	9.3	15.6	8.3	11.9
3.50	11.2	13.4	9.9	6.9	25.3	9.5	10.9	10.4	9.6	15.9	8.6	12.2
3.75	11.6	13.7	10.2	7.2	25.6	9.8	11.1	10.6	9.9	16.2	8.9	12.6
4.00	11.9	14.0	10.5	7.5	25.8	10.1	11.4	10.9	10.2	16.6	9.3	12.9
4.25	12.3	14.3	10.7	7.8	26.1	10.4	11.6	11.2	10.5	16.9	9.6	13.2
4.50	12.6	14.6	11.0	8.0	26.3	10.7	11.8	11.4	10.8	17.2	9.8	13.4
4.75	12.9	14.9	11.2	8.3	26.5	11.0	12.0	11.7	11.0	17.4	10.1	13.7
5.00	13.2	15.1	11.5	8.5	26.7	11.3	12.2	11.9	11.3	17.7	10.4	14.0



4.4.2 Differentiële zettingen

Als algemene richtwaarde voor de maximaal toegestane differentiële zetting tussen 2 punten, gelegen op een tussenafstand van 5 meter, wordt gesteld dat de hellingshoek van de zettingscurve kleiner is dan 1/700 (Richtlijnen Bemalingen 2019 – VMM). De differentiële zettingen worden berekend op basis van de gemodelleerde grondwaterverlaging in paragraaf 4.6.3.1.

4.5 Bemalingsconcept

De bemaling van de riolering en de ondergrondse verdieping kan uitgevoerd worden met behulp van een combinatie van gravitaire filters en dieptebronnen. Ter hoogte van de woningen wordt de riolering bemaald met behulp van een gravitaire filters. Voor het zuidelijke deel van de riolering ter hoogte van de meergezinswoningen worden dieptebronnen aan één zijde van de uitgraving geplaatst, voor de ondergrondse verdieping worden de dieptebronnen rondom de bouwput geplaatst. Indien de dieptebronnen voor de riolering aan de zijde van de ondergrondse verdieping geplaatst worden, kunnen deze hergebruikt worden voor de bemaling van de ondergrondse verdieping. Een indicatieve locatie van de dieptebronnen en de gravitaire filters wordt weergegeven op Figuur 18.

Het opgepompte bemalingswater van de dieptebronnen zal deels geretourneerd worden met behulp van een retourbemaling, om de effecten van de bemaling op de omgeving zo sterk mogelijk te beperken. De retourbronnen dienen minimaal op een afstand van 10 keer de gewenste grondwaterverlaging (minimaal 25 meter) te staan ten opzichte van de bemaling. Daarom is het niet mogelijk de retourbronnen rondom de gehele bemaling te zetten. Een indicatieve locatie van de retourbronnen wordt eveneens weergegeven op Figuur 18. De retourbemaling zal aangestuurd worden op basis van het grondwaterpeil, dat tijdens de bemaling in peilbuizen opgevolgd zal worden.

Het resterende bemalingswater van de dieptebronnen en de gravitaire filters, dat niet geretourneerd kan worden, zal, indien nodig op basis van de verzadiging en het grondwaterpeil, via een greppel geïnfiltreerd worden aan de grens van het natuurgebied (Broekbos), indien de kwaliteit van het bemalingswater het toelaat, in een buffercontainer beschikbaar gesteld worden voor de brandweer en de omwonende buurtbewoners en zal gebruikt worden voor het benevelen van de werf om stof tijdens de werken te vermijden. Aangezien langsheen de woningen in de Kawlei wegens plaatsgebrek geen retourbemaling kan worden voorzien, wordt langsheen de tuinen van deze woningen, in overleg met en indien gewenst door de eigenaars, een leiding met aftapkraantjes voorzien waarvan de bewoners bemalingswater kunnen afnemen voor bijvoorbeeld het besproeien van hun tuin. Het eventueel resterende bemalingswater zal geloosd worden op de bestaande gracht in het noordelijk deel van de projectsite (maximale capaciteit ingeschat op ca. 10 à 15 m³/u) en op de riolering in de Kawlei.

De liftputten kunnen bemalen worden door tijdelijk aan een hoger debiet te pompen op de dieptebronnen.



Figuur 18: Indicatieve locatie van de dieptebronnen en retourbronnen voor de bemaling van de riolering en de ondergrondse verdieping.

4.6 Milieutechnische berekeningen en effectbepalingen

De invloed van de bemaling op de grondwaterstand in de omgeving van de projectsite en de te verwachten bemalingsdebieten werden bepaald met behulp van een 3D numeriek grondwatermodel. De gebruikte rekencode is MODFLOW2005 met Groundwater Vistas v7 als user interface.

4.6.1 Opbouw van het grondwatermodel

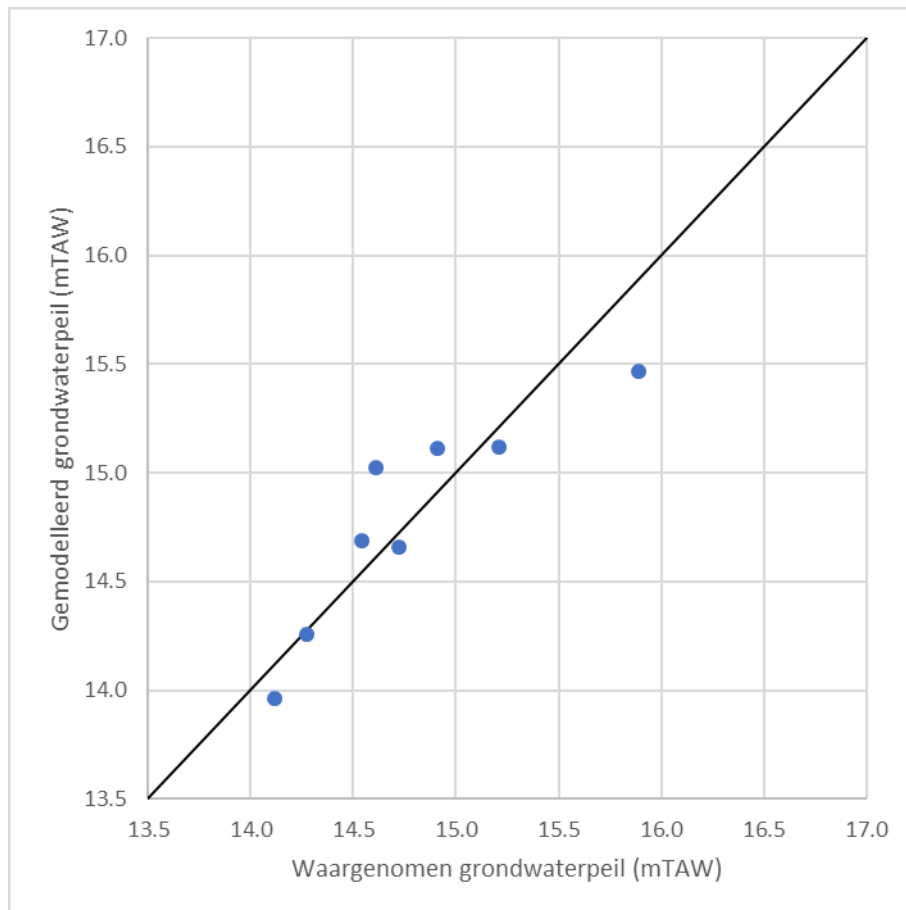
Het grondwatermodel heeft een grootte van 2 bij 2 km. De cellen aan de rand van het model hebben een grootte van 50 bij 50 meter. Ter hoogte van de projectsite zijn de cellen verkleind tot 2 bij 2 meter om de grondwaterstroming en de locatie van nauwkeuriger te kunnen simuleren.

De verticale discretisatie van het grondwatermodel is gebaseerd op het hydrogeologisch profiel zoals weergegeven op Figuur 10. De top van de Boomse Klei wordt voor deze toepassing als ondoorlatend en de bodem van het grondwatermodel beschouwd. Het model bestaat uit drie hydrogeologische lagen, die verder onderverdeeld werden in modellagen om de diepte van de bemaling en de ondergrondse constructie nauwkeuriger te kunnen simuleren. De hydrogeologische parameters zoals bepaald in paragraaf 4.3.1.1 werden beschouwd in het grondwatermodel.

Een natuurlijke infiltratie van 200 mm/jaar werd ingevoerd in het grondwatermodel. De grondwaterhuishouding in de omgeving werd in rekening gebracht door het invoeren van de waterlopen in het grondwatermodel. Aangezien geen waterpeilen gekend zijn, werd aangenomen dat het waterpeil van de Lachenebeek, de Babbelsebeek en de beek in het Broekbos zich ca. 1 meter onder het lokale maaiveld (afgeleid uit het Digitaal Hoogtemodel, DHM) bevindt.



Op Figuur 19 worden de gemiddelde waargenomen grondwaterpeilen in april-mei 2020 uitgezet ten opzichte van de gemodelleerde grondwaterpeilen. Uit deze figuur kan besloten worden dat de waargenomen grondwaterpeilen en de natuurlijke grondwatergradiënt door het grondwatermodel relatief goed gemodelleerd worden. De gemodelleerde en waargenomen grondwaterpeilen verschillen maximaal slechts ca. 40 cm met elkaar.



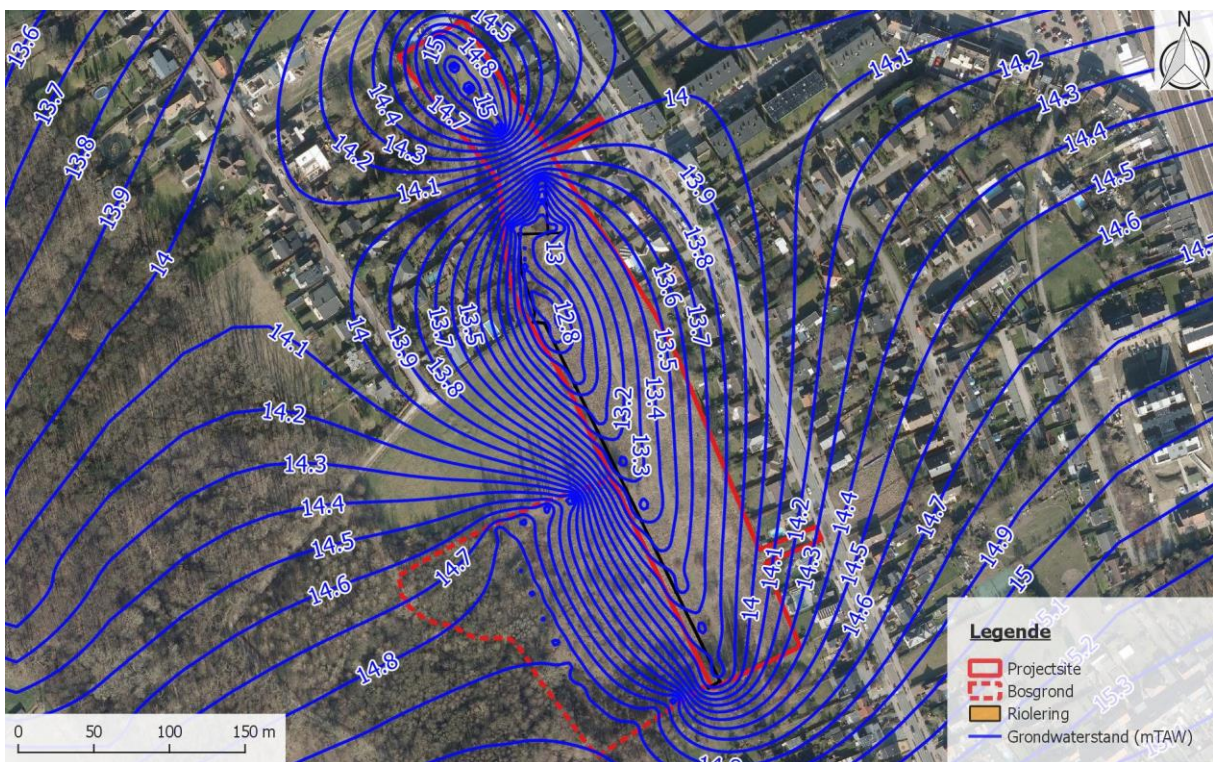
Figuur 19: Vergelijking tussen de gemodelleerde en gemeten grondwaterpeilen.

4.6.2 Berekening bemalingsdebiet en invloedsstraal

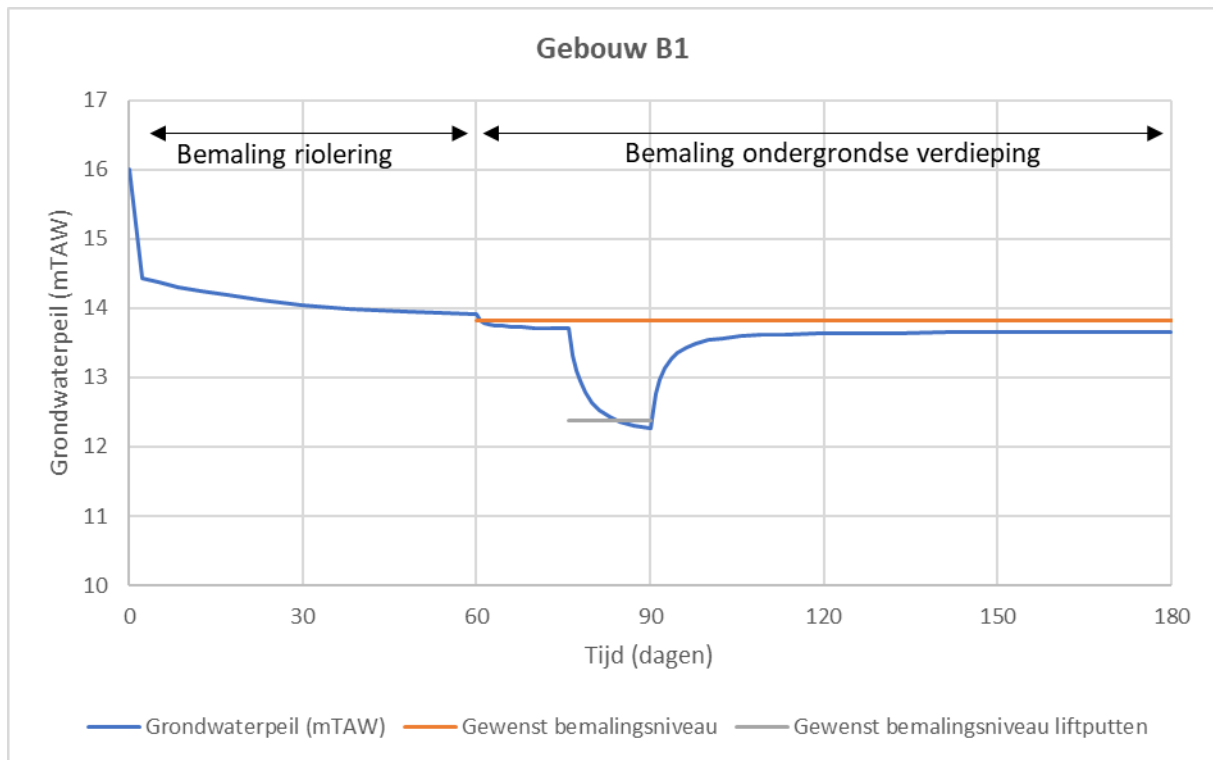
De bemaling die noodzakelijk is voor het aanleggen van de riolering en de ondergrondse verdieping werd gedimensioneerd met behulp van het grondwatermodel. De bemaling kan uitgevoerd worden met behulp van een combinatie van gravitaire filters en dieptebronnen langsheen het traject van de riolering en rondom de kelderverdieping. De bemaling voor de riolering werd gemodelleerd gedurende 60 dagen, deze van de ondergrondse verdieping parking aansluitend gedurende 120 dagen. Voor het plaatsen van de liftputten wordt een periode van 14 dagen aangenomen, binnen de periode van 120 dagen bemalen voor de ondergrondse kelderverdieping.



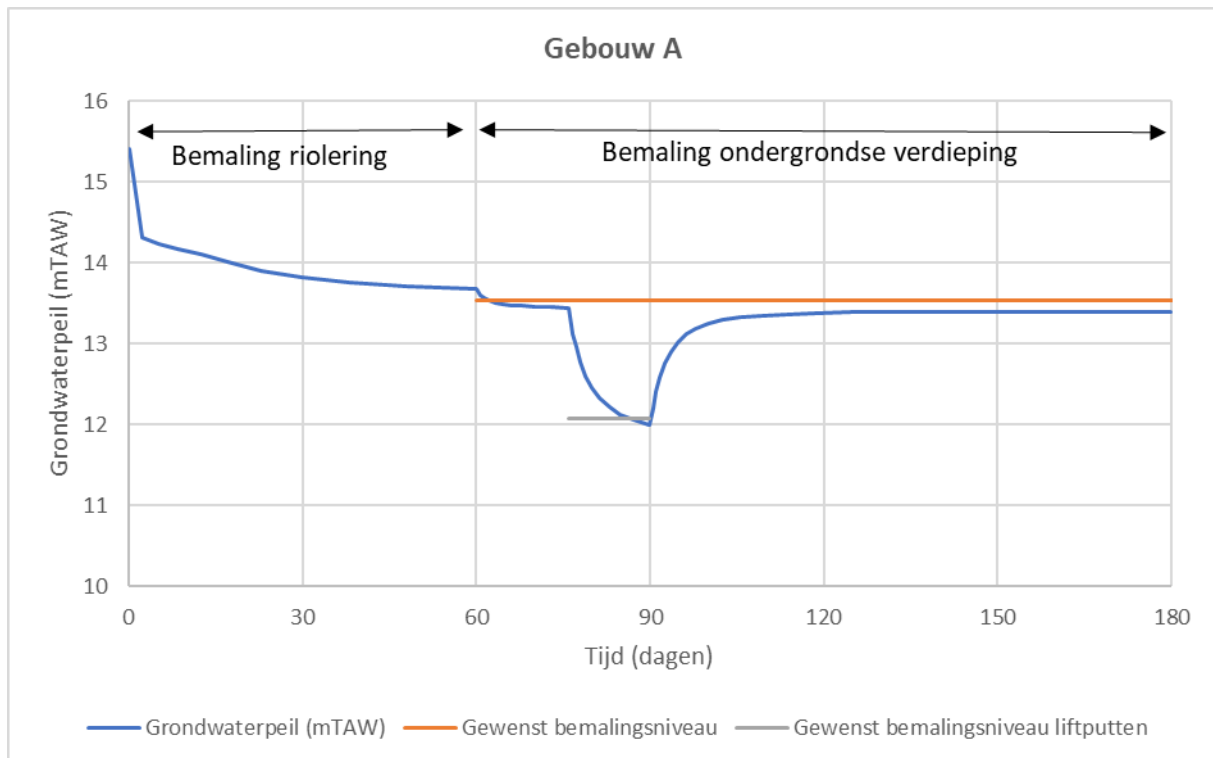
Het gewenste bemalingspeil voor de riolering varieert van plaatst tot plaats, aangezien de riolering op verschillende niveaus uitgegraven wordt. Het grondwaterpeil in het grondwatermodel ter hoogte van verschillende locaties opgevolgd om na te gaan of het gewenste bemalingspeil overal bereikt wordt. Het grondwaterpeil tijdens de bemaling van de riolering wordt weergegeven in Figuur 20. Het grondwaterpeil werd in het grondwatermodel tevens tijdens de bemaling van de ondergrondse verdieping parking opgevolgd ter hoogte van drie locaties, aangezien de bouwput in drie verschillende niveaus uitgegraven wordt. Het grondwaterpeil in functie van de tijd ter hoogte van deze drie locaties wordt weergegeven op Figuur 21 tot en met Figuur 23.



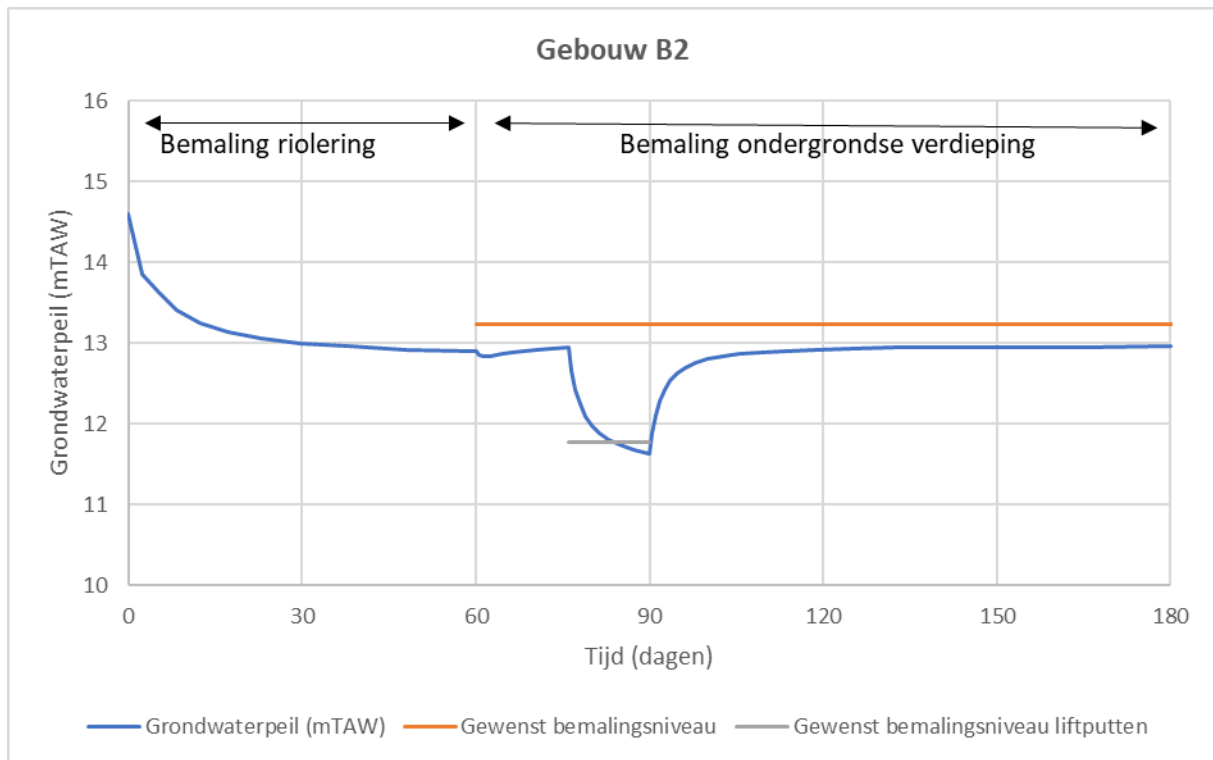
Figuur 20: Grondwaterstand (mTAW) tijdens de bemaling van de riolering.



Figuur 21: Grondwaterstand (mTAW) in functie van de tijd ter hoogte van gebouw B1 tijdens de bemaling.



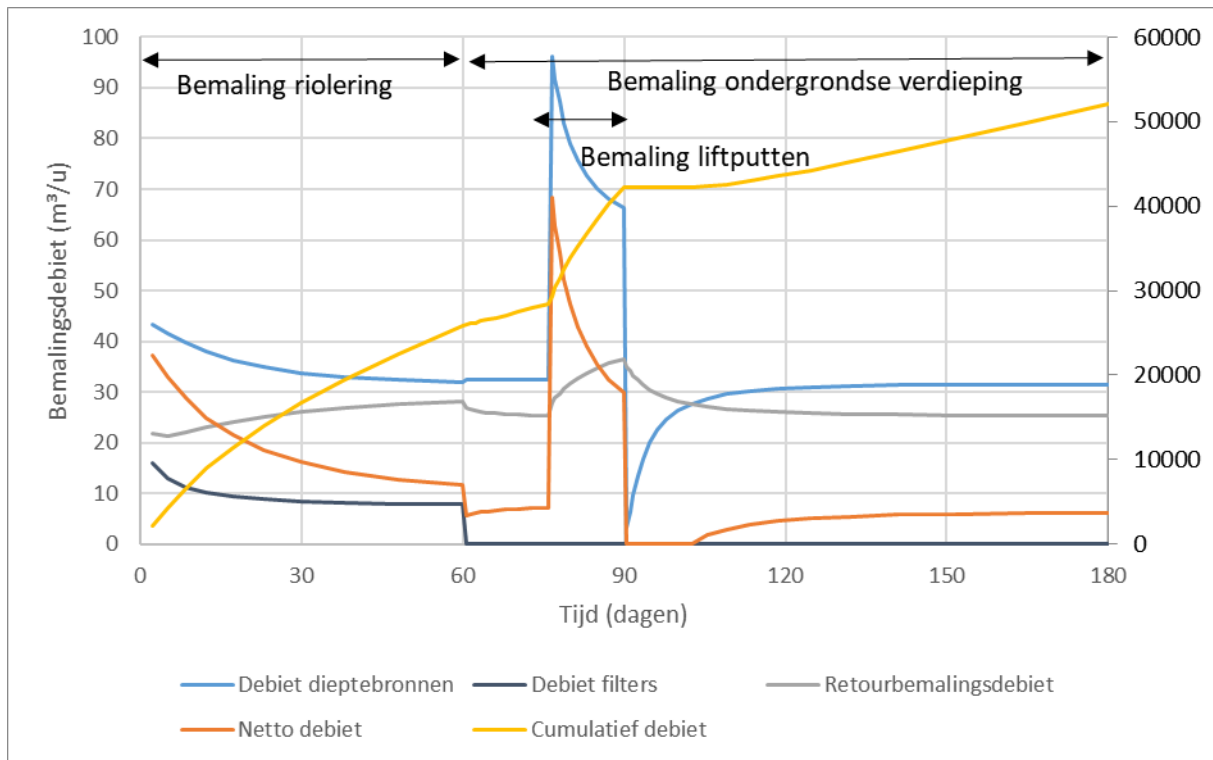
Figuur 22: Grondwaterstand (mTAW) in functie van de tijd ter hoogte van gebouw A tijdens de bemaling.



Figuur 23: Grondwaterstand (mTAW) in functie van de tijd ter hoogte van gebouw B2 tijdens de bemaling.

De evolutie van het bemalings- en retourbemalingsdebiet met tijd wordt weergegeven op Figuur 24. Het bemalingsdebiet van de dieptebronnen varieert tussen ca. 30 en 95 m³/u. Nagenoeg al het grondwater dat door middel van de dieptebronnen opgepompt wordt, wordt geretourneerd aan de hand van de retourbronnen. Enkel tijdens de kortstondige bemaling van de liftputten kan niet al het bemalingswater geretourneerd worden. Het stationair bemalingsdebiet uit de gravitaire filters bedraagt maximaal ca. 8,5 m³/u. Het bemalingswater van de dieptebronnen en de bemalingsfilters, dat niet geretourneerd kan worden, zal, indien noodzakelijk, gebruikt worden voor extra infiltratie van water in het nabijgelegen natuurgebied, zal indien de kwaliteit van het bemalingswater het toelaat, via een buffercontainer beschikbaar gesteld worden voor de brandweer en de omwonende buurtbewoners en gebruikt worden voor het benevelen van de werf om stof tijdens de werken te vermijden. Het eventueel resterende bemalingswater zal geloosd worden op de bestaande gracht in het noordelijk deel van de projectsite (maximale capaciteit ingeschat op ca. 10-15 m³/u) en op de riolering in de Kawlei. Het netto debiet (te lozen debiet) varieert tussen ca. 6 en 70 m³/u.

Aangezien langsheen de woningen van de Kawlei wegens plaatsgebrek geen retourbemaling kan worden voorzien, wordt langsheen de tuinen van deze woningen, in overleg met en indien gewenst door de eigenaars, een leiding met aftapkraantjes voorzien, waarvan de bewoners bemalingswater kunnen afnemen voor bijvoorbeeld het besproeien van hun tuin.



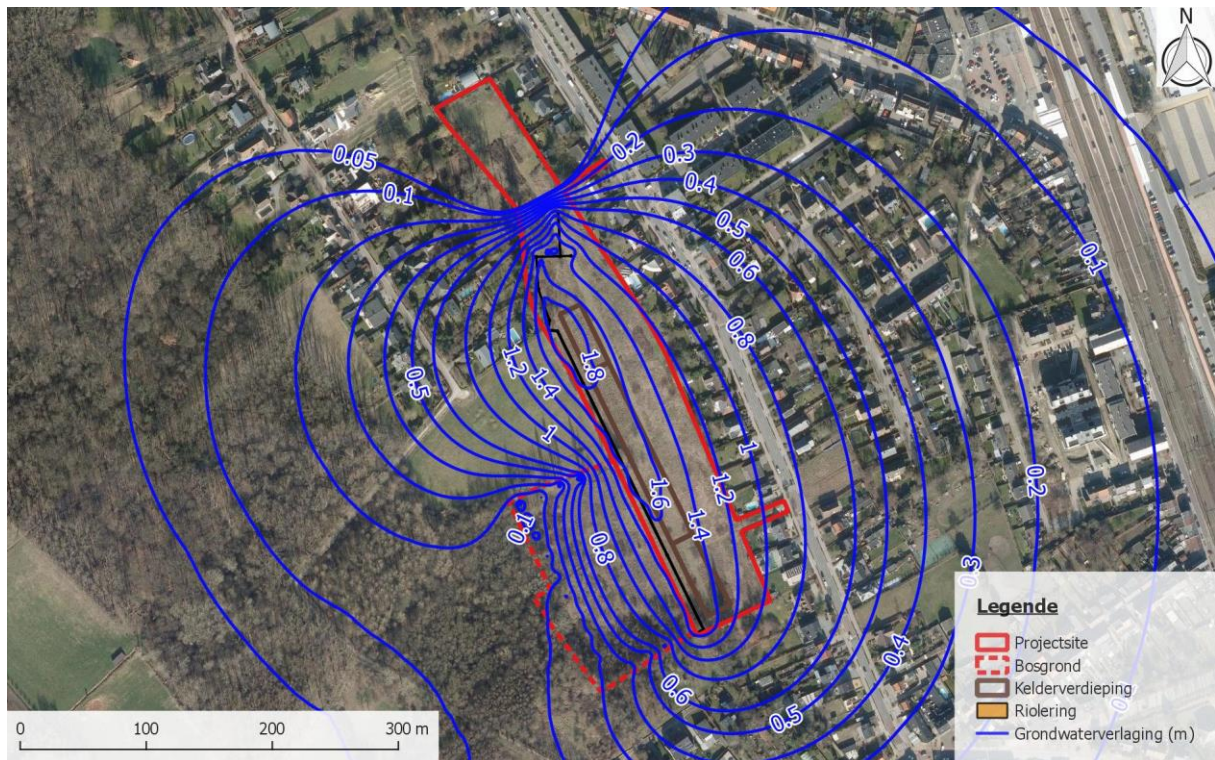
Figuur 24: Totaal bemalingsdebiet (m^3/u), retourbemalingsdebiet (m^3/u) en netto bemalingsdebiet (m^3/u) in functie van de tijd voor de bemaling van de bouwput en de riolering.

4.6.3 Effectbepalingen

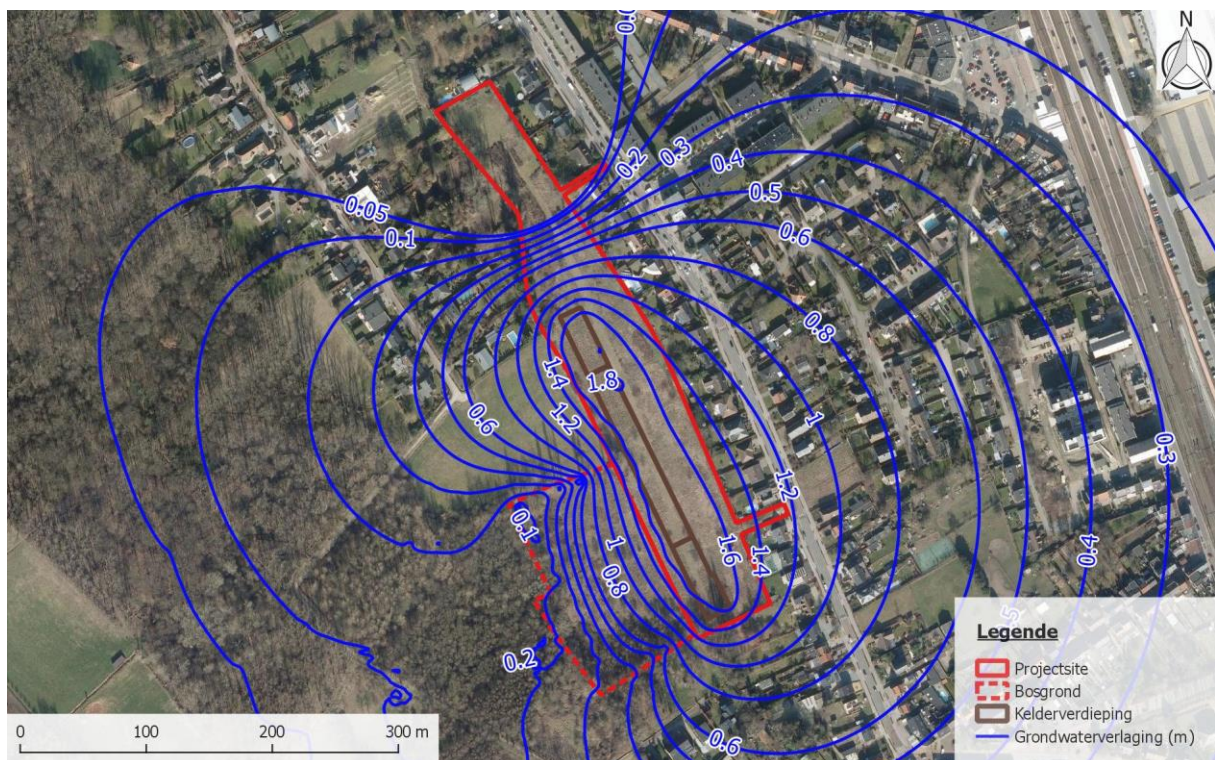
Op basis van het berekende debiet en de invloedstraal wordt een terugkoppeling uitgevoerd naar de relevante randvoorwaarden in paragraaf 4.3.

4.6.3.1 Absolute en differentiële zettingen

Op basis van de contourlijnen blijkt dat grondwaterverlaging ter hoogte van de omliggende bestaande woningen maximaal 1,4 meter bedraagt (zie Figuur 25 en Figuur 26). De grondwaterverlaging blijft ter hoogte van de omliggende gebouwen dus kleiner dan 1,8 meter, waardoor volgens de meest nadelige sondering S17 geen onaanvaardbare zettingsrisico's optreden ten gevolge van de bemaling.



Figuur 25: Grondwaterverlaging (m) in de omgeving van de projectsite ten gevolge van de bemaling voor de riolering.



Figuur 26: Grondwaterverlaging (m) in de omgeving van de projectsite ten gevolge van de bemaling voor de ondergrondse verdieping.



Op basis van de contourlijnen van de grondwaterverlaging en de absolute zettingsberekeningen uitgevoerd in paragraaf 4.4.1 kunnen ook de te verwachten differentiële zettingen berekend worden. De differentiële zettingen dienen zodanig beperkt te blijven dat de hellingshoek van de zettingscurve tussen 2 punten kleiner is dan 1/700 (Richtlijnen Bemalingen 2019 – VMM).

Uit de gegevens van de sonderingen en de absolute zettingsberekeningen blijkt dat de bodemopbouw ter hoogte van sondering S17 het meest zettingsgevoelig is terwijl de bodemopbouw ter hoogte van S16 beduidend minder zettingsgevoelig is. Deze sonderingen bevinden zich op een tussenafstand van ca. 12,5 meter van elkaar. Om conservatief te rekenen werd de differentiële zetting berekend tussen deze meest nadelige sondering (S17) en meest voordelige sondering (S16). De differentiële zetting werd berekend voor een grondwaterverlaging van 1,4 meter, aangezien een maximale grondwaterverlaging van 1,4 meter gemodelleerd wordt ter hoogte van de bestaande omliggende woningen.

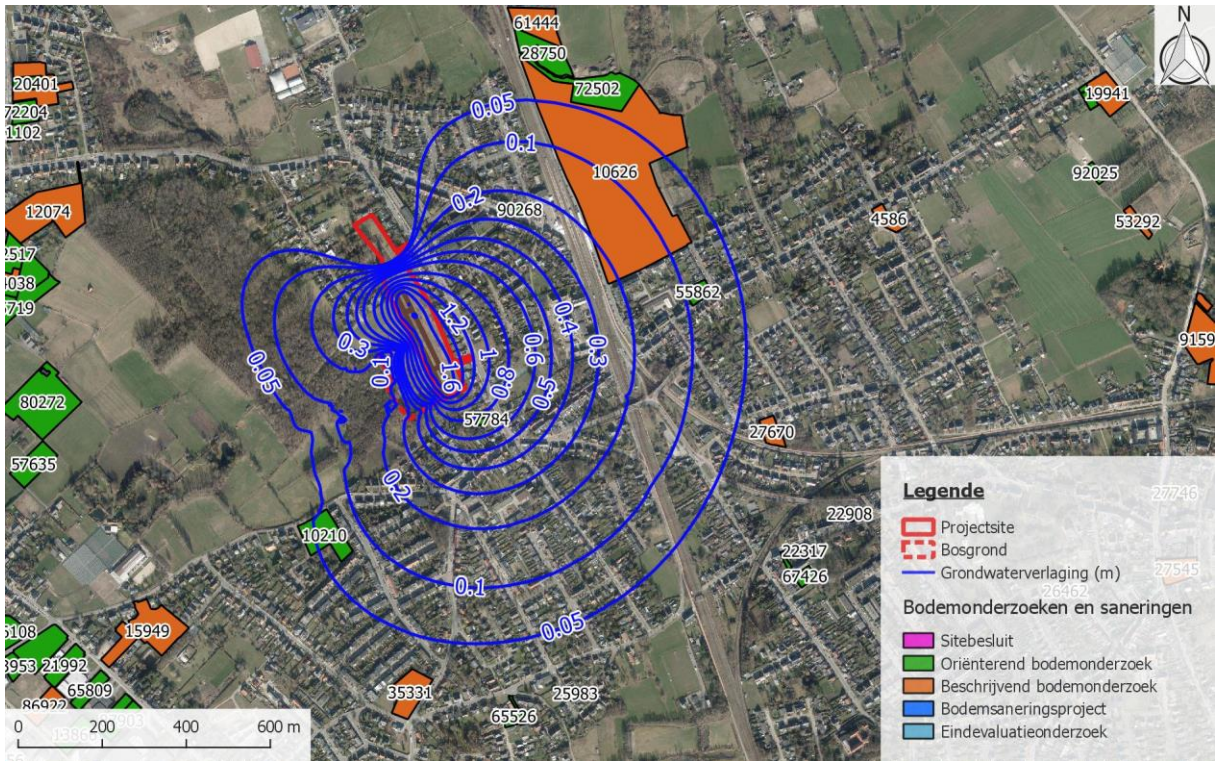
Met een tussenafstand van ca. 12,5 meter tussen de meest nadelige sondering (S17) en de meest voordelige sondering (S16), wordt een differentiële zetting van 1/919 bekomen (zie Tabel 8). Deze waarde is kleiner dan 1/700, waardoor geen onaanvaardbaar differentieel zettingsrisico bestaat ten gevolge van de bemaling.

Tabel 8: Berekening van de differentiële zettingen.

Sondering	S17	S16
GW verlaging (m)	1.4	1.4
Zetting (mm)	16.8	3.2
Afstand (m)	12.5	
Vershil in zetting (mm)	13.6	
Vershil in zetting (m)	0.0136	
Diff. Zetting	0.001088	
Diff. Zetting (1/x)	919.12	

4.6.3.2 Gekende verontreinigingen in de omgeving van de projectsite

Op basis van de uitgevoerde modellering kan de invloed van de bemaling op de OVAM-dossiers in de omgeving onderzocht worden. Figuur 27 toont de invloedsstraal op het einde van de bemaling en de bij OVAM gekende dossiers binnen de invloedsstraal. Een beschrijving van de informatie die beschikbaar is via het Mistral-loket van OVAM wordt weergegeven in Tabel 9. In één dossier werd een grondwaterverontreiniging aangetroffen (concentraties > bodemsaneringsnorm). Ter hoogte van OVAM-dossier 10626 is een lichte grondwaterverontreiniging met zink en minerale olie aanwezig, die echter geen ernstige bedreiging vormt voor mens en milieu.



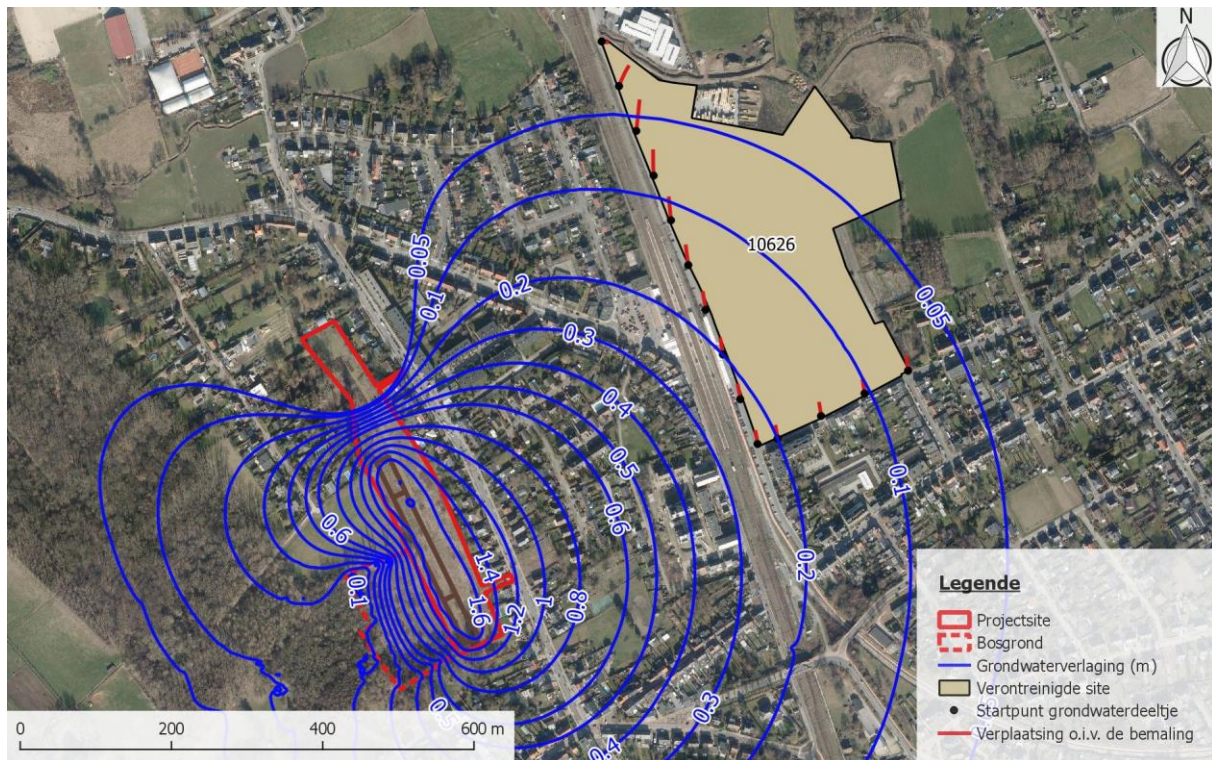
Figuur 27: OVAM-dossiers binnen de invloedstraal van de bemaling.



Tabel 9: Resultaten van de opzoeking van de bodemdossiers in het OVAM mistral geoloket.

ID dossier	Type	Datum	Conclusie Mistral loket	Grondwaterverontreiniging?
10210	OBO	7/10/1999	Geen overschrijdingen van BSN	neen
57784	OBO	19/07/2013	Voor het kadastrale perceel 11602, gemeente Kontich, 2de afdeling, sectie C, perceelnummer 119 L: O-zin: In het vaste deel van de aarde en het grondwater werd de richtwaarde niet overschreden.	neen
90268	OBO	20/06/2019	Besluit kadastraal perceel 644C2 : O Na analyse van de stalen zijn er geen concentraties boven de richtwaarde vastgesteld voor zowel het vaste deel van de aarde als het grondwater.	neen
55862	OBO	26/02/2013	Na analyse van de stalen zijn concentraties boven de bodemsaneringsnorm voor chroom en lood en boven de richtwaarde vastgesteld voor benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen en indeno(1,2,3-cd)pyreen in het vaste deel van de aarde ter hoogte van PB3 en B4. Deze verhoogde concentraties worden beschouwd als een historische verontreiniging omdat aangenomen wordt dat zij veroorzaakt zijn door ophoogmateriaal, daterend van voor 1992. Uit het oriënterend bodemonderzoek blijkt dat er geen duidelijke aanwijzing is dat de verhoogde concentraties een ernstige bedreiging vormen voor mens of milieu. Bijgevolg moet er geen beschrijvend bodemonderzoek uitgevoerd worden. Er zijn geen voorzorgsmaatregelen noodzakelijk. Geen overschrijdingen van BSN voor grondwater	neen
10626	OBO	7/07/2014	lichte verontreiniging met Zink en Minerale olie Perceel 623G5: P, Perceel 623H5 en Perceel 623X5: P P-zin: Uit het oriënterend bodemonderzoek blijkt dat er geen duidelijke aanwijzing is dat de verhoogde concentraties een ernstige bedreiging vormen voor mens of milieu. Bijgevolg moet er geen beschrijvend bodemonderzoek uitgevoerd worden	ja

Met behulp van de software MODPATH is de invloed van de bemaling op de OVAM-dossiers berekend. Ter hoogte van het verontreinigde OVAM-dossier werden in het grondwatermodel waterdeeltjes ingevoerd. Met behulp van MODPATH werd de stroming van deze waterdeeltjes bepaald ten gevolge van de bemaling. Hierbij werd een meewerkende porositeit van 15% aangenomen. De gesimuleerde stroombanen zijn weergegeven op Figuur 28. Hieruit blijkt dat de grondwaterdeeltjes zich weg van de bemaling verplaatsen en dus niet door de bemaling aangetrokken worden. Hierdoor wordt aangetoond dat de bemaling geen onaanvaardbare impact heeft op deze grondwaterverontreiniging.

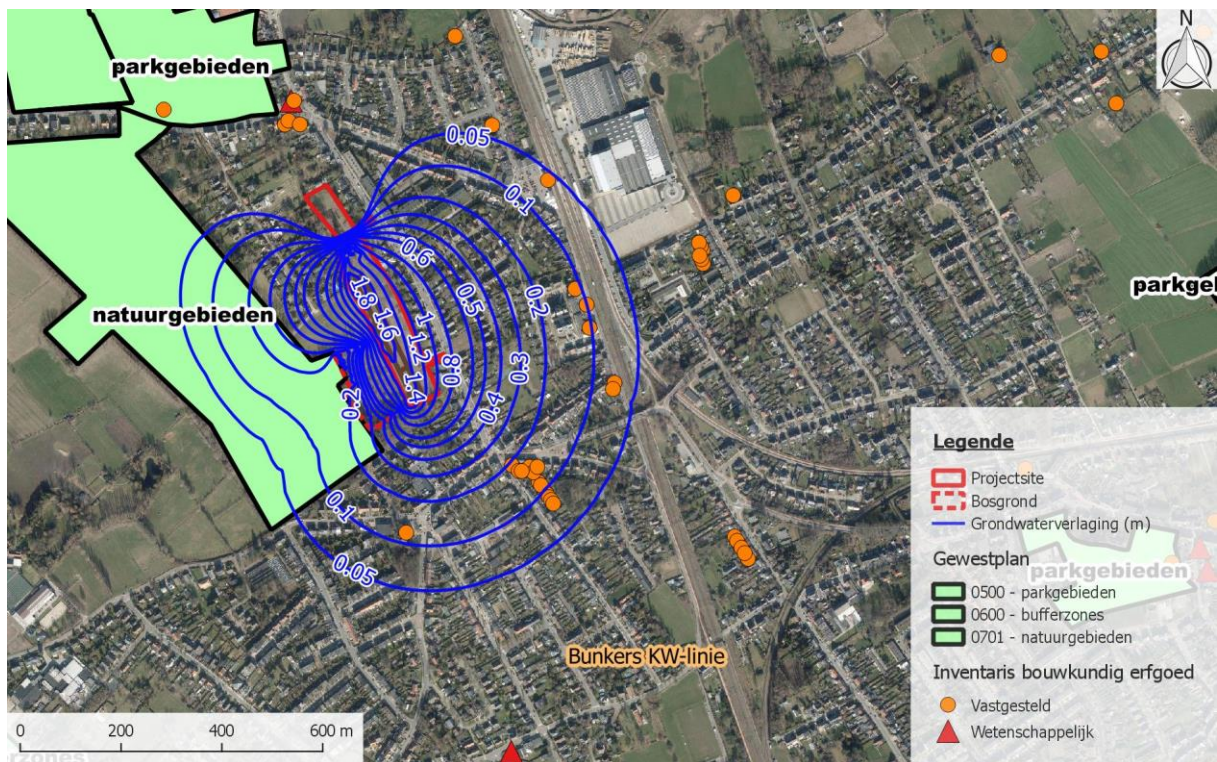


Figuur 28: Verplaatsing van grondwaterdeeltjes gedurende de bemaling voor de riolering en ondergrondse verdieping ter hoogte van het verontreinigde OVAM-dossier onder invloed van de bemaling.

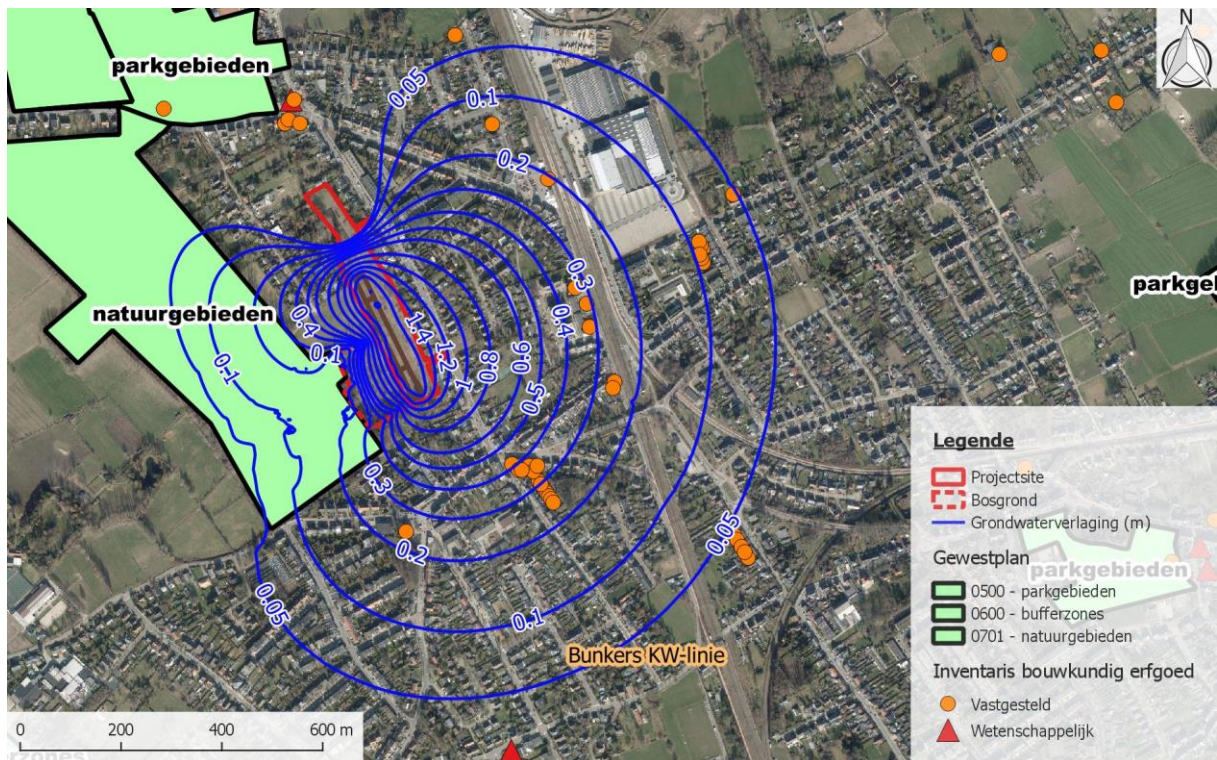
4.6.3.3 Bijzonder beschermde gebieden

Op basis van de uitgevoerde modellering kan de invloed van de bemaling op de speciale beschermingszones in de omgeving onderzocht worden. Figuur 29 en Figuur 30 tonen de invloedstraal op het einde van de bemaling en de speciale beschermingszones in de omgeving van de projectsite. Binnen de invloedstraal bevinden zich bouwkundig erfgoed. Ter hoogte van dit bouwkundig erfgoed blijft de grondwaterverlaging echter kleiner dan 1,8 meter, de maximaal toelaatbare grondwaterverlaging om ontoelaatbare zettingsrisico's te voorkomen, waardoor dit bouwkundig erfgoed geen nefaste invloed zal ondervinden van de bemaling.

Binnen de invloedszone van de bemaling is volgens het gewestplan een natuurgebied gelegen, dat door de biologische waarderingskaart als 'Biologisch waardevol' tot 'Biologisch zeer waardevol' geklasseerd wordt. Op de verdrogingskaart worden delen van dit gebied als kwetsbaar tot zeer kwetsbaar voor verdroging aangeduid. De retourbemaling zorgt ervoor dat de maximale grondwaterverlaging ter hoogte van het natuurgebied beperkt blijft tot slechts ca. 0,25 meter aan de grens van het gebied. Indien noodzakelijk kan hier een extra oppervlakkige infiltratie georganiseerd worden via een greppel met het resterende bemalingswater uit de dieptebronnen.



Figuur 29: Overzicht van de speciale beschermingszones binnen de invloedstraal van de bemaling voor de riolering.



Figuur 30: Overzicht van de speciale beschermingszones binnen de invloedstraal van de bemaling voor de ondergrondse verdieping.



4.7 Risico's en onzekerheden

Risico's zijn verbonden aan de onzekerheden over de parameters die als input van de bemalingsdimensionering hebben gediend. Het voornaamste risico gerelateerd aan deze bemaling zijn de hydrogeologische parameters toegepast in het grondwatermodel. Volgende gevoelige parameters gelden bij dit bemalingsconcept:

- **Hydrogeologische parameters van de ondergrond**

De gehanteerde hydrogeologische parameters zijn geschatte waarden. Bij een hogere doorlatendheid voor het Zand van Berchem zal het effectief bemalingsdebiet hoger zijn en de invloedsstraal van de bemaling mogelijk verder reiken dan gedimensioneerd met het grondwatermodel.

- **Hydrogeologische parameters van de waterlopen**

Ook de aangenomen hydraulische weerstand van de sliblaag onderaan de waterlopen kan een invloed hebben op het bemalingsdebiet en de invloedsstraal.

4.8 Monitoring en nazorg

Bij uitvoering dient minstens volgende monitoring voorzien te worden:

- Het opmeten van de grondwaterstand tijdens de bemaling ter hoogte van de bouwput, zodoende dat de gerealiseerde grondwaterverlaging opgevolgd kan worden. Hiermee moet worden gecontroleerd dat er niet dieper wordt afgepompt dan technisch noodzakelijk is voor de bouwkundige werken.
- Het opmeten van de grondwaterstand in de omgeving tijdens de bemaling om de retourbemaling te sturen.
- De bemaling dient niet langer in stand gehouden te worden dan strikt noodzakelijk.
- Het plaatsen van de nodige debietsmeter(s) conform vigerende wetgeving. De debietsmeters worden minimaal wekelijks gecontroleerd op een goede werking.
- Wekelijkse registratie van zowel grondwaterstanden als debieten in een logboek dat te allen tijde aanwezig is op de werf in het kader van handhaving.

5 Invloed kelderverdieping op natuurlijke grondwaterstroming

Aangezien de ondergrondse kelderverdieping een waterdichte kuip vormt, kan de kelderverdieping een invloed hebben op de natuurlijke grondwaterstroming. Met behulp van het 3D numeriek grondwatermodel werd de invloed van de kelderverdieping op de natuurlijke grondwaterstroming gesimuleerd.

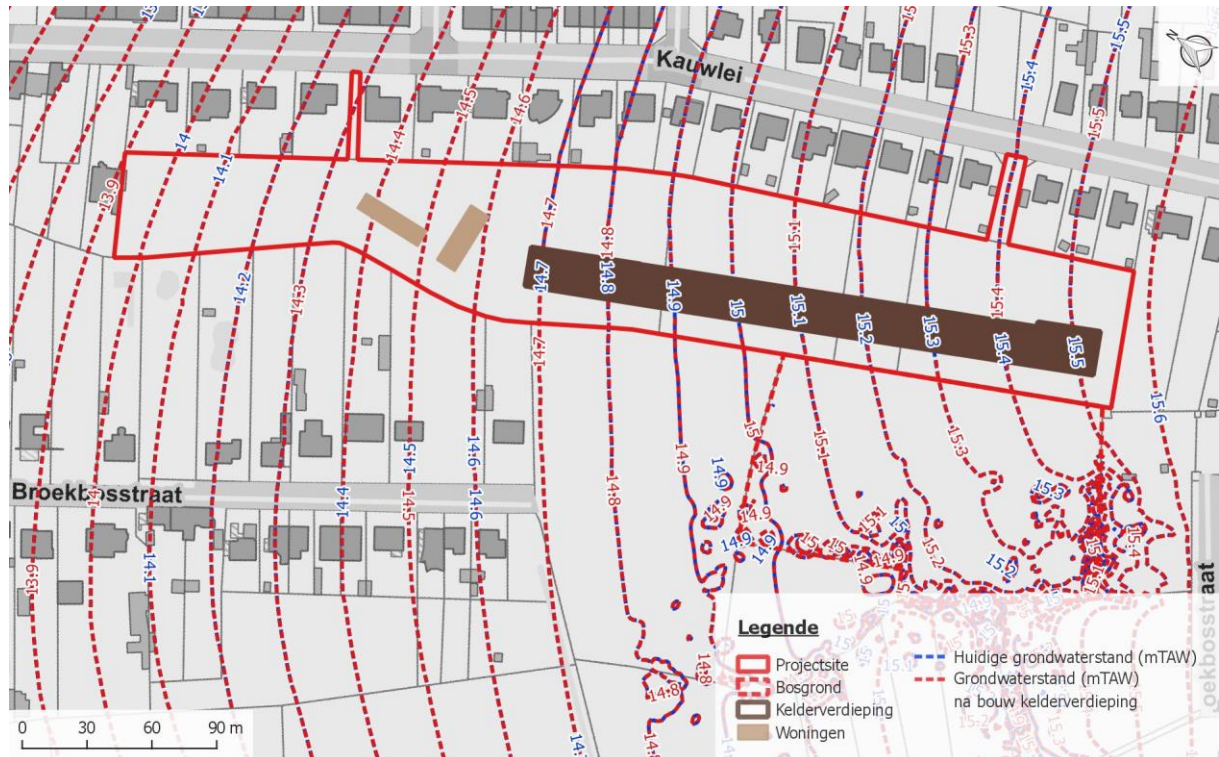
5.1 Opbouw van het grondwatermodel

De opbouw van het grondwatermodel werd reeds besproken in paragraaf 4.6.1.

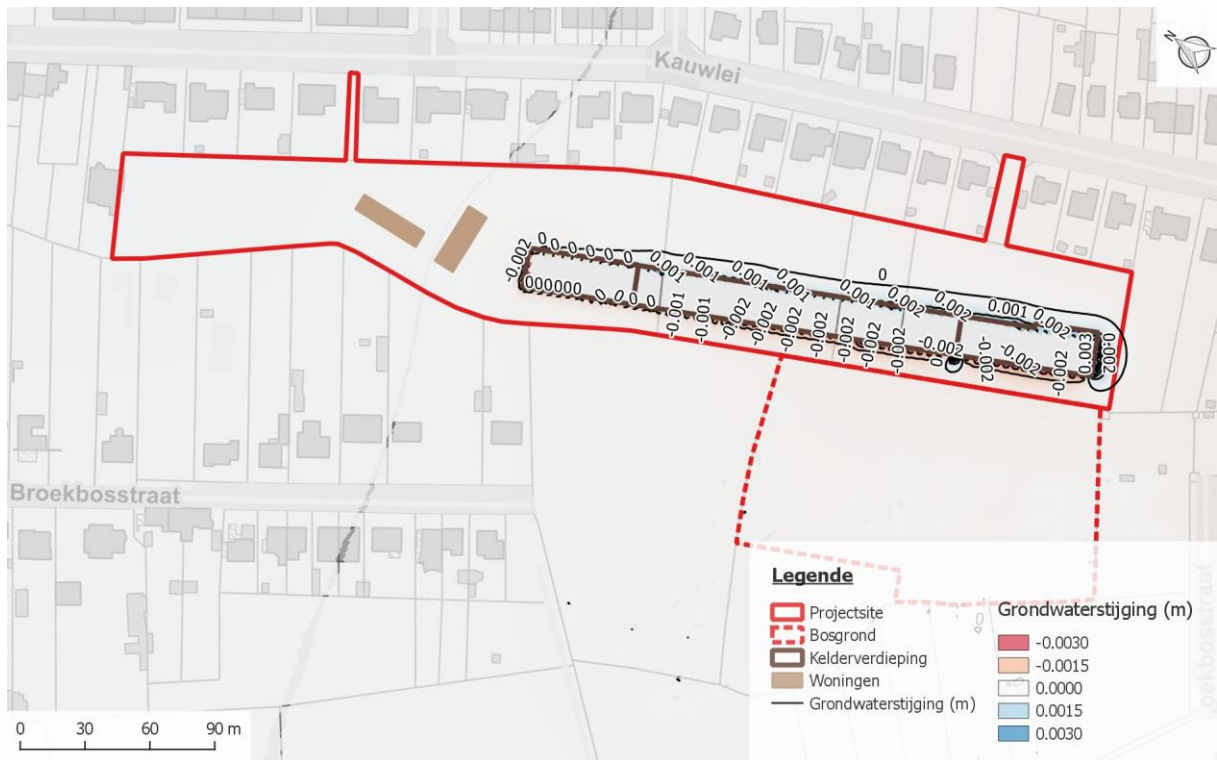
5.2 Modelresultaten

Figuur 31 geeft de grondwaterstand in rust weer voor en na de realisatie van de kelderverdieping. Uit deze figuur kan besloten worden dat de ondergrondse kelderverdieping nagenoeg geen invloed heeft op de natuurlijke grondwaterstroming, aangezien de contouren van de grondwaterstand voor en na de realisatie van de ondergrondse kelderverdieping nagenoeg dezelfde zijn. Op Figuur 32 wordt de grondwaterstijging ten gevolge van de ondergrondse kelderverdieping weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat het grondwater maximaal met ca. 0,6 cm zal stijgen.

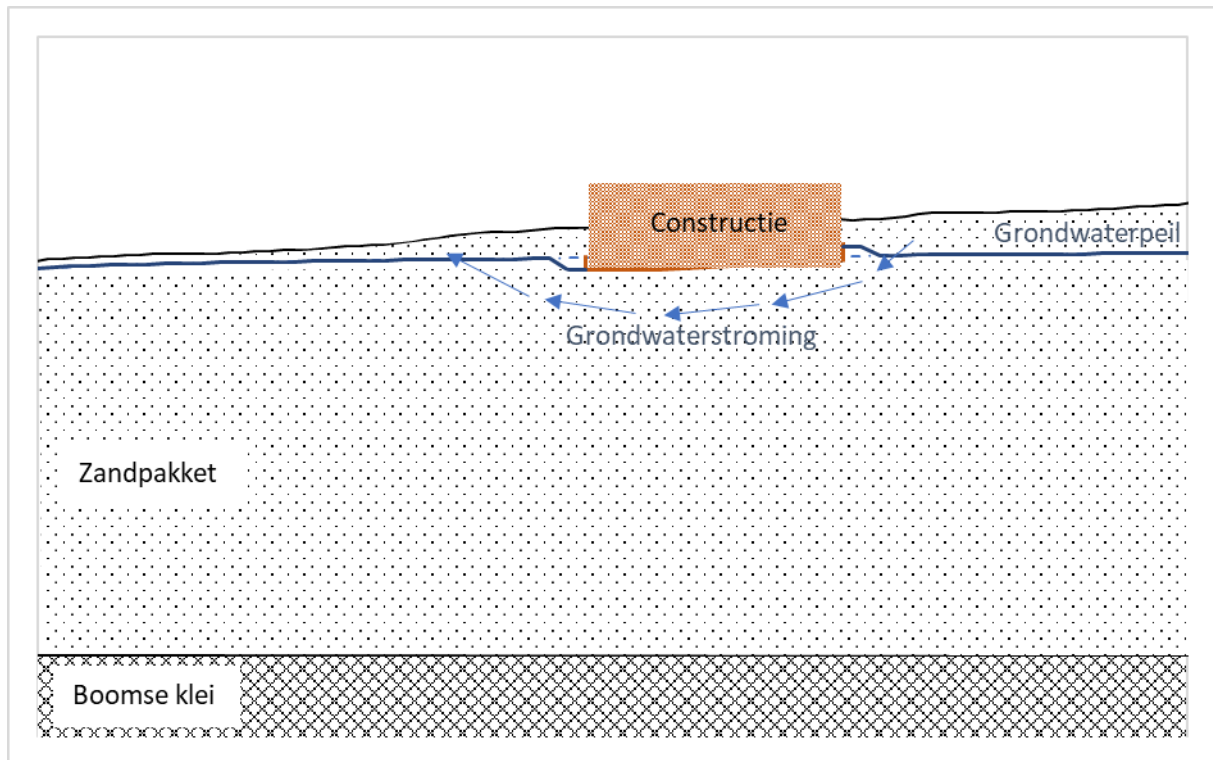
Deze slechts beperkte grondwaterstijging is logisch, aangezien de kelderverdieping slechts een beperkt deel van het zandpakket aan het maaiveld inneemt terwijl er daaronder nog een dik zandpakket beschikbaar is waarin het grondwater vrij kan stromen (zie Figuur 33).



Figuur 31: Invloed van de permanente situatie op de natuurlijke grondwaterstromingsrichting en grondwaterstand (mTAW).



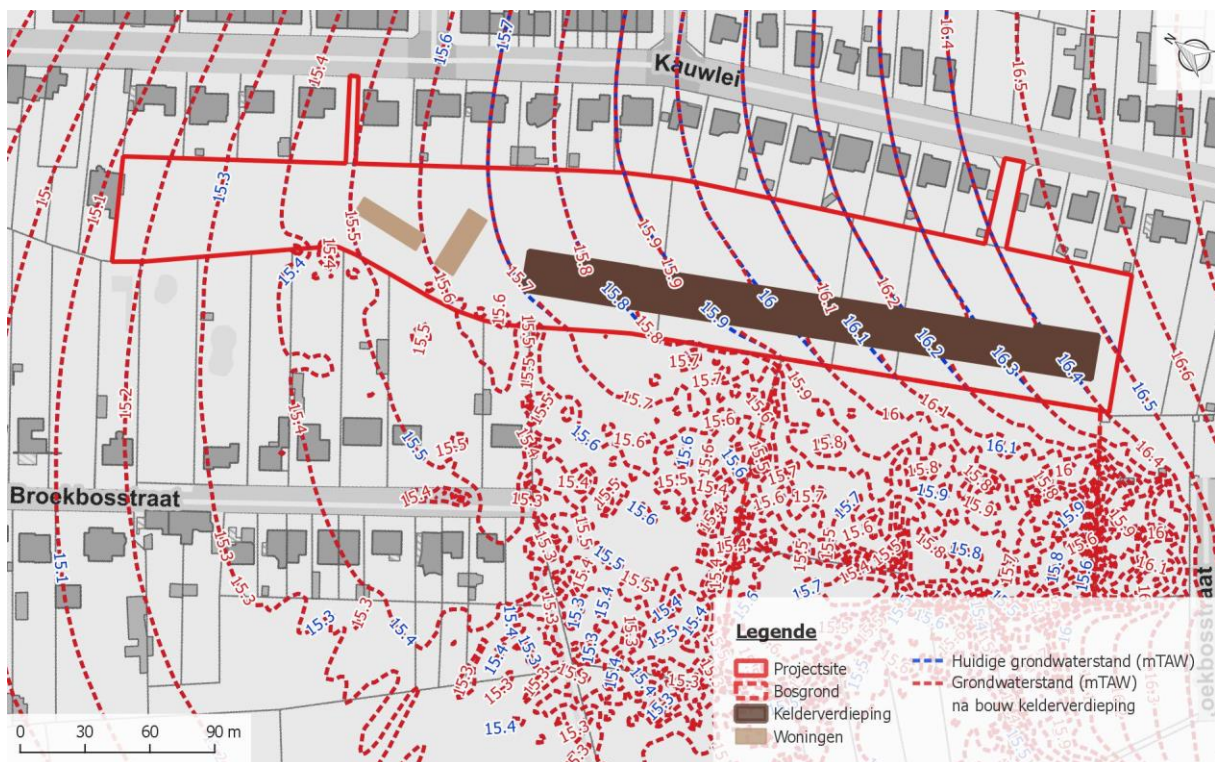
Figuur 32: Grondwaterstijging (m) onder invloed van de permanente situatie.



Figuur 33: Conceptuele voorstelling van de natuurlijke grondwaterstroming in het zandpakket onder de ondergrondse kelderverdieping.



Uit de opmetingen van het grondwaterpeil op de projectsite blijkt dat het grondwater na overvloedige regenval met ca. 1 meter kan stijgen. Door de grondwatervoeding in het grondwatermodel te verhogen, werd eveneens de invloed van de ondergrondse kelderverdieping bij deze hogere grondwaterstanden op de natuurlijke grondwaterstroming bepaald. De grondwaterstanden in de huidige en toekomstige situatie worden met elkaar vergeleken in onderstaande figuren. De maximale grondwaterstijging aan de kop van het gebouw bedraagt onder invloed van de ondergrondse constructie slechts 1,5 cm. De ondergrondse constructie heeft dus, ook bij een 1,0 meter hogere grondwaterstand, nagenoeg geen invloed op grondwaterstanden in de omgeving van de projectsite.



Figuur 34: Invloed van de permanente situatie op de natuurlijke grondwaterstromingsrichting en grondwaterstand (mTAW) bij een 1 meter hogere grondwaterstand.

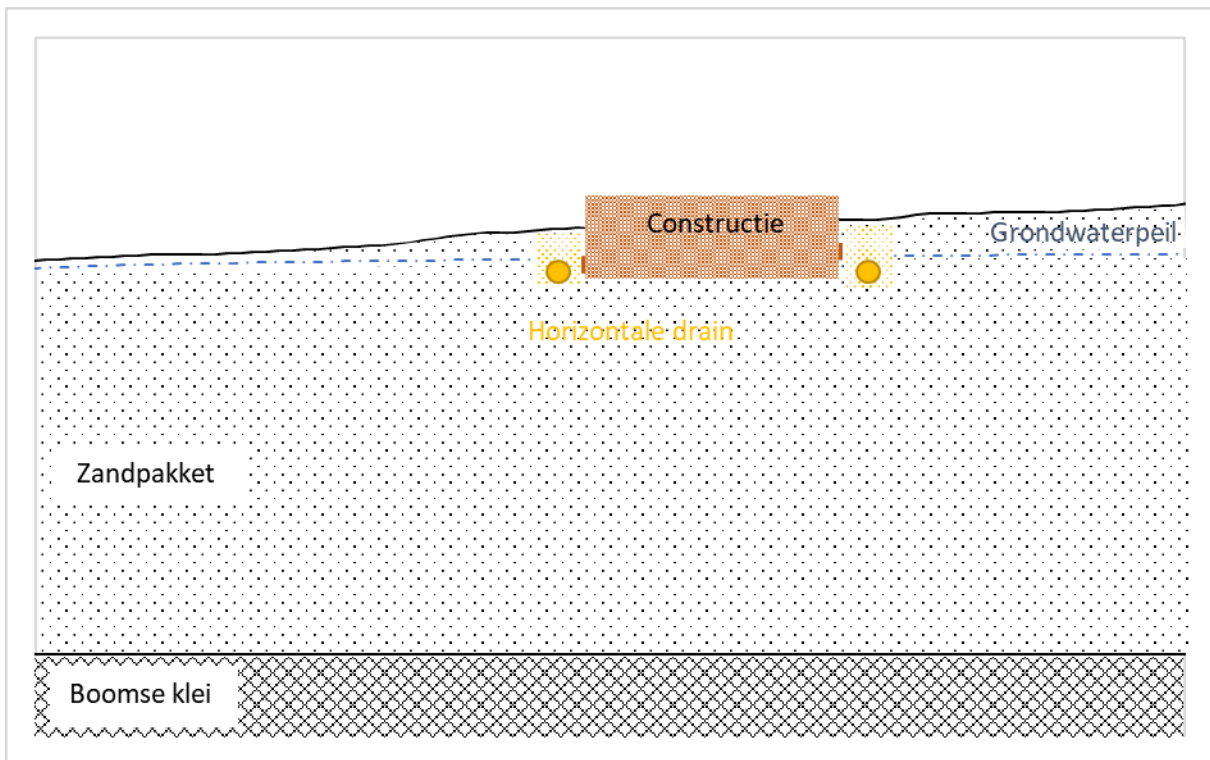


Figuur 35: Grondwaterstijging (m) onder invloed van de permanente situatie bij een 1,0 meter hogere grondwaterstand.

Om de opbolling van het grondwater tegen de ondergrondse kelderverdieping tegen te gaan, zal een horizontale drain rondom de ondergrondse constructie geplaatst worden. De locatie van deze horizontale drain wordt weergegeven op Figuur 36, een conceptuele voorstelling op Figuur 37. Deze horizontale drain zal in de permanente situatie voor een hydraulisch contact zorgen tussen de stroomopwaartse en stroomafwaartse zone van de bouwput en zal hierdoor, volgens het principe van communicerende vaten, het overtollige grondwater in het stroomopwaartse gebied afleiden naar de stroomafwaartse zone, waardoor het grondwaterpeil in beide zones op eenzelfde niveau zal komen te staan.



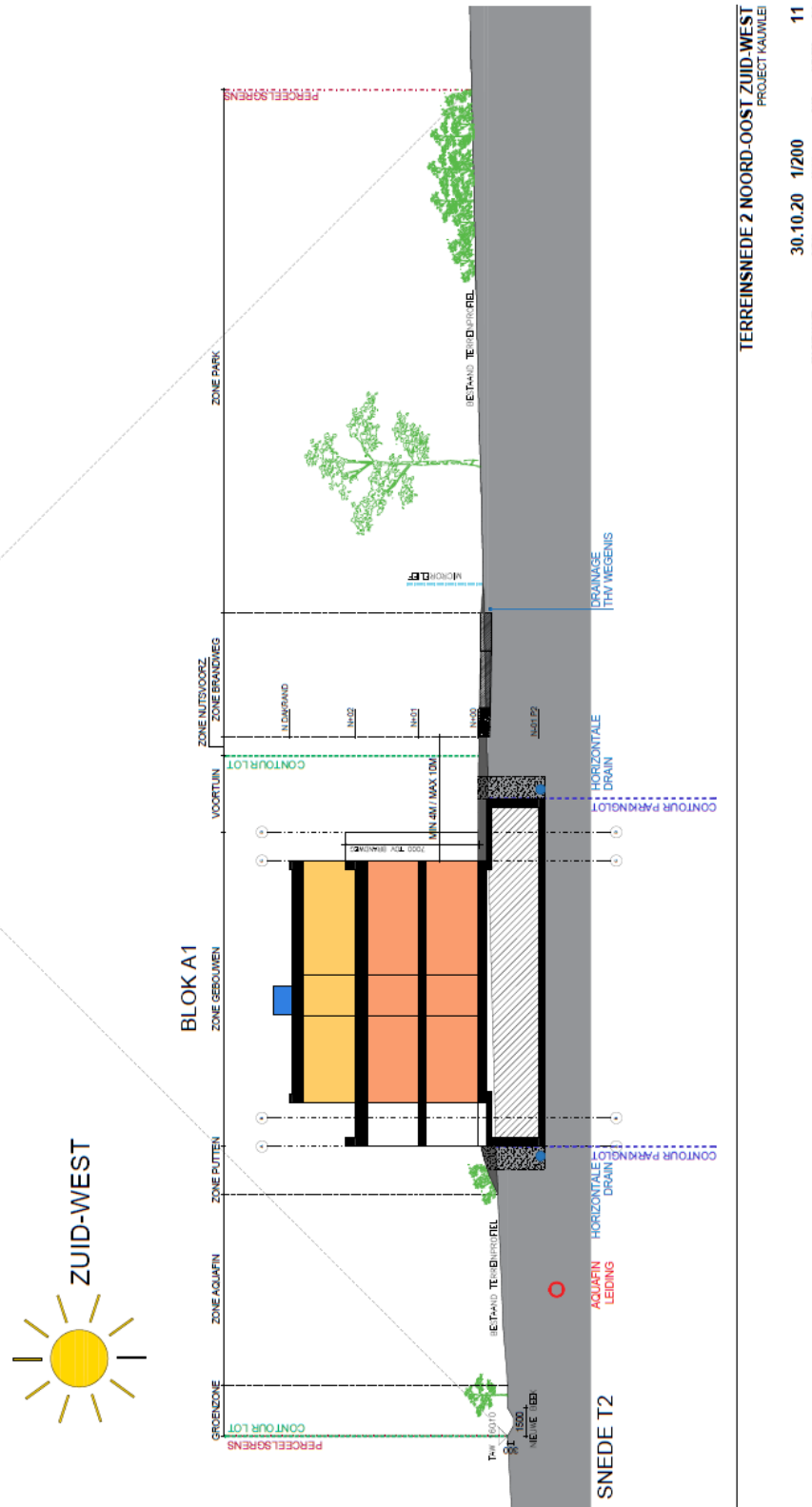
Figuur 36: Locatie van de horizontale drain rondom de ondergrondse verdieping om de opbolling van het grondwater tegen te gaan.



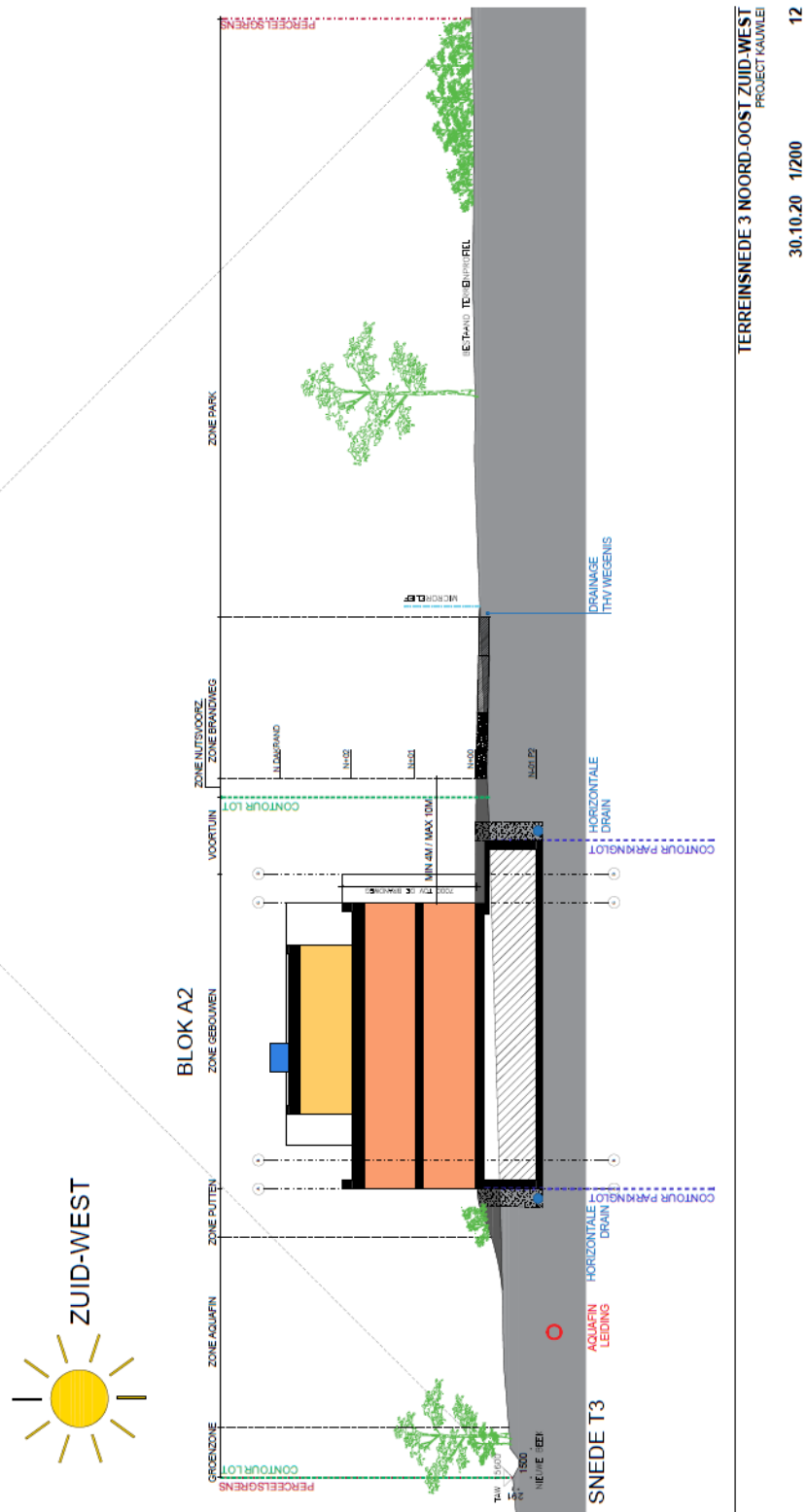
Figuur 37: Conceptuele voorstelling van de werking van de horizontale drain rondom de ondergrondse kelderverdieping.



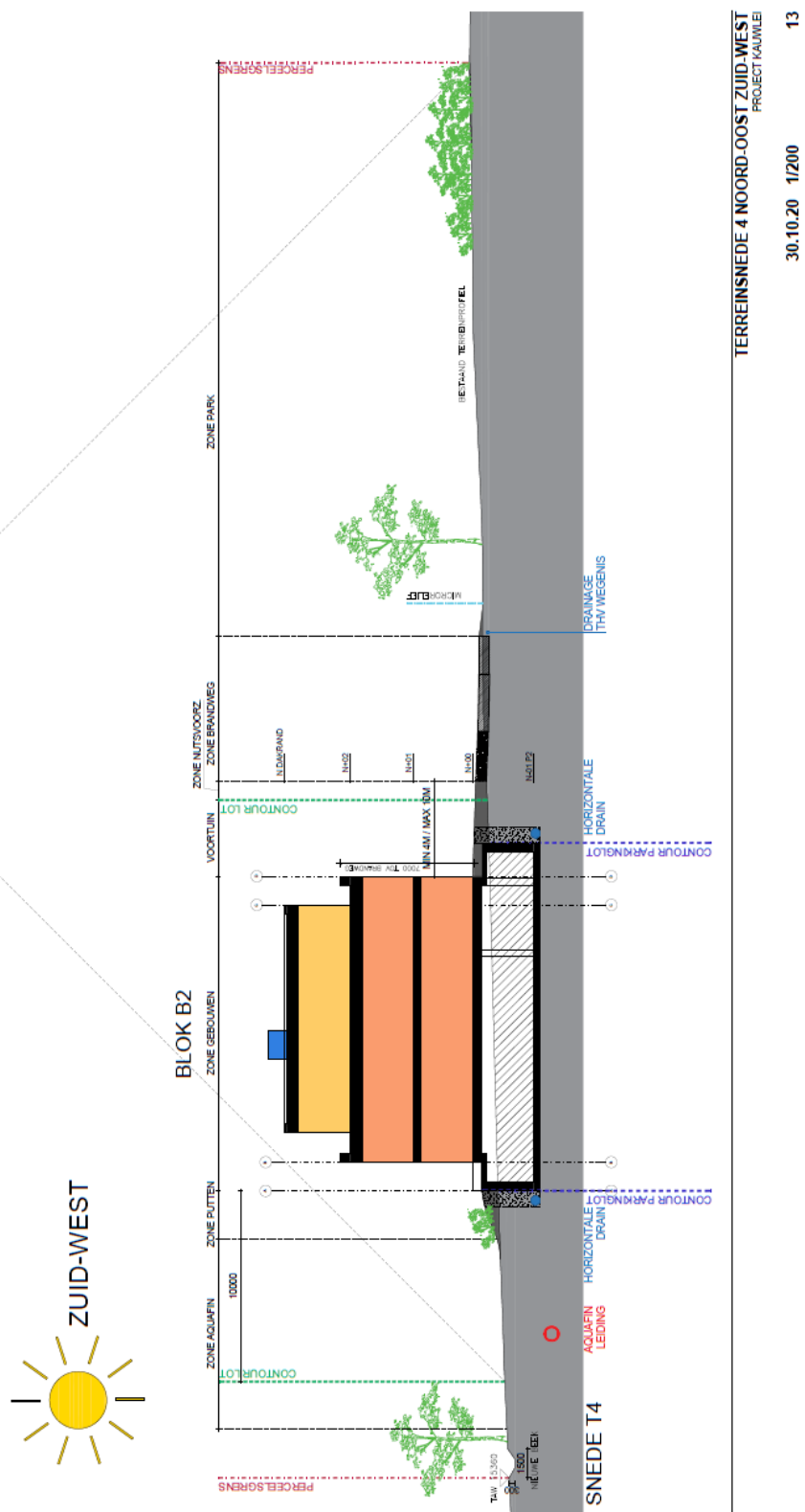
Figuur 38: Locatie van de verticale doorsneden in tot Figuur 39 en met Figuur 43.



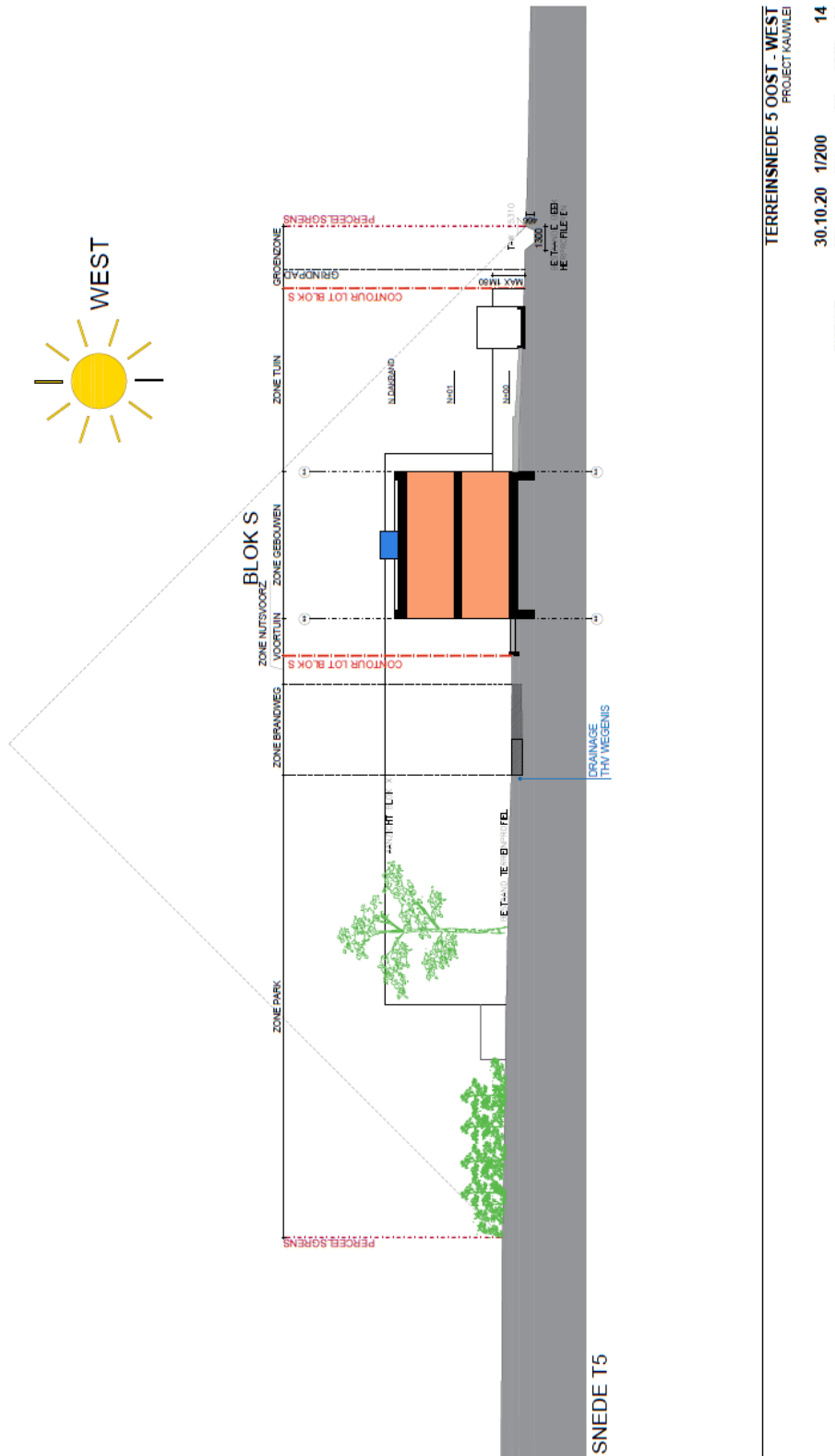
Figuur 39: Conceptuele voorstelling in een verticale doorsnede 1 van de horizontale drain rondom de ondergrondse kelderverdieping. De locatie van de doorsnede wordt weergegeven op Figuur 38.



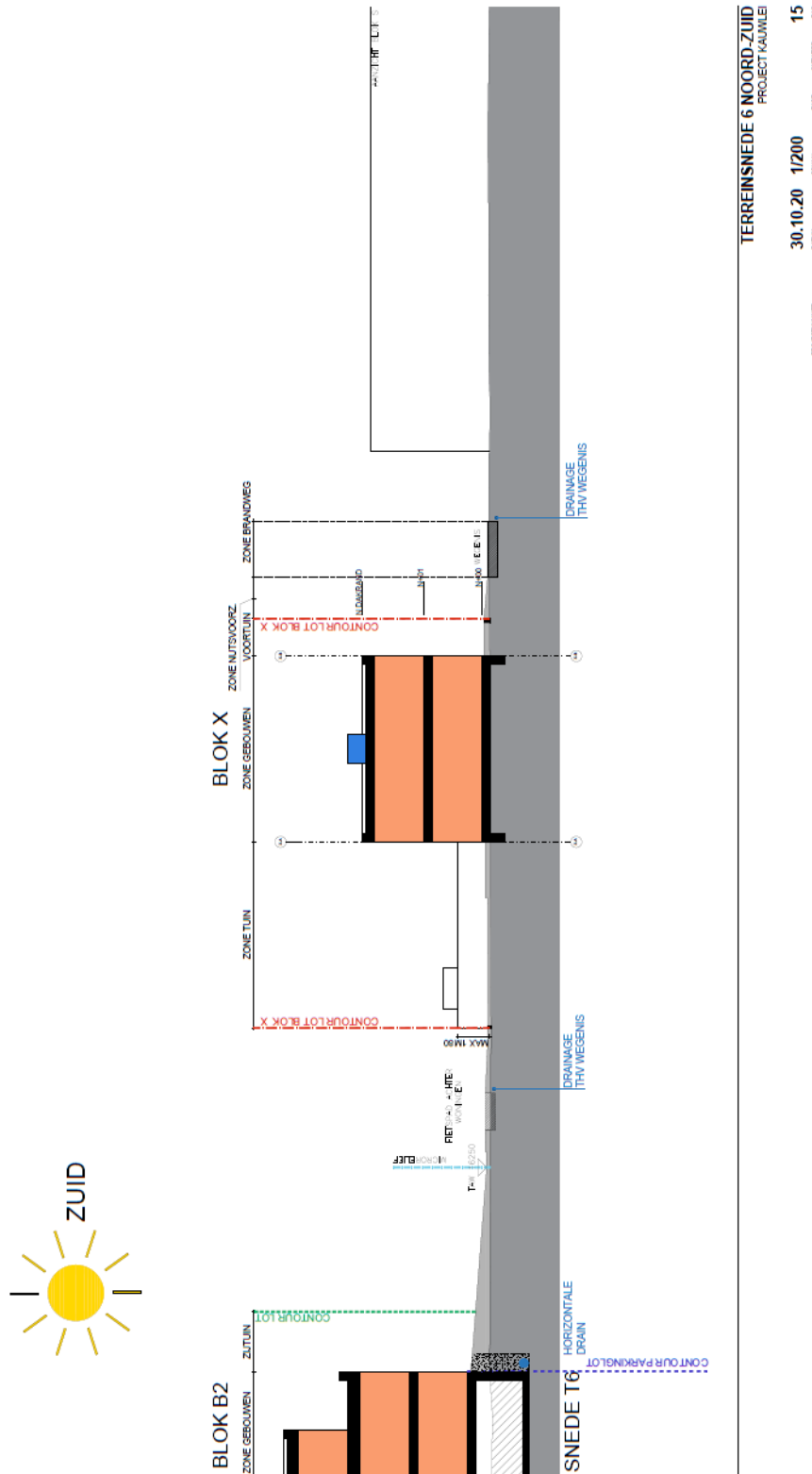
Figuur 40: Conceptuele voorstelling in een verticale doorsnede 2 van de horizontale drain rondom de ondergrondse kelderdieping. De locatie van de doorsnede wordt weergegeven op Figuur 38.



Figuur 41: Conceptuele voorstelling in een verticale doorsnede 3 van de horizontale drain rondom de ondergrondse kelderverdieping. De locatie van de doorsnede wordt weergegeven op Figuur 38.



Figuur 42: Conceptuele voorstelling in een verticale doorsnede 4 van de horizontale drain rondom de ondergrondse kelderdieping. De locatie van de doorsnede wordt weergegeven op Figuur 38.



Figuur 43: Conceptuele voorstelling in een verticale doorsnede 5 van de horizontale drain rondom de ondergrondse kelder diepheid. De locatie van de doorsnede wordt weergegeven op Figuur 38.



6 Infiltratie- of buffervoorziening

6.1 Randvoorwaarden

Om een infiltratie- of buffervoorziening te kunnen ontwerpen is het noodzakelijk om inzicht te krijgen in het watersysteem. Zo is het aangewezen om de grondwaterstand en de infiltratiecapaciteit van de bodem te bepalen op basis van metingen.

6.1.1 Infiltratiecapaciteit

Om na te gaan of in het projectgebied het hemelwater op afdoende manier in de ondergrond kan dringen, is het van belang om de infiltratiecapaciteit van het projectgebied in te schatten. De infiltratiecapaciteit is afhankelijk van de grondsoort ter hoogte van de projectsite. De waterdoorlatendheid of permeabiliteit is het vermogen van de grond om water door te laten. De waterdoorlatendheidscoëfficiënt (K-factor) vormt de maat voor de waterdoorlatendheid en is afhankelijk van:

- De geometrie van het poriënstelsel;
- Textuur en structuur van de bodem;
- Intrinsieke eigenschappen van de bodemoplossing (viscositeit en dichtheid);
- Bodemvochtgehalte.

Om de infiltratiecapaciteit van de ondergrond te kunnen afleiden, dient een uitgebreid grondonderzoek uitgevoerd te worden. Het uitgevoerde grondonderzoek op de projectsite wordt uitvoerig beschreven in paragraaf 3.1, waaruit blijkt dat de toplaag ter hoogte van de projectsite voornamelijk bestaat uit lemig fijn zand, dat plaatselijk fijner is en eerder bestaat uit leem.

Op basis van de grondsoort kan een inschatting gemaakt worden van de infiltratiecapaciteit aan de hand van Tabel 10, uit Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (2012)^[2]. Indien uitgegaan wordt van lemig fijn zand of leem, kan de infiltratiecapaciteit aan het maaiveld ter hoogte van de projectsite ingeschat worden tussen ca. $5,8E^{-7}$ m/s en $3,1E^{-6}$ m/s (tussen 2,1 en 11 mm/h).

Tabel 10: Infiltratiecapaciteit in functie van de grondsoort (Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid, 2012)^[2].

Grondsoort	Infiltratiecapaciteit in mm/h				
	m/s	m/dag	mm/h l/h/m ²	mm/dag l/dag/m ²	l/h/100m ²
Grof zand	$1,5 \cdot 10^{-4}$	12	500	12 000	50 000
Fijn zand	$5,6 \cdot 10^{-6}$	0,48	20	480	2 000
Leemachtig fijn zand	$3,1 \cdot 10^{-6}$	0,26	11	260	1 100
Lichte zavel	$2,8 \cdot 10^{-6}$	0,24	10	240	1 000
Löss	$1,7 \cdot 10^{-6}$	0,14	6	140	600
Veen	$6,1 \cdot 10^{-7}$	0,053	2,2	53	220
Leem	$5,8 \cdot 10^{-7}$	0,050	2,1	50	210
Lichte klei	$4,2 \cdot 10^{-7}$	0,036	1,5	36	150
Matig zware klei	$1,4 \cdot 10^{-7}$	0,012	0,5	12	50
Kleiige leem	$1,1 \cdot 10^{-7}$	0,0096	0,4	9,6	40

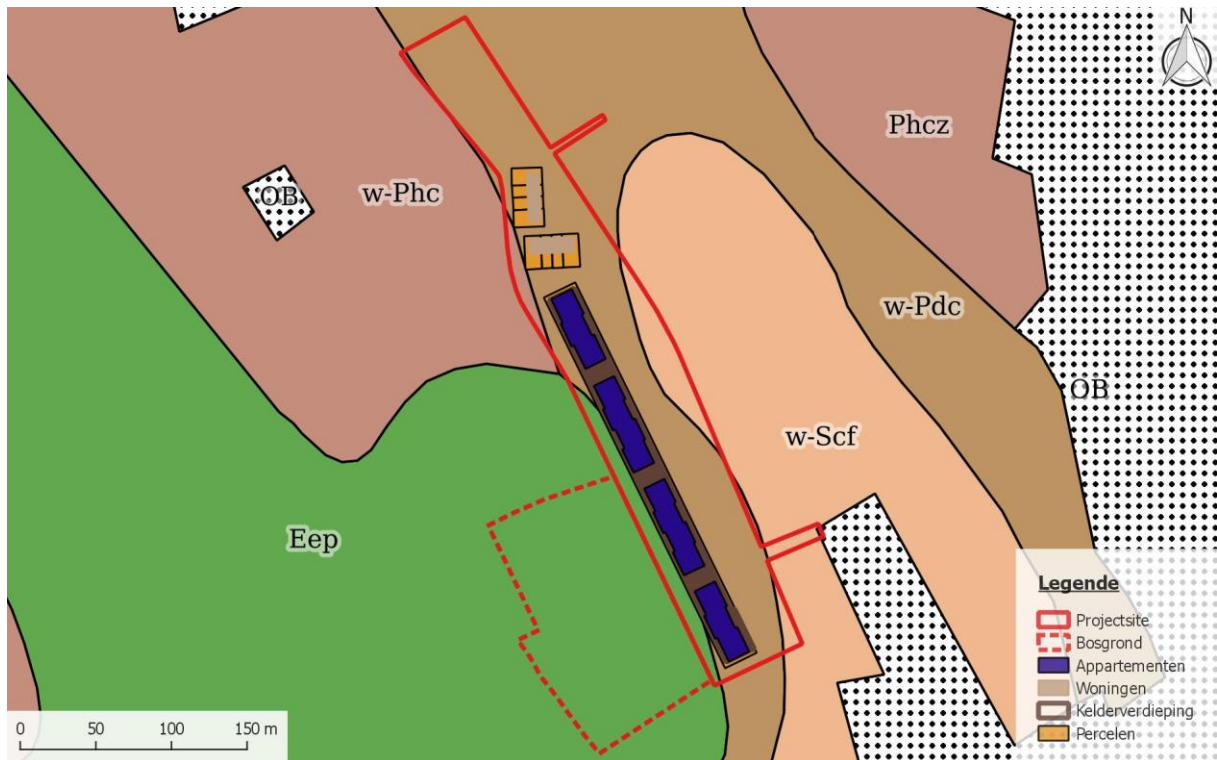


Op basis van de bodemtextuur vermeld op de Belgische bodemkaart kan men eveneens een inschatting maken van de infiltratiecapaciteit. Uit de bodemkaart (Figuur 44) blijkt dat er ter hoogte van de projectsite vier verschillende bodemtypes voorkomen:

- w-Pdc: matig natte licht zandleembodem;
- w-Phc: natte licht zandleembodem;
- w-Scf: matig droge lemig zandbodem;
- Eep: sterk gleyige kleibodem.

De bodemtypes worden aangeduid met behulp van een kernserie van drie letters (Abc):

- **Letter “A”** verwijst naar de textuur (zand, leem, klei,...) van de bodem:
 - Z en S: altijd geschikt voor infiltratie (zand, lemig zand).
 - P, L en A: matig geschikt voor infiltratie (lichte zandleem, zandleem, leem).
 - E en U: niet geschikt voor infiltratie (klei, zware klei).
- **Letter “b”** verwijst naar de drainageklasse (nat, droog) van de bodem. Natte gronden zullen steeds moeilijker infiltreren dan droge. Men kan uitgaan van volgende klassering:
 - a, b en c: geschikt voor infiltratie (zeer droog, zonder gley, zwak gleyig)
 - d: diepe infiltratievoorzieningen zijn waarschijnlijk moeilijk te realiseren (matig gleyig)
 - vanaf e: noodzaak om te werken met ondiepe, bovengrondse infiltratievoorzieningen (sterk gleyig).
- **Letter “c”** verwijst naar de profielontwikkeling. Deze parameter is minder van toepassing voor het bepalen van de infiltratiegevoeligheid van de bodem.



Figuur 44: Bodemkaart ter hoogte van de projectsite.

Ten oosten en ten noorden van de geplande bebouwing komt voornamelijk bodemsoort Pdc voor. Deze bodem is matig geschikt voor infiltratie. Aan de hand van Tabel 11, uit VMM (2017)^[5], kan besloten worden dat deze bodem een gemiddelde infiltratiecapaciteit van 13,64 mm/h vertoont, die schommelt tussen 2,77 mm/h en 66,96 mm/h.

Ten zuidwesten van de geplande bebouwing komt bodemsoort Eep voor. Deze bodem is niet geschikt voor het plaatsen van infiltratie.

Tabel 11: Infiltratiecapaciteit in functie van de textuur (VMM (2017)^[5]).

Textuurklasse	Infiltratiecapaciteit Ksat (mm/u)			Infiltratiecapaciteit Ksat (m/s)		
	Var-	gemiddelde	Var+	Var-	gemiddelde	Var+
Z ('zand')	22,5	74	243	6,25 x10-6	2,05 x10-5	6,75 x10-5
S ('lemig zand')	5,15	19,58	74,52	1,43 x10-6	5,44 x10-6	2,07 x10-5
E ('klei*')	4,54	17,46	67,32	1,26 x10-6	4,85 x10-6	1,87 x10-5
P ('licht zandleem')	2,77	13,64	66,96	7,70 x10-7	3,79 x10-6	1,86 x10-5
L ('zandleem')	1,4	7,45	39,6	3,90 x10-7	2,07 x10-6	1,10 x10-5
A ('leem')	1,03	5,69	31,21	2,86 x10-7	1,58 x10-6	8,67 x10-6
U ('zware klei')	-	-	-	-	-	-

Var- : aanduiding van variabiliteit waarbij 66% van de waarnemingen hoger was dan Var-
Var+ : aanduiding van variabiliteit waarbij 66% van de waarnemingen lager was dan Var+
*bodemklasse E wordt volgens de bodemkaart 'klei' genoemd, maar omvat in praktijk grote variabiliteit van bodemtexturen

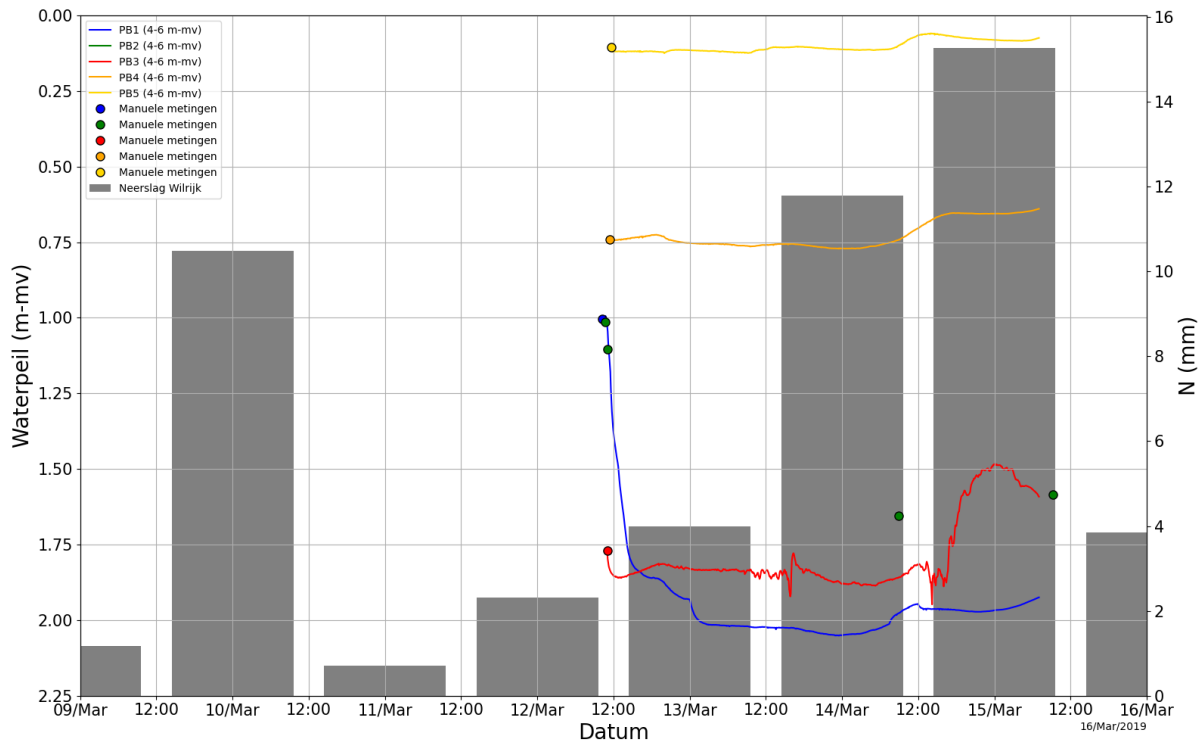
6.1.2 Grondwaterstand

Het aanleggen van een infiltratievoorziening is enkel mogelijk indien de grondwaterstand dit toelaat. Indien infiltratie slechts deels mogelijk is of onmogelijk is omwille van de grondwaterstand, kan aan buffering met vertraagde afvoer worden gedacht.

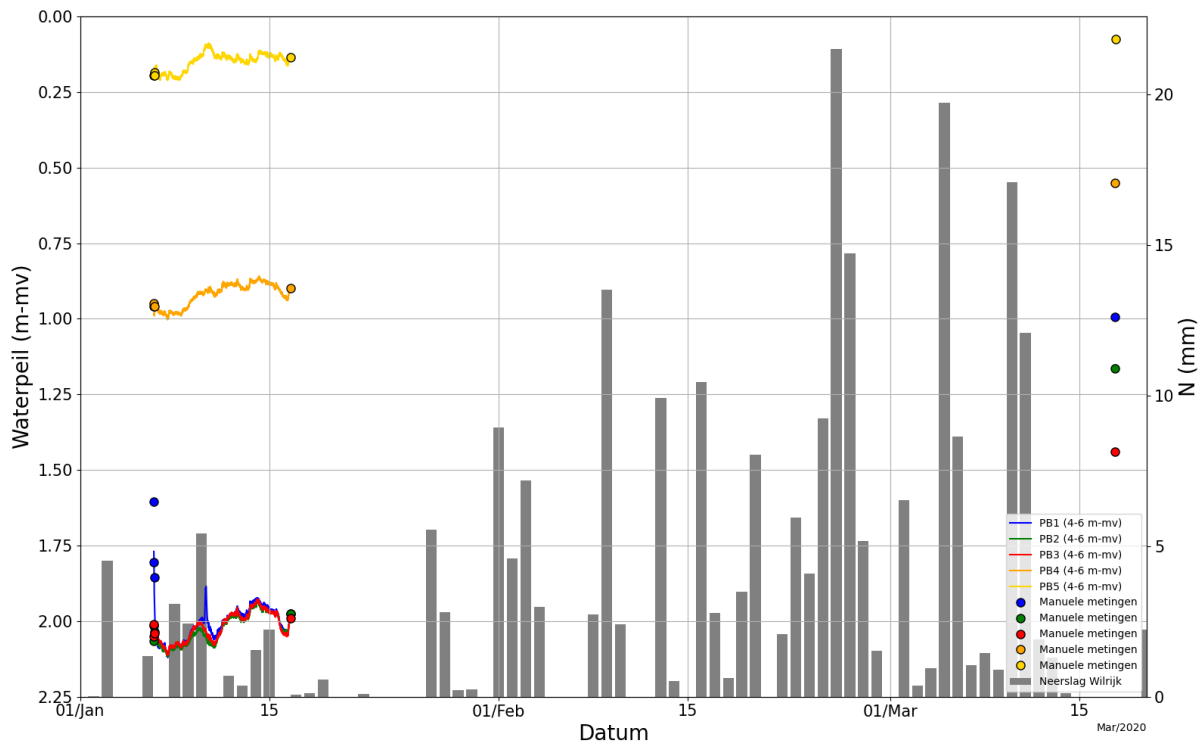
Het grondwaterpeil fluctueert doorheen het jaar. Gewoonlijk wordt het hoogste peil bereikt eind maart en het laagste eind september. Daarnaast variëren ook deze hoogste en laagste peilen van jaar tot jaar. Het waterpeil dat bijvoorbeeld eind maart bereikt wordt, is afhankelijk van de weercondities in de periode die eraan vooraf gaat. De gemiddelde seizoensfluctuatie van het grondwaterpeil is te karakteriseren met twee variabelen: de gemiddelde hoogste en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GHG en GLG), uitgedrukt in meter onder maaiveld (m-mv). Om deze variabelen te bepalen zijn echter meetreeksen van minimaal acht jaar noodzakelijk. Aangezien het in nagenoeg alle projecten niet mogelijk is om zo lang te meten, kan er gebruik gemaakt worden van de grondwaterstandsindicator en de bodemkaart, beschikbaar op DOV, om voor de locatie toch een idee te krijgen van de lange-termijn fluctuatie van de grondwaterstand.

6.1.2.1 Gemeten grondwaterstanden op de projectsite

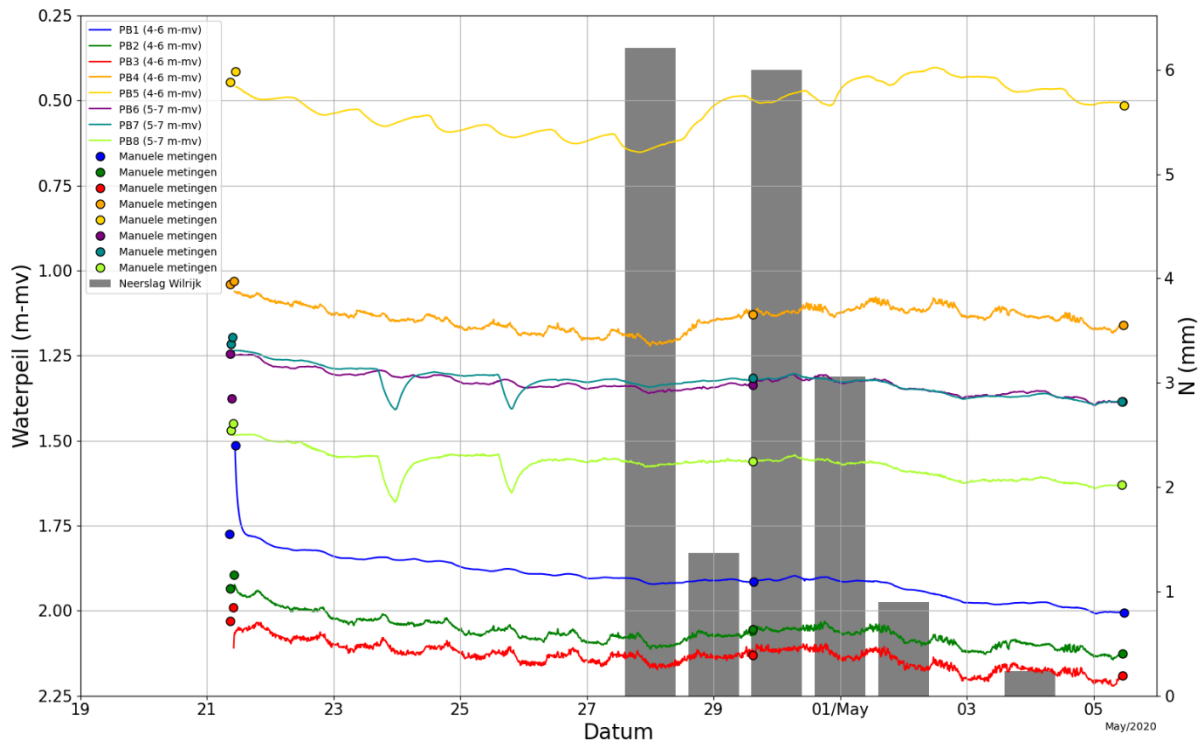
De uitgevoerde meetrondes van de grondwaterpeilen op de projectsite worden uitvoerig beschreven in paragraaf 3.2. Op Figuur 45 tot en met Figuur 47 worden voor de 3 meetperiodes de grondwaterpeilen weergegeven in m-mv ten opzichte van het lokale maaiveld. In deze grafieken worden ook steeds de dagelijkse neerslaghoeveelheden, opgemeten in een weerstation te Wilrijk, weergegeven.



Figuur 45: Opgemeten grondwaterpeilen in de periode tussen 9 en 16 maart 2019.



Figuur 46: Opgemeten grondwaterpeilen in de periode tussen 6 en 16 januari 2020, samen met de manuele meting van 17 maart 2020.



Figuur 47: Opgemeten grondwaterpeilen in de periode tussen 21 april en 5 mei 2020.

Uit deze opgemeten grondwaterpeilen blijkt dat het grondwaterpeil ter hoogte van PB1, PB2 en PB3 zich in droge periodes ca. 2 meter onder het maaiveld bevindt. Gezien het variërende maaiveldpeil en de lagere ligging van peilbuizen PB4 en PB5, ligt het grondwaterpeil ter hoogte van deze peilbuizen beduidend hoger op respectievelijk ca. 0,9 m-mv en 0,25 m-mv. De manuele opmeting van het grondwaterpeil op 17 maart 2020 toont aan dat het grondwaterpeil ten gevolge van een periode met veel neerslag beduidend kan stijgen, waarbij het grondwaterpeil tot 1 meter hoger ligt. In een natte periode kan het grondwaterpeil ter hoogte van PB1, PB2 en PB3 hierdoor stijgen tot ca. 1 m-mv en in PB4 tot ca. 0,6 m-mv. Aangezien het grondwaterpeil in PB5 reeds in droge periodes nagenoeg aan het maaiveld staat, is de stijging van het grondwaterpeil ter hoogte van PB5 onder invloed van overvloedige neerslag verwaarloosbaar.

In peilbuizen PB6, PB7 en PB8 werd het grondwaterpeil enkel opgemeten gedurende de laatste meetperiode, gezien de peilbuizen daarvoor nog niet geplaatst waren. Het grondwaterpeil ligt op ca. 1,25 à 1,5 m-mv. Indien de waargenomen grondwaterstijging in maart 2020 doorgetrokken wordt naar deze peilbuizen kan het grondwaterpeil ter hoogte van deze peilbuizen in een natte periode stijgen tot ca. 0,25 à 0,5 m-mv.

6.1.2.2 Inschatting GHG en GLG op basis van de bodemkaart

De bodemkaart van België kan een eerste grove indicatie geven van de grondwaterdynamiek die op een bepaalde plaats te verwachten is. Zoals reeds vermeld in paragraaf 6.1.1 en op Figuur 44, komen er ter hoogte van de projectsite 4 verschillende bodemtypes voor:

- w-Pdc: matig natte licht zandleembodem;
- w-Phc: natte licht zandleembodem;
- w-Scf: matig droge lemig zandbodem;
- Eep: sterk gleyige kleibodem.

De bodemtypes worden aangeduid met behulp van een kernserie van drie letters (Abc):

- **Letter “A”** verwijst naar de textuur (zand, leem, klei,...) van de bodem.
- **Letter “b”** verwijst naar de drainageklasse (nat, droog) van de bodem.
- **Letter “c”** verwijst naar de profielontwikkeling.

Voor een inschatting van de grondwaterstand is voornamelijk de textuurletter en de drainageklasse van belang. Ten oosten en ten noorden van de geplande bebouwing is voornamelijk bodemsoort Pdc aanwezig. Uit Tabel 12, uit Van Ranst, E. & Sys, C. (2000)^[5], kan een GHG tussen 0,4 en 0,6 m-mv ingeschat worden en een GLG > 1,25 m-mv.

Tabel 12: Indicatieve waarden voor de GHG en GLG (cm-mv) per textuur- en drainageklasse. Gebaseerd op de diepte van roest (indicatief voor GHG) en reductie (indicatief voor GLG) per drainageklasse (Van Ranst, E. & Sys, C. (2000)^[5]).

Drainageklasse	Zware texturen		Lichte texturen	
	Textuurklasse: L (zandleem), A (leem), E (klei), U (zware klei), G (stenige gronden)		Textuurklasse: Z (zand), S (lemig zand), P (licht zandleem)	
	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)
.a.	>125	>125	>120	>125
.b.	>125	>125	90-120	>125
.c.	>80	>125	60-90	>125
.d.	50-80	>125	40-60	>125
.e.	20-50	>80	20-40	>100
.f.	0-20	40-80	0-20	50-100
.g.	0	<40	0	<50
.h.	20-50	>125	20-40	>125
.i.	0-20	>125	0-20	>125
.A.	Van 50 tot >125	>125	Van 40 tot >120	>125
.B.	>125	>125	Van 90 tot >120	>125
.D.	Van 50 tot >80	>125	40-90	>125
.F.	0-50	Van 40 tot >80	0-40	Van 50 tot >100
.G.	0-50	Van 40 tot >125	0-40	Van 50 tot >125
.H.	0-50	Van <40 tot >125	0-40	Van <50 tot >125
.I.	0-50	>125	0-40	>125

6.1.2.3 Inschatting GHG en GLG op basis van grondwaterstandsindicator

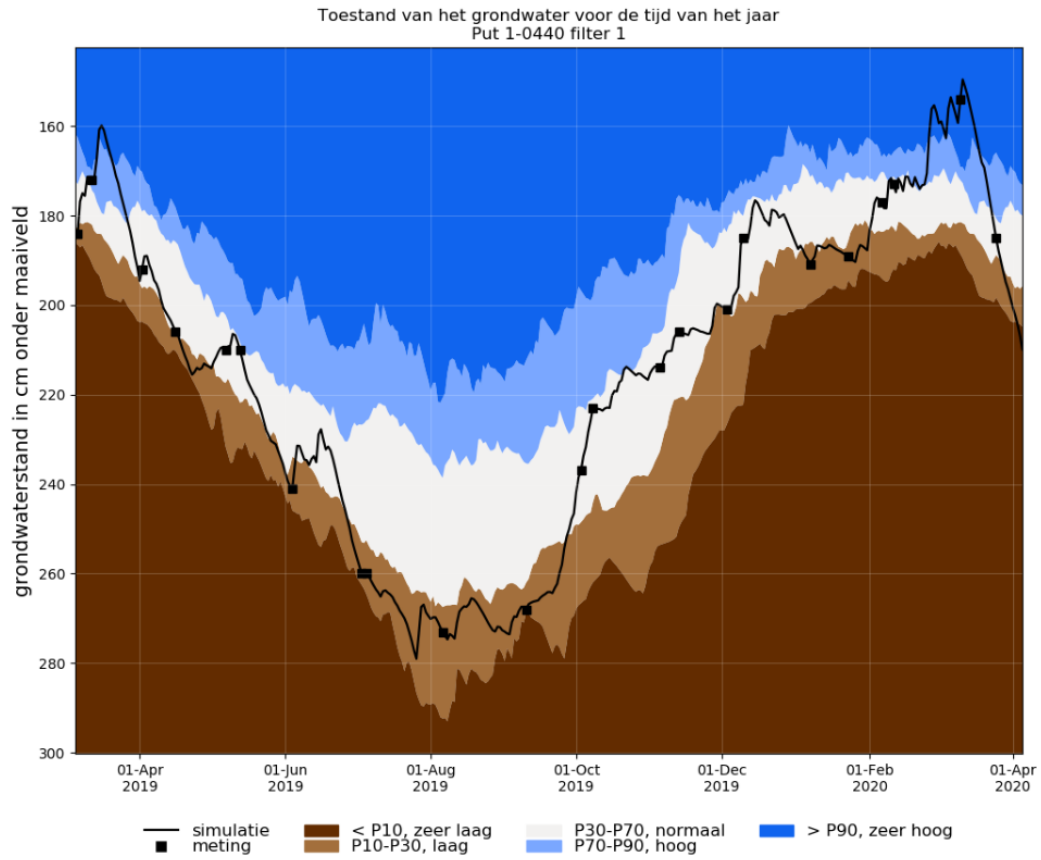
Aan de hand van een grondwaterstandsindicator op Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV), kan een inschatting gemaakt worden van de lange-termijn fluctuatie van de grondwaterstand. De grondwaterstandsindicator geeft op basis van een percentielwaarde (p) weer of die meting gebeurd is in een periode die relatief nat, relatief droog of eerder normaal was. Wanneer men er vanuit gaat dat naburige locaties op eenzelfde moment zich in een gelijkaardige situatie met betrekking tot de grondwaterstand bevinden, en dus eenzelfde ogenblikkelijke grondwaterstandsindicator vertonen, kan men de meetwaarden extrapoleren naar de GLG en GHG (respectievelijk p10 en p90).

Op ca. 2 km afstand van de projectsite is een grondwaterindicator op DOV aanwezig. De locatie van de grondwaterindicator wordt weergegeven op Figuur 48, de grafiek van de grondwaterindicator op Figuur 49. Voor peilbuizen PB1 tot en met PB5 werd voor drie verschillende tijdstippen de overeenkomstige percentielwaarde uit de grondwaterindicator afgeleid. Op de meeste plaatsen met ondiepe grondwaterstanden schommelt het grondwaterpeil op jaarbasis met 1 à 2 meter en kan men als eerste aanname voor het verschil tussen de GHG en GLG 1,5 meter nemen.

De resultaten van de inschatting van de GLG en GHG op basis van de gemeten grondwaterstanden en de grondwaterindicator wordt gegeven in Tabel 13. Uit deze tabel kan besloten worden dat ter hoogte van PB1 tot en met PB3 de GHG ca. 1,5 m-mv bedraagt. Uit de opgemeten grondwaterstanden bleek echter dat het grondwater in een natte periode kan stijgen tot ca. 1,0 m-mv. Ter hoogte van PB4 en PB5 bedraagt de GHG respectievelijk ca. 0,6 m-mv en 0,00 m-mv. In het noordelijk deel van de projectsite bedraagt de GHG ca. 0,5 m-mv.



Figuur 48: Locatie van de grondwaterindicator ten opzichte van de projectsite.



Figuur 49: Grondwaterindicator voor het afgelopen jaar.



Tabel 13: Berekende GHG en GLG in m-mv op basis van de grondwaterindicator en de opgemeten grondwaterstanden op drie verschillende tijdstippen.

	14/03/2019	10/01/2020	17/03/2020	28/04/2020	Gemiddelde
percentiel	0.95	0.71	0.98	0.37	
PB1					
gemeten	1.99	2.01	1.00	1.92	1.73
GLG	3.27	2.93	2.32	2.33	2.71
GHG	2.07	1.73	1.12	1.13	1.51
PB2					
gemeten	1.69	2.06	1.17	2.09	1.75
GLG	2.97	2.98	2.49	2.50	2.73
GHG	1.77	1.78	1.29	1.30	1.53
PB3					
gemeten	1.78	2.05	1.44	2.15	1.86
GLG	3.06	2.97	2.76	2.56	2.83
GHG	1.86	1.77	1.56	1.36	1.63
PB4					
gemeten	0.71	0.91	0.55	1.19	0.84
GLG	1.99	1.83	1.87	1.60	1.82
GHG	0.79	0.63	0.67	0.40	0.62
PB5					
gemeten	0.09	0.11	0.08	0.60	0.22
GLG	1.37	1.03	1.40	1.01	1.20
GHG	0.17	-0.18	0.20	-0.20	0.00
PB6					
gemeten				1.35	1.35
GLG				1.76	1.76
GHG				0.56	0.56
PB7					
gemeten				1.33	1.33
GLG				1.74	1.74
GHG				0.54	0.54
PB8					
gemeten				1.57	1.57
GLG				1.98	1.98
GHG				0.78	0.78



6.2 Type infiltratievoorziening/buffervoorziening

Aan de hand van de infiltratiecapaciteit van de bodem ingeschat in paragraaf 6.1.1 en de richtlijnen in Tabel 14 kan het type infiltratievoorziening of buffervoorziening gedimensioneerd worden. Hieruit blijkt dat de bodemsoort geschikt is voor een 100% infiltratievoorziening. Uit de opgemeten grondwaterpeilen en de berekende GHG op basis van de grondwaterindicator blijkt echter dat het grondwater in natte periodes zeer ondiep voorkomt onder het maaiveld. Gedurende de natte periode in maart 2020 stond het grondwaterpeil op de meeste locaties ondieper dan 1 meter onder het huidige maaiveld. Deze ondiepe grondwaterstand maakt het nagenoeg onmogelijk een infiltratievoorziening te plaatsen op de projectsite. Rekening houdend met de hoge grondwaterstand wordt best een buffervoorziening geplaatst in combinatie met een vertraagde afvoer.

Tabel 14: Richtlijnen voor het type infiltratie- of buffervoorziening op basis van de infiltratiecapaciteit van de bodem.

Infiltratiecapaciteit K_{sat}		Te ontwerpen bronmaatregelen
$K_{sat} > 1,8 \text{ mm/u}$	$K_{sat} > 5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$	100% infiltratie
$0,36 \text{ mm/u} < K_{sat} < 1,8 \text{ mm/u}$	$1 \times 10^{-7} \text{ m/s} < K_{sat} < 5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$	100% infiltratie of combinatie van infiltratie en vertraagde afvoer
$0,036 \text{ mm/u} < K_{sat} < 0,36 \text{ mm/u}$	$1 \times 10^{-8} \text{ m/s} < K_{sat} < 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$	Combinatie van infiltratie en vertraagde afvoer
$K_{sat} < 0,036 \text{ mm/u}$	$K_{sat} < 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$	100% vertraagde afvoer of bijkomend inzetten op vermijden van afvoer

De buffervoorziening zal bestaan uit bufferputten, aangesloten op de overloop van de regenwaterputten. De regenwaterputten en bufferputten zullen aan de achterzijde van het gebouw geplaatst worden. De bufferputten zullen tevens voorzien worden van overloop die in verbinding staat met het grachtje aan de achterzijde van het gebouw (zie paragraaf 7.3). Via deze gracht kan het overtollige water van de bufferputten vertraagd afgevoerd worden.

In de woningen zal het regenwater uit de hemelwaterput gebruikt worden voor de wasmachine en de buitenkranen. In de appartementen zal het regenwater beschikbaar zijn ter hoogte van een dubbele dienstkraan ter hoogte van elke inkomzone en voor het druppelsysteem van de daktuinen en de uitgietsbakken (14 stuks) in de gemeenschappelijke berging.

6.3 Besluiten

Uit de opgemeten grondwaterstanden kan besloten worden dat het plaatsen van een infiltratievoorziening op de projectsite onmogelijk is ten gevolge van hoge grondwaterstanden in natte periodes. Rekening houdend met de hoge grondwaterstand wordt best een buffervoorziening geplaatst in combinatie met een vertraagde afvoer.



7 Waterhuishouding en afwatering terrein

Om een goede waterhuishouding, betreffende het grondwater en het oppervlaktewater, ter hoogte van de projectsite en de omgeving te bekomen zullen enkele maatregelen genomen worden. In onderstaande paragrafen worden deze maatregelen opgesomd.

7.1 Natuurlijke infiltratie in parkgebied

In het parkgebied aan de voorzijde van de nieuwe gebouwen dient de huidige natuurlijke infiltratiecapaciteit van de ondergrond behouden te blijven. Het regenwater dat in dit parkgebied valt, moet immers op een natuurlijke wijze kunnen infiltreren naar het grondwater, zoals in de huidige toestand. Hierom moet vermeden worden dat de ondergrond ten gevolge van het zwaar verkeer tijdens de bouw van het project verdicht wordt. Hierom zal aandacht besteed worden dat gedurende de bouwfase de verdichting van de ondergrond vermeden wordt, zodat in de toekomstige situatie het regenwater, zoals in de huidige situatie, natuurlijk kan infiltreren naar het grondwater.

7.2 Gracht noordelijk deel terrein achter de woningen

In het noordelijk gedeelte van het projectgebied is een grachtje aanwezig, die het grootste deel van het jaar droog staat, maar bij een periode van overvloedige regenval wel zorgt voor de afwatering van het projectgebied en de tuinen van de aangrenzende woningen. De locatie van de gracht wordt weergegeven op Figuur 50 (nummer 2), de huidige toestand van de gracht op Figuur 51.

Momenteel watert deze gracht af richting het noorden, omdat het maaiveldpeil lokaal hoger ligt in de richting van de Broekbos in vergelijking met het maaiveldpeil ter hoogte van het noordelijke deel van de projectsite. Ten noorden van de projectsite is de gracht echter afgesloten, waardoor bij overvloedige neerslag het water in de gracht niet verder kan afvloeien en de aangrenzende tuinen onder water komen te staan.

Om de afwatering van het noordelijke gedeelte van het projectgebied en de aangrenzende tuinen te kunnen garanderen, zal de bestaande gracht geherprofileerd worden, zodat deze kan afwateren richting het zuiden naar de bestaande gracht aan de Broekbosstraat (nummer 1 op Figuur 50). Zo zal bij hevige regenval het overtollige regenwater, dat niet infiltreert aan het oppervlak, opgevangen kunnen worden in de gracht en vervolgens afwateren in zuidelijke richting, waardoor het water niet meer in de tuinen ten noorden van de projectsite terecht komt.



Figuur 50: Locatie van de noordelijke te herprofileren gracht, de bestaande gracht aan de Broekbosstraat, de nieuw aan te leggen gracht achter de meergezinswoningen en de langsdepressie (microreliëf).



Figuur 51: Huidige toestand van de gracht in het noorden van het projectgebied.

7.3 Waterhuishouding achterzijde meergezinswoningen

Aan de achterzijde van het gebouw wordt een gracht voorzien met een breedte van minstens 50 cm en een diepte van minstens 30 cm (nummer 3 op Figuur 50). De gracht zal aangesloten worden op de bestaande gracht die afwatert richting de Broekbosstraat (nummer 1 op Figuur 50). In de gracht aan de achterzijde van het gebouw zullen overstortdrempels voorzien worden. Deze overstortdrempels zullen ervoor zorgen dat het regenwater in de gracht eerder opgevangen wordt en vervolgens kan infiltreren, dan het regenwater af te voeren. Enkel bij hevige regenval zal het opgevangen regenwater overheen de overstortdrempels kunnen stromen en afgevoerd worden richting de bestaande gracht die afwatert richting de Broekbosstraat. Op de gracht zullen de overlopen van de bufferputten aangesloten worden, waardoor de gracht eveneens zal dienen als een vertraagde afvoer en infiltratie voor de buffervoorziening.



7.4 Waterhuishouding voorzijde gebouwen

Aan de voorzijde van het toekomstige gebouw wordt een parkzone aangelegd. In deze parkzone wordt een langsdepressie, gerealiseerd door middel van microreliëf, aangebracht om bij hevige regenval het overtollige water dat op de brandweg valt en ter hoogte van het parkgebied niet kan infiltreren, gravitair af te voeren richting de bestaande gracht aan de Broekbosstraat. In deze langsdepressie blijft geen water staan, het is enkel een lichte glooiing (microreliëf) in het landschap die bij hevige neerslag het overtollige neerslagwater opvangt, buffert, infiltreert en afvoert, dit om wateroverlast ter hoogte van de brandweg en de omliggende gebouwen te vermijden bij hevige regenval. De locatie van de langsdepressie wordt weergegeven op Figuur 50 (nummer 4).

Deze langsdepressie in het landschap, gerealiseerd door middel van microreliëf, wordt op ca. 10 meter van de brandweg aangelegd en zo ontworpen dat al het overtollige water bij een hevige regenbui vanop de brandweg en het parkgebied hiernaar afstroomt. Tevens wordt deze langsdepressie zo aangelegd dat deze afloopt richting het noorden, waar deze ten noorden van blok B2 in verbinding komt te staan met de gracht aan de achterzijde van het gebouw en de bestaande gracht die afwatert richting de Broekbosstraat. Deze langsdepressie in het parkgebied zal er dus voor zorgen dat het regenwater dat bij hevige regenval niet natuurlijk kan infiltreren in het parkgebied en dat op de verhardingen (brandweg, ...) valt, gravitair afstroomt richting de langsdepressie, waar het opgevangen wordt, kan infiltreren en gravitair afgevoerd worden naar de gracht achter de gebouwen en vervolgens naar de bestaande gracht aan de Broekbosstraat.

Rondom de ondergrondse kelderverdieping zal een horizontale drain aangebracht worden. Deze zal eerst en vooral dienen om de opbolling van het grondwater tegen de ondergrondse kelderverdieping tegen te gaan. Deze horizontale drain wordt echter ook tot aan het maaiveld opgevuld met goed doorlatend zand, waardoor deze in contact blijft staan met het maaiveld. Deze horizontale drain zal dus tevens in staat zijn het overtollig neerslagwater dat richting het gebouw stroomt, versnelt af te voeren naar het grondwater.

Onder de nieuwe wegeis wordt eveneens een drainageleiding voorzien (zie Figuur 36). Deze drainageleiding zal zorgen voor de afwatering van neerslagwater dat op de nieuwe wegeis valt naar het grondwater. Deze drainageleiding zal aangesloten worden op de horizontale drain die rondom de ondergrondse kelderverdieping geplaatst wordt. Hierdoor kan het neerslagwater, opgevangen in de drainageleiding, gravitair afgevoerd worden naar de horizontale drain rondom de ondergrondse kelderverdieping, waar het vervolgens naar het grondwater kan stromen.

Ter hoogte van de inrit van de parking zal een kleine verhoging (drempel) van het maaiveld voorzien worden, om te verhinderen dat bij een hevige regenbui het regenwater afstroomt richting de ondergrondse parking. De zone voor de verhoging zal afwateren richting de langsdepressie in het terrein, waardoor het water daar gravitair kan afwateren richting het noorden en de gracht achter het gebouw.



8 Samenvatting en besluiten

8.1 Bemaling riolering en ondergrondse verdieping tijdens de werken

De bemaling van de ondergrondse verdieping en de riolering kan uitgevoerd worden met behulp van een combinatie van gravitaire filters en dieptebronnen langsheen het traject van de riolering en rondom de ondergrondse verdieping. In het noordelijke deel van de riolering worden bemalingsfilters voorzien, in het zuidelijke deel dieptebronnen langs één zijde van het rioleringstracé. Voor de ondergrondse verdieping worden rondom de bouwput dieptebronnen geplaatst. De dieptebronnen van het rioleringstracé kunnen voor de ondergrondse kelderverdieping hergebruikt worden. Het opgepompte bemalingswater van de dieptebronnen zal geretourneerd worden via een retourbemaling die gestuurd wordt op basis van de opgemeten grondwaterpeilen in peilbuizen tijdens de bemaling.

Het bemalingsdebiet van de dieptebronnen varieert tussen ca. 30 en 95 m³/u. Nagenoeg al het grondwater dat door middel van de dieptebronnen opgepompt wordt, wordt geretourneerd aan de hand van de retourbronnen. Enkel tijdens de kortstondige bemaling van de liftputten kan niet al het bemalingswater geretourneerd worden. Het stationair bemalingsdebiet uit de gravitaire filters bedraagt maximaal ca. 8,5 m³/u. Het resterende debiet aan bemalingswater uit de dieptebronnen en de gravitaire filters kan, indien noodzakelijk, geïnfiltreerd worden op de grens van het natuurgebied (Broekbos) via een greppel. Tevens zal, indien de kwaliteit van het bemalingswater het toelaat, via een buffercontainer bemalingswater beschikbaar gesteld worden voor de brandweer en de buurtbewoners en zal het bemalingswater gebruikt worden voor het benevelen van de werf om stof tijdens de werken te vermijden. Aangezien langsheen de woningen in de Kawlei wegens plaatsgebrek geen retourbemaling kan worden voorzien, wordt langsheen de tuinen van deze woningen in overleg met en indien gewenst door de eigenaars, een leiding met aftapkraantjes voorzien waarvan de bewoners bemalingswater kunnen afnemen voor bijvoorbeeld het besproeien van hun tuin. Het eventueel resterende bemalingswater wordt geloosd op de bestaande gracht in het noordelijk gedeelte van de projectsite (maximale capaciteit ingeschat op ca. 10 à 15 m³/u) en op de riolering in de Kawlei. Het netto debiet (te lozen debiet) varieert tussen 6 en 70 m³/u.

Er zijn geen onaanvaardbare absolute en differentiële zettingen te verwachten ter hoogte van de nabijgelegen gebouwen. De bemaling heeft geen significantie invloed op de waargenomen verontreinigingen in de omgeving van de projectsite.

8.2 Invloed ondergrondse kelderverdieping op natuurlijke grondwaterstroming na de werken

Met behulp van het grondwatermodel werd de invloed van de kelderverdieping op de natuurlijke grondwaterstroming gesimuleerd. De maximale opbolling van het grondwater ter hoogte van de kelderverdieping is verwaarloosbaar en bedraagt maximaal ca. 1,5 cm. Deze verwaarloosbare grondwaterstijging is logisch, aangezien de kelderverdieping slechts een klein deel van het zandpakket aan het maaiveld inneemt terwijl er daaronder nog een dik zandpakket beschikbaar is waarin het grondwater vrij kan stromen.



Om de opbolling van het grondwater tegen de ondergrondse kelderverdieping toch zo veel mogelijk tegen te gaan, zal rondom de volledige ondergrondse kelderverdieping een horizontale drain, aangelegd worden (zie Figuur 36 en Figuur 39). Deze horizontale drain zal in de permanente situatie voor een hydraulisch contact zorgen tussen de stroomopwaartse en stroomafwaartse zone van de bouwput en zal hierdoor, volgens het principe van communicerende vaten, het overtollige water in het stroomopwaartse gebied afleiden naar de stroomafwaartse zone, waardoor het grondwaterpeil in beide zones op eenzelfde niveau zal komen te staan.

8.3 Buffervoorziening na de werken

Uit de opgemeten grondwaterstanden kan besloten worden dat het plaatsen van een infiltratievoorziening op de projectsite weinig zinvol is ten gevolge van hoge grondwaterstanden in natte periodes. Rekening houdend met deze hoge grondwaterstand wordt best een buffervoorziening geplaatst in combinatie met een vertraagde afvoer. De buffervoorzieningen zullen aangesloten worden op de gracht aan de achterzijde van de nieuwe gebouwen.

In de woningen zal het regenwater uit de hemelwaterput gebruikt worden voor de wasmachine en de buitenkranen. In de appartementen zal het regenwater beschikbaar zijn ter hoogte van een dubbele dienstkraan ter hoogte van elke inkomzone en voor het druppelsysteem van de daktuinen en de uitgietsbakken (14 stuks) in de gemeenschappelijke berging.

8.4 Waterhuishouding na de werken

Om de (grond)waterhuishouding ter hoogte van de projectsite te optimaliseren, worden enkele maatregelen genomen:

- De bestaande gracht in het noordelijk gedeelte van het terrein (nummer 2 op Figuur 50) zal worden geherprofileerd. Het regenwater dat niet infiltreert op het terrein, zal opgevangen worden in deze gracht en gravitair afgevoerd worden in de richting van de bestaande gracht richting de Broekbosstraat (nummer 1 op Figuur 50).
- Aan de achterzijde van de nieuwe meergezinswoningen wordt een nieuwe gracht (nummer 3 op Figuur 50) aangelegd die afwatert richting de bestaande gracht in de Broekbosstraat (nummer 1 op Figuur 50). In deze gracht worden overstortdrempels voorzien, die ervoor zorgen dat het regenwater dat in de gracht opgevangen wordt eerder zal infiltreren, dan meteen afgevoerd te worden. Enkel bij hevige regenval zal het opgevangen regenwater overheen de overstortdrempels stromen en afgevoerd worden richting de bestaande gracht in de Broekbosstraat. Op deze gracht worden ook de vertraagde afvoeren van de bufferputten aangesloten.
- Aan de voorzijde van het gebouw, in het parkgebied, wordt op ca. 10 meter van de brandweg een langsdepressie (nummer 4 op Figuur 50) in het landschap gecreëerd, gerealiseerd door middel van microreliëf, naar waar het regenwater gravitair afgevoerd kan worden bij hevige neerslag en vervolgens gravitair afgevoerd kan worden richting de gracht in de Broekbosstraat (nummer 1 op Figuur 50). In deze langsdepressie blijft geen water staan, het is enkel een lichte glooiing (microreliëf) in het landschap die bij hevige neerslag het overtollige neerslagwater opvangt, buffert, infiltreert en afvoert. Zo worden de nieuwe en bestaande gebouwen en het parkgebied gevrijwaard van mogelijke overstromingen bij hevige regenval.



- De horizontale drain (zie Figuur 36 en Figuur 39), gebruikt om de opbolling van het grondwater tegen de ondergrondse kelderverdieping tegen te gaan, zal bij hevige neerslag het regenwater dat richting de gebouwen stroomt versneld kunnen afvoeren naar het grondwater.
- Onder de nieuwe wegenis wordt een drainageleiding voorzien (zie Figuur 36), aangesloten op de horizontale drain rondom de ondergrondse kelderverdieping. Deze drainageleiding zal het neerslagwater, dat op de wegenis valt, gravitair afvoeren naar de horizontale drain, waar het neerslagwater vervolgens naar het grondwater kan stromen.

Deze studie moet beschouwd worden als één geheel. Individuele waarden van parameters en/of resultaten kunnen niet gebruikt worden buiten de globale context van deze studie, zonder toestemming van AGT.

Opgemaakt te Aartselaar op 30 november 2020

Lotte De Henau

Technisch expert AGT n.v.

ir. Yves Meyus

Senior projectleider AGT n.v.

9 Literatuur

- [1] Robert Pitt, P.E., Ph.D., DEE, 1999. Small Storm Hydrology and Why it is Important for the Design of Stormwater Control Practices. In: Advances in Modeling the Management of Stormwater Impacts, Volume 7. (Edited by W. James). Computational Hydraulics International, Guelph, Ontario and Lewis Publishers/CRC Press. 1999.
- [2] Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (2012). Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen. Deel 3: bronmaatregelen.
- [3] Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (2016). Technisch achtergronddocument bij de gewestelijke stedenbouwkundige verordening hemelwater.
- [4] VMM (2008). Grondwater in Vlaanderen: het Centraal Kempisch Systeem, 110 pp.
- [5] VMM (2017). Opstellen van richtlijnen voor meten van infiltratiecapaciteit en modelmatig onderbouwen voor dimensionering van infiltratievoorzieningen.
- [6] Van Ranst, E., Sys, C. (2000). Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen (Schaal 1: 20 000). Universiteit Gent.

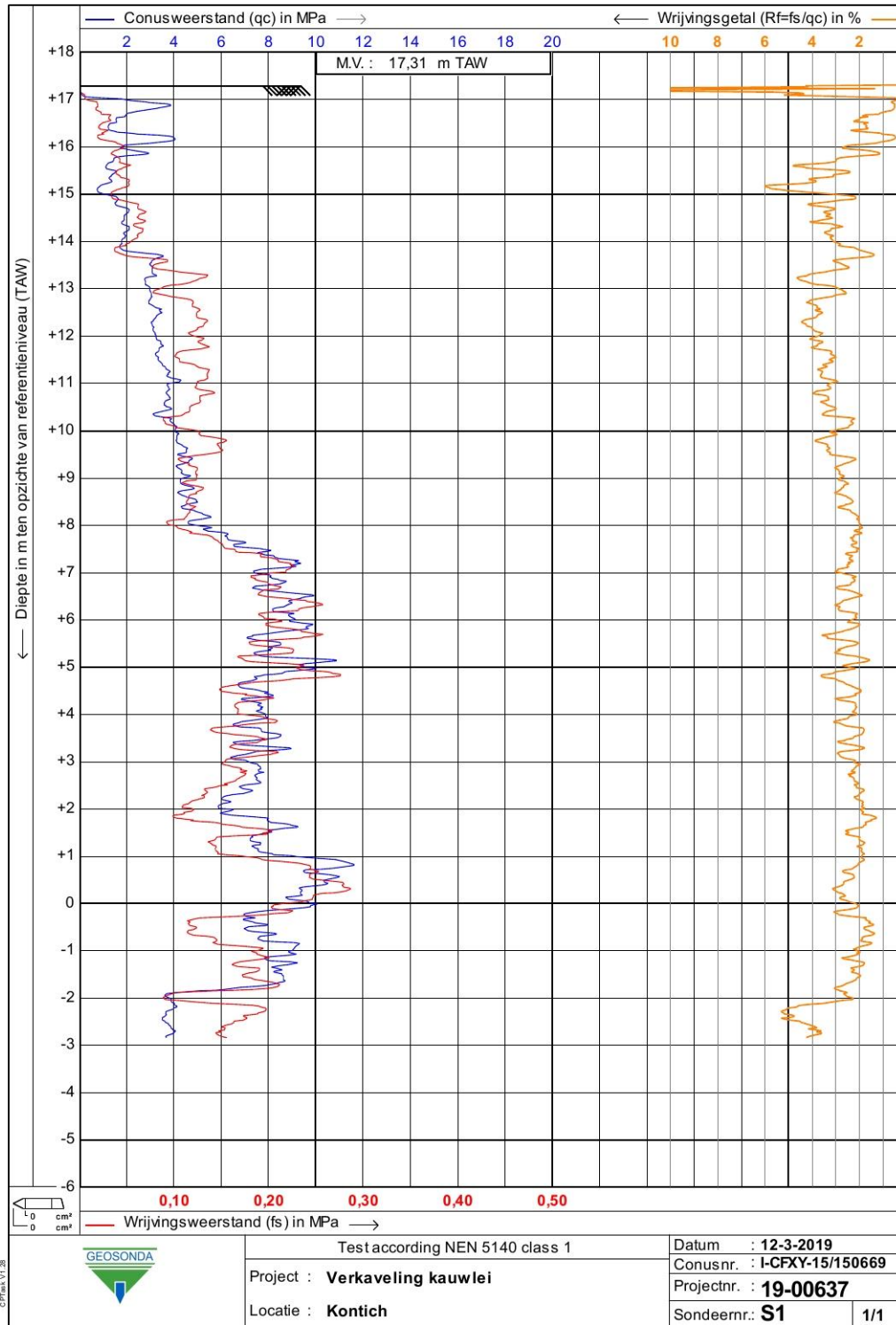


AGT

ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES

10 Bijlagen

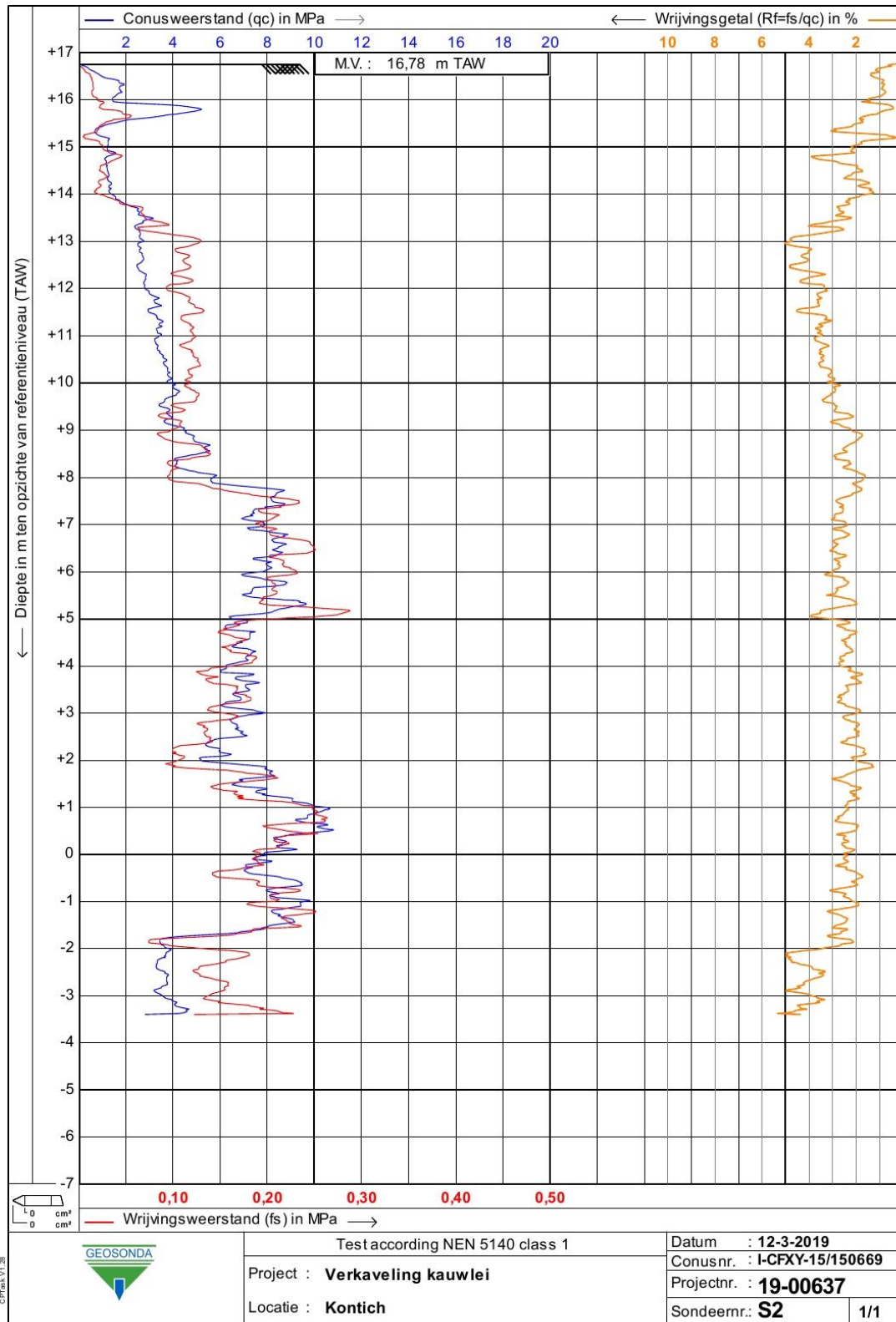
10.1 Sonderingen projectsite





AGT

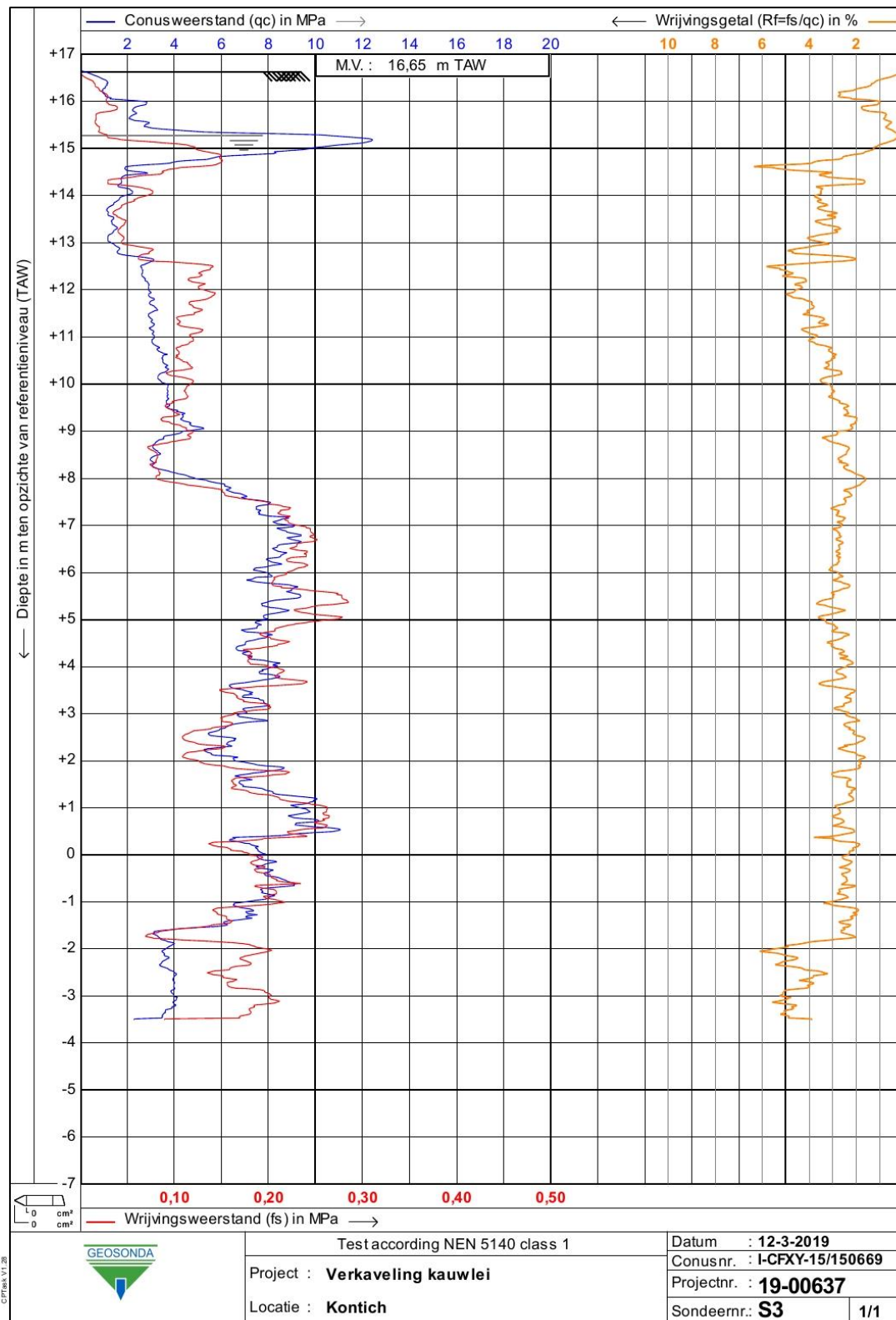
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





AGT

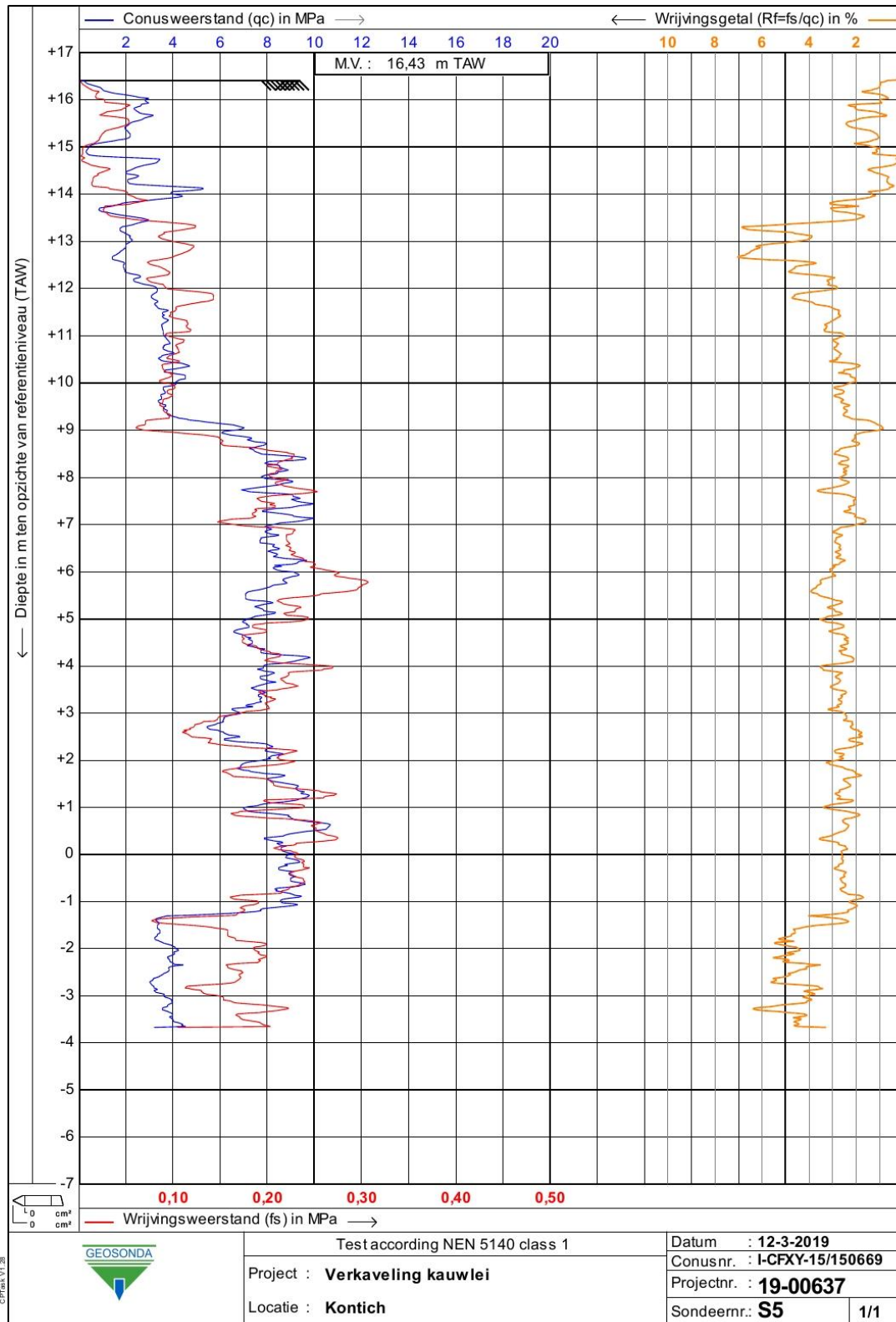
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





AGT

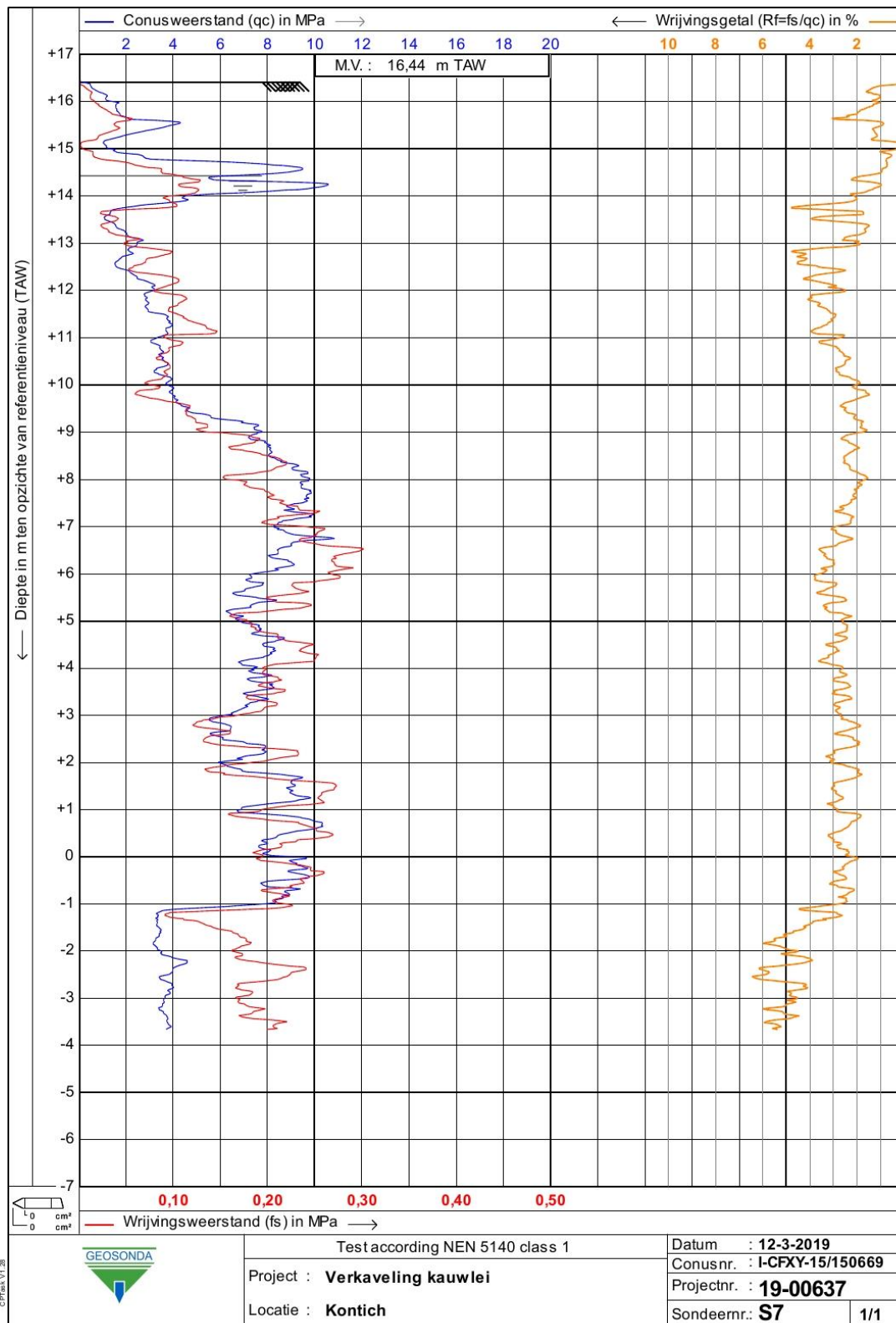
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





AGT

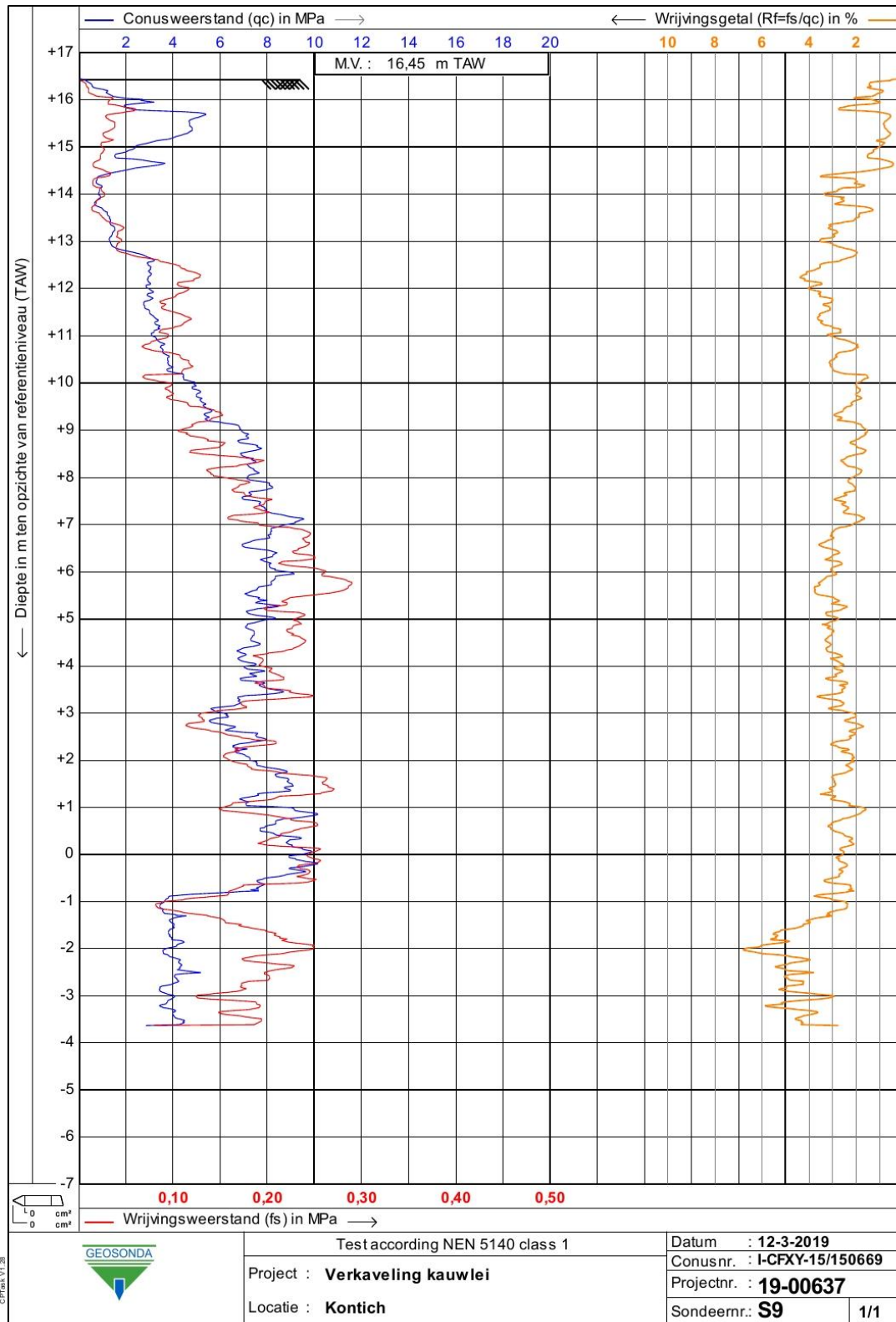
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





AGT

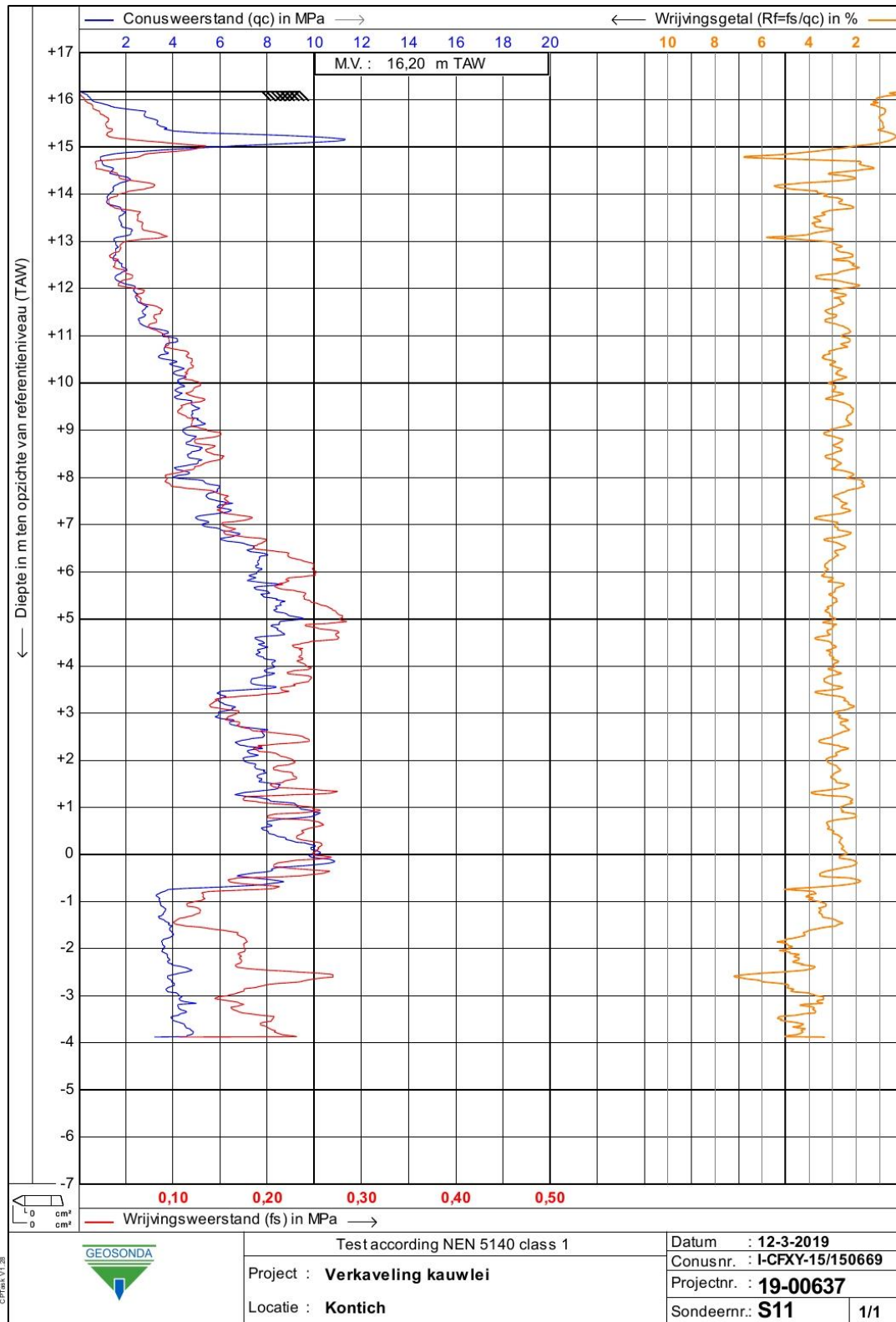
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





AGT

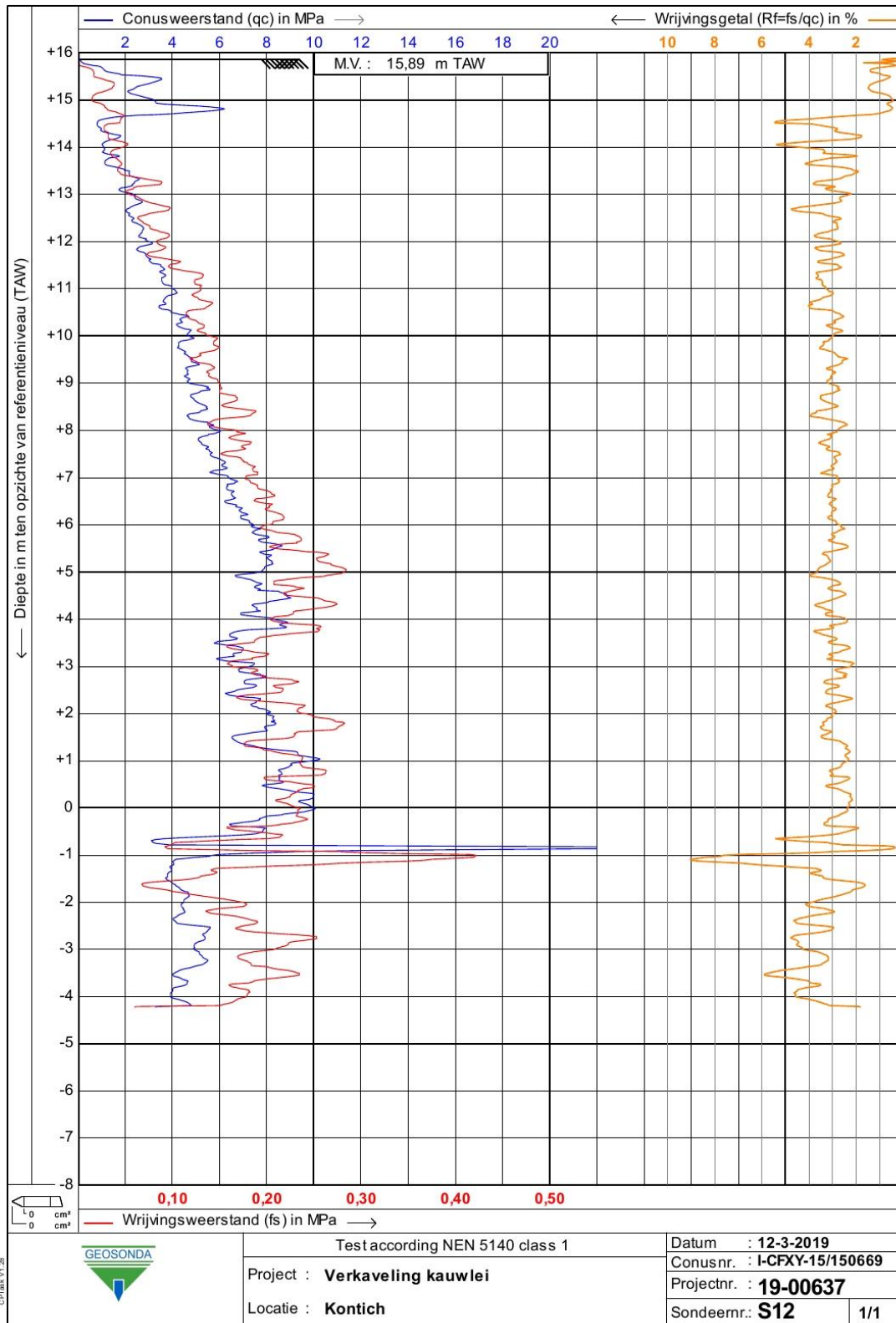
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





AGT

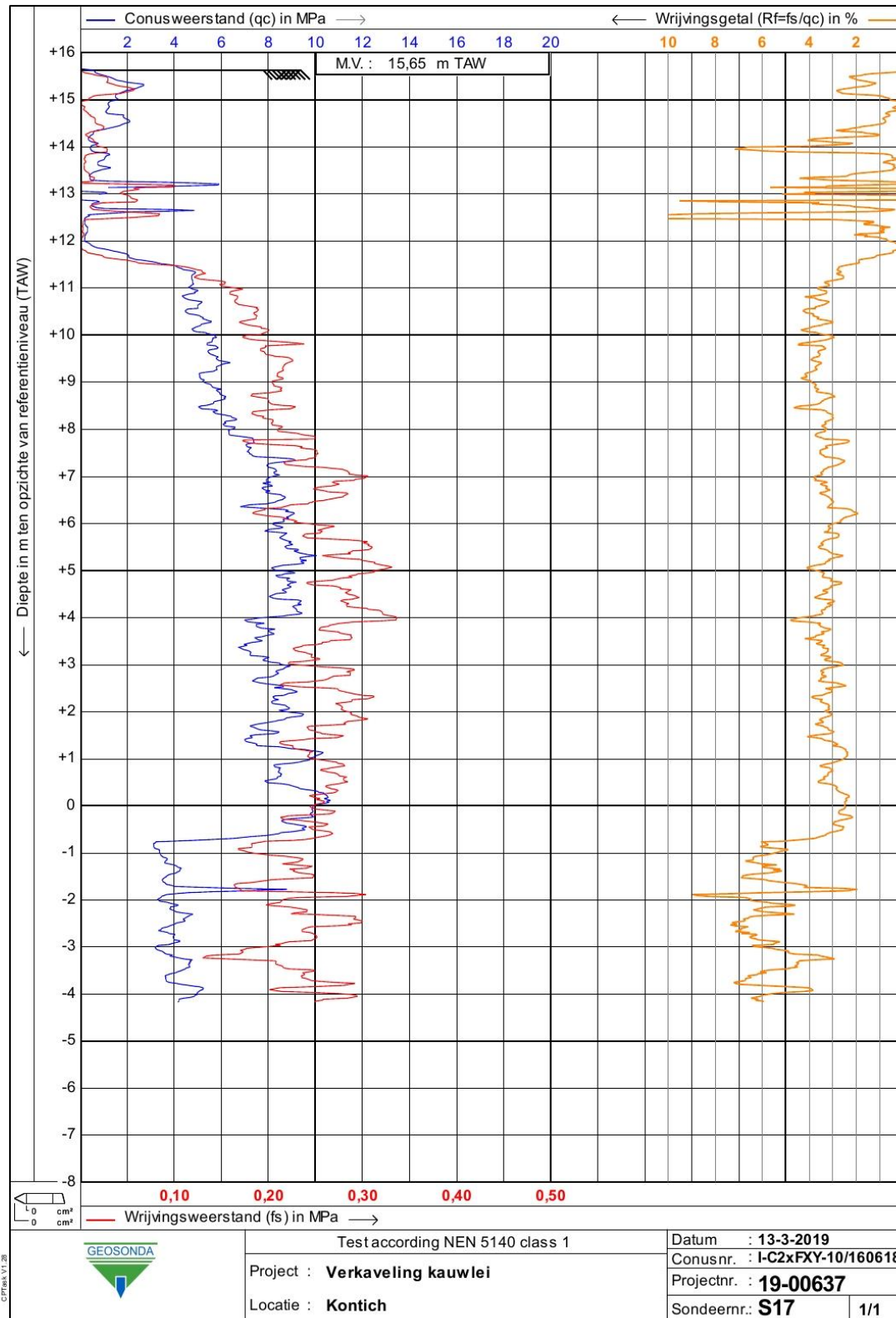
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





AGT

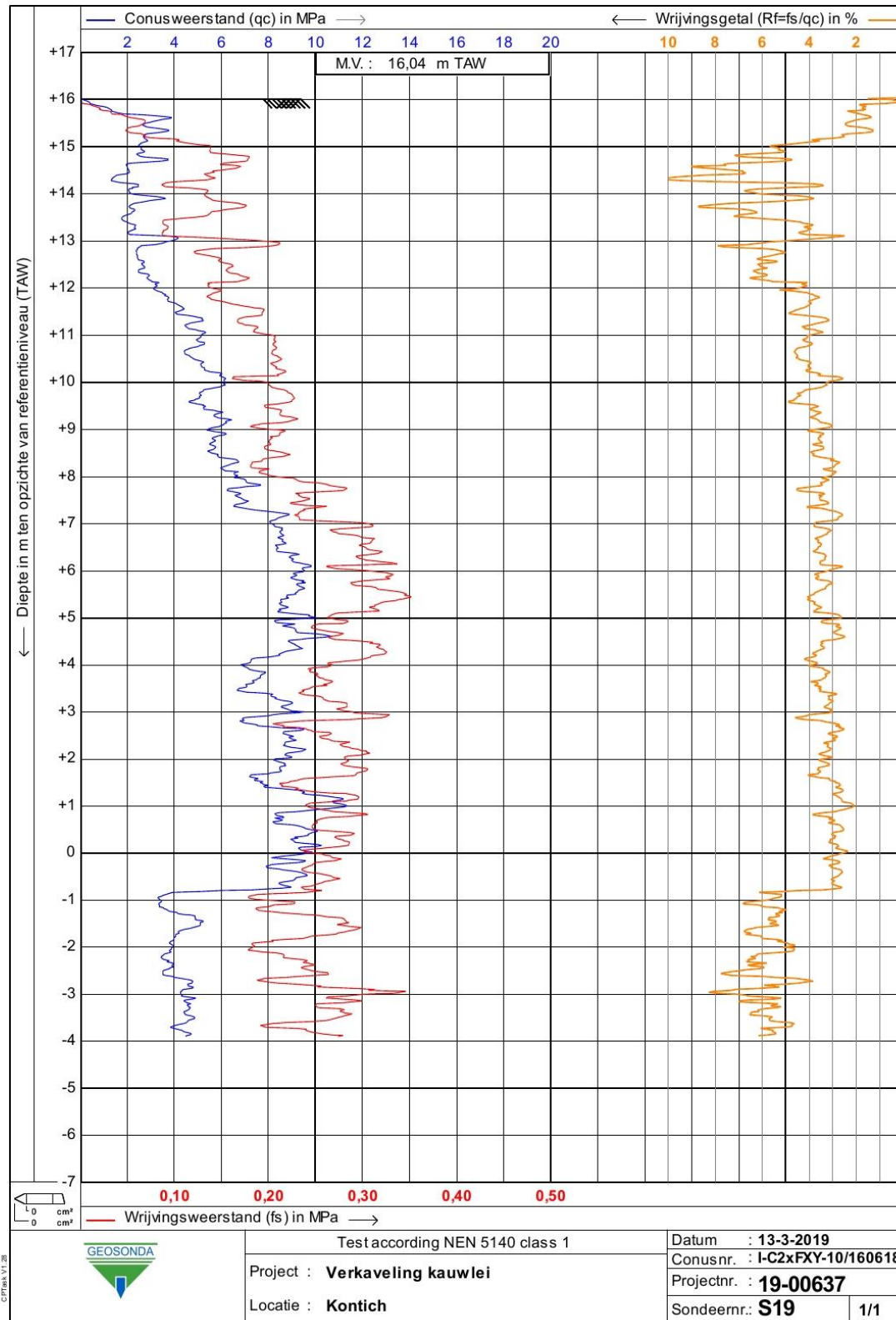
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





AGT

ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES

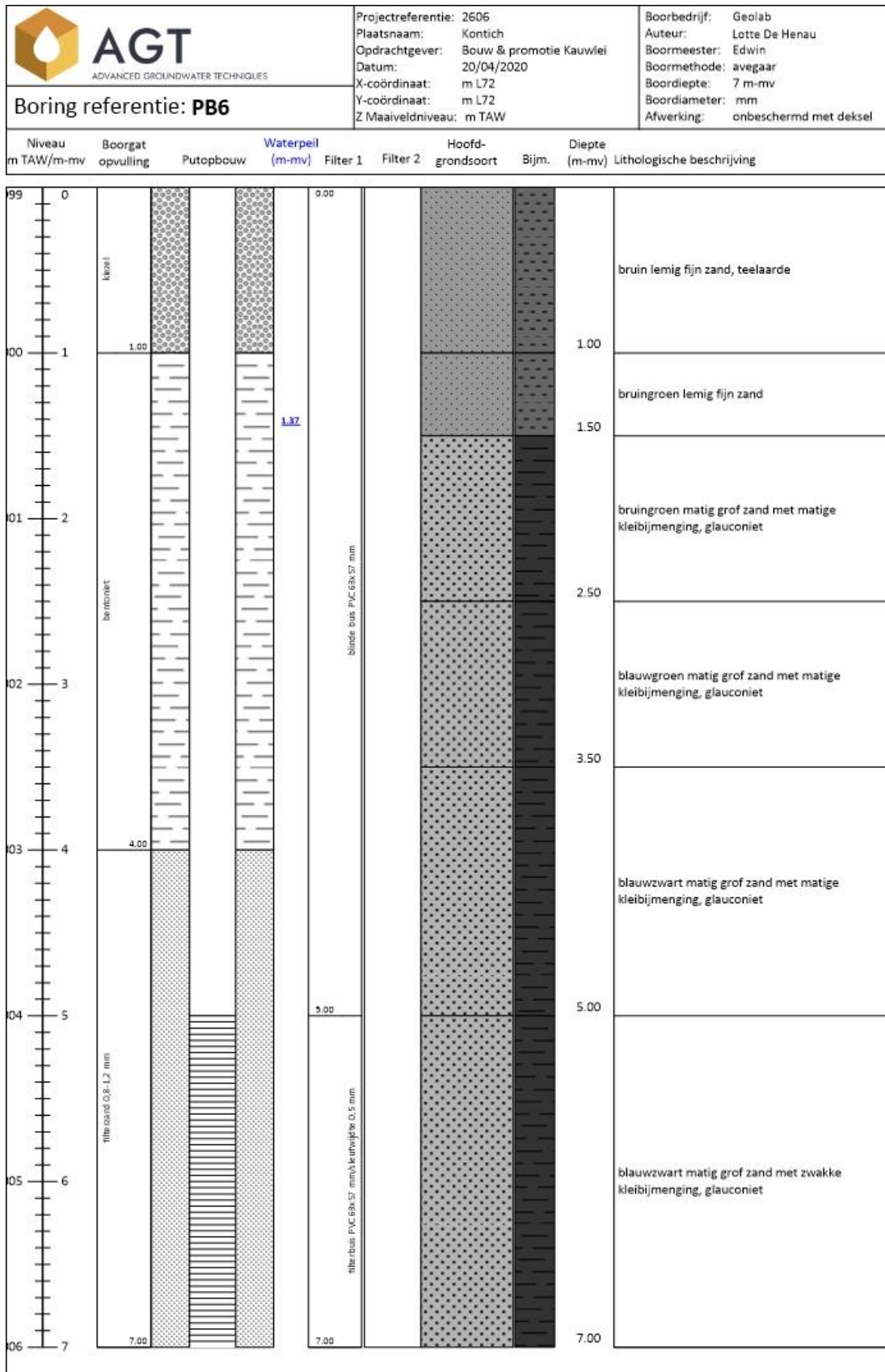




AGT

ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES

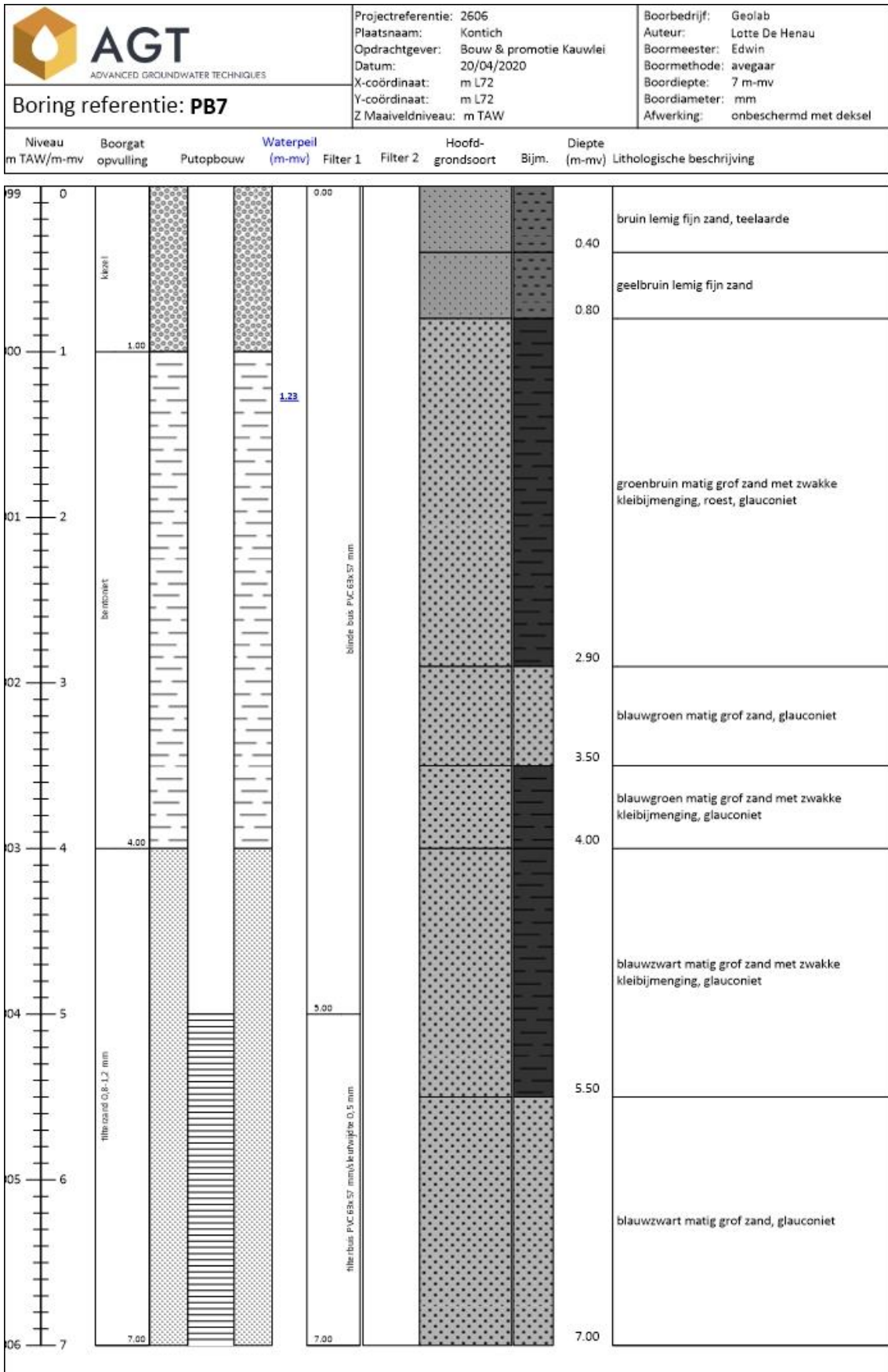
10.2 Boringen projectsite





AGT

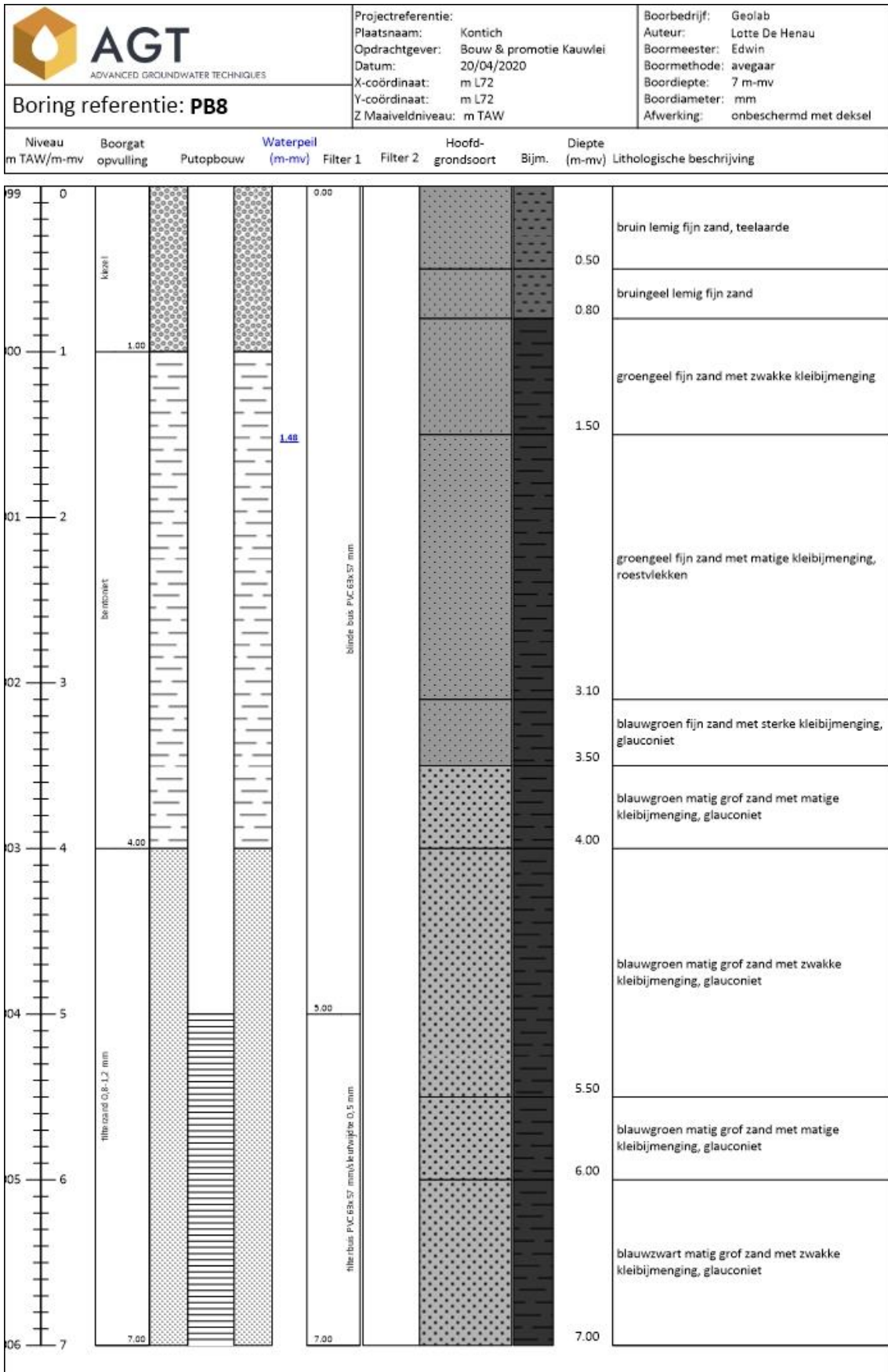
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





AGT

ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES





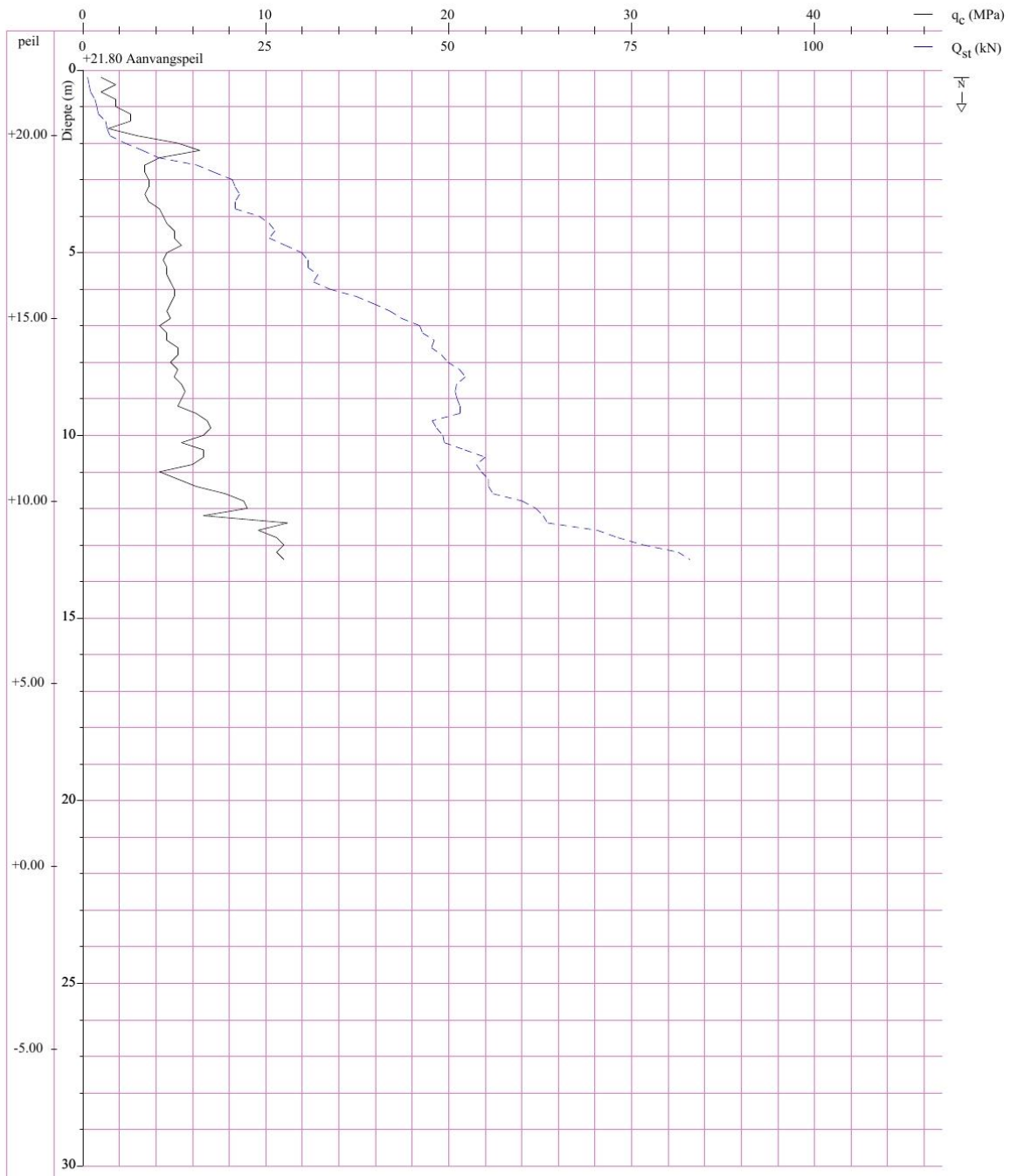
10.3 DOV-boringen en sonderingen



Sondering

Proefnummer: GEO-63/3872-SIII
X(Lambert): 155495.00 (XY_gedigitaliseerd op topokaart)
Y(Lambert): 202356.00 (XY_gedigitaliseerd op topokaart)
Z (mTAW): +21.80 (Z_afgeleid van topokaart)
Gemeente:
Uitvoerder: Rijksinstituut voor Grondmechanica
Grondsoort aan de conus: groen kleihoudend zand

Aanvangsdatum: 28/10/1963
Uitvoeringsmethode: discontinu mechanisch
Sondeerapparaat: 100KN
Conus: M4 (10.0 cm²)
Diepte (m): 0.20 tot 13.40
Water op (m): 1.70 m (peil +20.10)





AGT

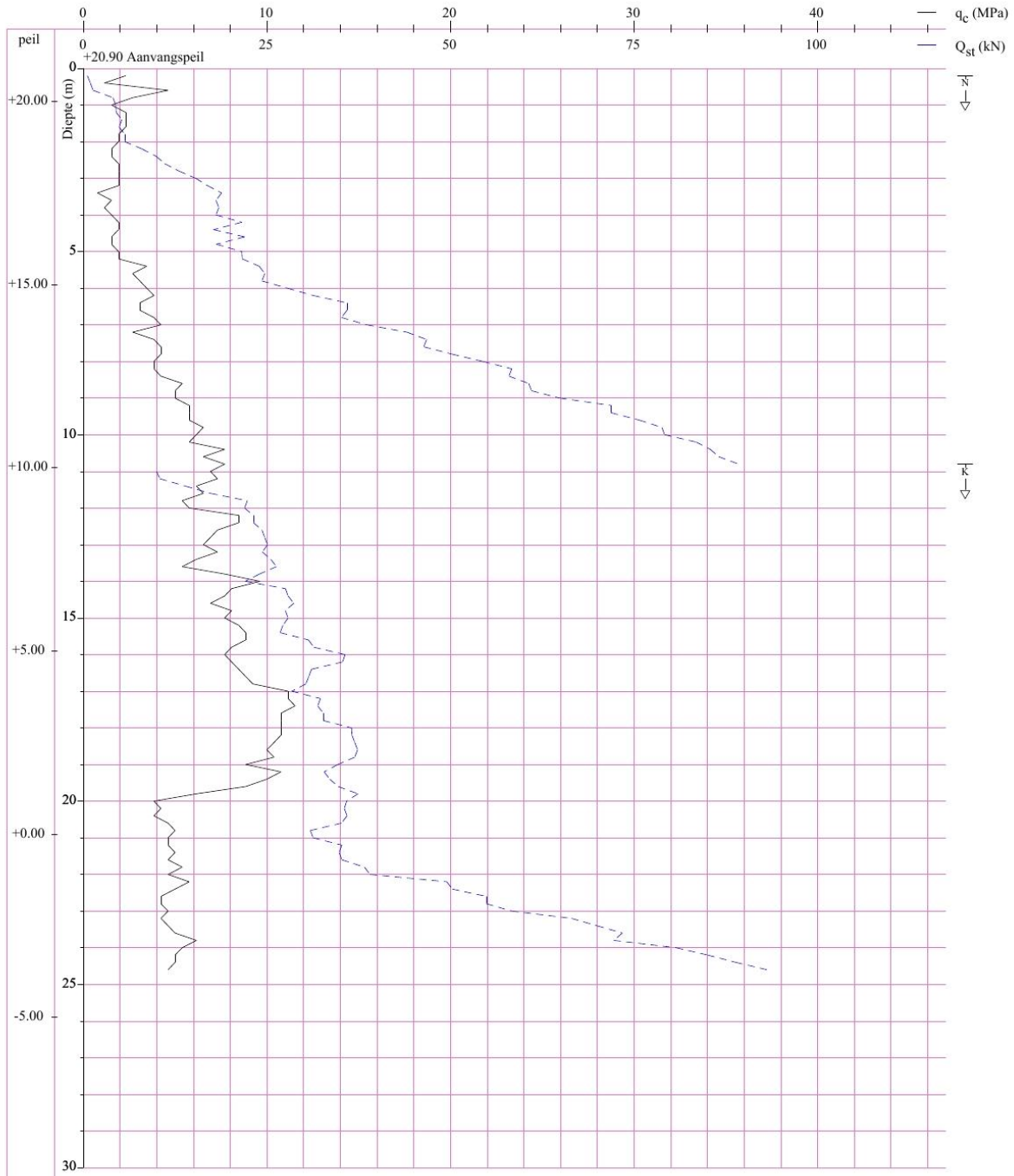
ADVANCED GROUNDWATER TECHNIQUES



Sondering

Proefnummer: GEO-86/218-SIII
X(Lambert): 156056.00 (XY_gedigitaliseerd op topokaart)
Y(Lambert): 202043.00 (XY_gedigitaliseerd op topokaart)
Z (mTAW): +20.90 (Z_afgeleid van topokaart)
Gemeente: Kontich
Uitvoerder: Rijksinstituut voor Grondmechanica
Grondsoort aan de conus: grijze klei

Aanvangsdatum: 04/09/1986
Uitvoeringsmethode: discontinu mechanisch
Sondeerapparaat: 200KN
Conus: M4 (10.0 cm²)
Diepte (m): 0.20 tot 24.60
Sondeergat dicht op : 2.60 m(peil +18.30)





DOV Boorrapport

Boring

Proefnummer:	kb15d43e-B220	Aanvangsdatum:	01/04/1969
X (mLambert):	156523.0 (XY_uit dossier)	Uitvoeringsmethode:	spoelboring
Y (mLambert):	201697.0 (XY_uit dossier)	Diepte (m):	0.00 - 84.00
Z (mTAW):	19.00 (Z_uit dossier)	Water op (m):	
Gemeente:	Kontich (Kontich)		
Uitvoerder:	Smet - Dessel		
Opmerking:	opdrachtgever : Suikerbakkerij "Dulcia"		
Opmerking:	peil : in rust = 22 ; in werking = 49 ; debiet = 9000		

Lithologische beschrijving - 01/04/1969

Auteur(s): Paepe, Roland (Belgische Geologische Dienst (BGD)) Betrouwbaarheid: goed

Informele stratigrafie - 10/04/1975

Auteur(s): Laga, Piet (Belgische Geologische Dienst (BGD)) Betrouwbaarheid: goed

Van(m) Tot(m) Beschrijving

0.00	1.00	Kwartair
1.00	17.00	Fm. v. Berchem: Zanden van Antwerpen en Edegem
17.00	48.00	Klei van Boom
48.00	84.00	Onder-Rupeliaan en Complex van Kallo



DOV Boorrapport

Boring

Proefnummer: kb15d43e-B231
X (mLambert): 157689.0 (XY_uit dossier)
Y (mLambert): 202862.0 (XY_uit dossier)
Z (mTAW): 12.00 (Z_uit dossier)
Gemeente: Lint (Lint)
Uitvoerder: Belgische Geologische Dienst (BGD)
Opmerking: peil : in rust = 26 ; in werking = 87 ; debiet = 10000
Opmerking: opdrachtgever : N.V. SOBEMI

Aanvangsdatum: 01/01/1971
Uitvoeringsmethode: onbekend
Diepte (m): 0.00 - 157.00
Water op (m):

Lithologische beschrijving - 01/01/1971

Auteur(s): Vandormael, Chris (Belgische Geologische Dienst (BGD)) Betrouwbaarheid: goed

Lithologische beschrijving - 01/01/1971

Auteur(s): boormeester (bedrijf-dienst onbekend) Betrouwbaarheid: goed

Van(m)	Tot(m)	M	Beschrijving
0.00	1.00		Zavel
1.00	17.00		Donkergroen naar zwart overgaand grof zand
17.00	59.00		Grijze klei
59.00	71.00		Klei gemengd met lichtgroen-grijs zand
71.00	82.00		Zelfde zand, minder klei
82.00	88.00		Groene klei
88.00	94.00		Groene klei met zand
94.00	102.00		Zand
102.00	110.00		Vettig zand
110.00	120.00		Donkergrijs zand met steenlagen 15 à 30 cm dik
120.00	130.00		Vettig donkergrijs tot groen zand, tamelijk grof
130.00	157.00		Zelfde zand met tussenin enkele vettige lagen

Gecodeerde lithologie - 10/12/2001

Auteur(s): Onbekend (Envico) Betrouwbaarheid: goed

Van(m)	Tot(m)	Kleur	Hoofdgrondsoort	Bijmenging
0.00	1.00	onbekend	zand	
1.00	17.00	donkergroen	grof zand	
17.00	59.00	grijs	klei	
59.00	71.00	onbekend	klei	zand
71.00	82.00	lichtgroen	zand	weinig klei
82.00	88.00	groen	klei	
88.00	94.00	groen	klei	zand
94.00	102.00	onbekend	zand	
102.00	110.00	onbekend	klei	
110.00	120.00	grijswit	zand	klei
120.00	130.00	grijswit	klei	
130.00	157.00	grijswit	zand	klei



DOV Boorrapport

Formele stratigrafie - 02/02/2000

Auteur(s): Poffliet, Tim (Universiteit Gent)

Betrouwbaarheid: goed

Van(m)	Tot(m)	Beschrijving	Betrouwbaarheid
0.00	1.00	Q - Quartaire afzetting	goed
1.00	17.00	Bc - Formatie van Berchem	onbekend
17.00	59.00	Bm - Formatie van Boom	onbekend
59.00	110.00	Zz - Formatie van Zelzate en Ma - Formatie van Maldegem	onbekend
110.00	120.00	Ld - Formatie van Lede	onbekend
120.00	157.00	GeVI - Lid van Vlierzele (Formatie van Gentbrugge) en GePi - Lid van Pittem (Formatie van Gentbrugge)	onbekend

Formele stratigrafie - 08/04/2003

Auteur(s): Matthijs, J. (GSC)

Betrouwbaarheid: goed

Van(m)	Tot(m)	Beschrijving	Betrouwbaarheid
0.00	1.00	Q - Quartaire afzetting	goed
1.00	17.00	Bc - Formatie van Berchem	goed
17.00	59.00	Bm - Formatie van Boom	goed
59.00	82.00	ZzRu - Lid van Ruisbroek (Formatie van Zelzate)	goed
82.00	110.00	Ma - Formatie van Maldegem	goed
110.00	120.00	Ld - Formatie van Lede	goed
120.00	130.00	Br - Formatie van Brussel	goed
130.00	157.00	GeVI - Lid van Vlierzele (Formatie van Gentbrugge)	goed

Informele stratigrafie - 01/01/1988

Auteur(s): Vandormael, Chris (Belgische Geologische Dienst (BGD))

Betrouwbaarheid: goed

Van(m)	Tot(m)	Beschrijving
0.00	1.00	Kwartair
1.00	17.00	Formatie van Berchem
17.00	59.00	Klei van Boom (R2c)
59.00	110.00	Zanden van berg (R1b) + Komplex van Kallo
110.00	157.00	Fm. Lede + Fm. Panisel + Fm. Ieper (Yd)?

Hydrogeologische stratigrafie - 25/05/2001

Auteur(s): Onbekend (bedrijf-dienst onbekend)

Betrouwbaarheid: goed

Van(m)	Tot(m)	Aquifer	Regime	Pakketnummer
0.00	1.00	Quartaire aquifersystemen		
1.00	17.00	Zanden van Berchem en/of Voort		
17.00	59.00	Boom Aquitard		
59.00	82.00	Oligoceen Aquifersysteem		
82.00	88.00	Kleien van Ursel en/of Asse		
88.00	110.00	Onbekend		
110.00	120.00	Zand van Lede		
120.00	130.00	Zandige afzettingen van het Onder-Paniseliaan (Vlierzele en/of Aalterbrugge)		
130.00	157.00	Klei van Pittem		