



15.075691

Bemalingsadvies

Gecombineerde bouwkuip fietsparkeergarage station Zuid/WTC en
kelder paviljoen Gustav Mahlerplein Amsterdam

Definitief

Mos Grondwatertechniek
Gyroscoopweg 120
1042 AZ AMSTERDAM

Grontmij Nederland B.V.
Alkmaar, 8 juni 2015

Verantwoording

Titel : Bermalingsadvies

Subtitel : Gecombineerde bouwkuip fietsparkeergarage station
Zuid/WTC en kelder paviljoen Gustav Mahlerplein Amsterdam

Projectnummer : 342697

Referentienummer : GM-0162343

Revisie : 00

Datum : 8 juni 2015

Auteur(s) : Susan Wolthuis

E-mail adres : susan.wolthuis@grontmij.nl

Gecontroleerd door : Susan Wolthuis

Paraaf gecontroleerd : 

Goedgekeurd door : Susan Wolthuis

Paraaf goedgekeurd : 

Contact : Grontmij Nederland B.V.
Robijnstraat 11
1812 RB Alkmaar
Postbus 214
1800 AE Alkmaar
T +31 88 811 66 00
F +31 72 850 26 57
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
2 Project	7
2.1 Projectomschrijving	7
2.2 Uitgangspunten en randvoorwaarden	7
3 (Geo)hydrologische locatiegegevens	9
3.1 Schematisering bodem	9
3.2 Stijghoogten watervoerende pakketten	9
3.3 Waterstanden oppervlaktewater	11
3.4 Chemische kwaliteit grondwater	11
4 Resultaten berekeningen	12
4.1 Verticale stabiliteit bouwputbodern	12
4.2 Benodigde verlaging stijghoogte	13
4.3 Conceptueel bemalingssysteem	13
4.4 Prognose debiet	13
4.5 Berekende stijghoogte omgeving	14
5 Invloed bemaling op omgeving	16
5.1 Maaiveldzakking	16
5.2 Droogte- of vernattingsschade	16
5.3 Bodemverontreiniging	16
5.4 Bestaande onttrekkingen	17
5.5 Veranderen van kwel en inzijging	19
5.6 Verzilten	19
5.7 Archeologisch waardevolle gebieden	19
6 Wettelijk kader	20
6.1 Onttrekken van grondwater	20
6.2 Lozen van grondwater	20
7 Monitoring tijdens bemaling	21
Referenties	22

Bijlage 1: Bouwtekeningen

Bijlage 2: Locatietekening sonderingen, boringen en peilbuizen

Bijlage 3: Grafieken stijghoogten

Bijlage 4: Opbarstberekening

Bijlage 5: Overzicht invloedsgebied

Samenvatting

In Amsterdam Zuid aan het Gustav Mahlerplein wordt een fietsparkeergarage gebouwd en wordt het kantoor van de ABN AMRO bank uitgebreid met een kelder onder het paviljoen. De fietsparkeergarage en de kelder onder het paviljoen worden in een gesloten en gecombineerde damwandkuip gerealiseerd. Het aanlegniveau van de parkeergarage en de kelder bevinden zich onder de grondwaterstand. Daarnaast is er gevaar voor het opbarsten van de slecht doorlatende grondlagen onder de bouwputbodem. Er is een bemaling nodig om de aanleg van de parkeergarage en de kelder droog en veilig te kunnen uitvoeren. Voor het veilig ontgraven is een spanningsbemaling opgenomen.

De bouwkuip wordt in de beginsituatie eenmalig leeggepompt, waarna vervolgens enkel nog neerslag, lek- en kwelwater behoeft te worden weggepompt. Voor het droog houden van de bouwkuip is het stationair debiet ingeschat op circa 5-10 m³/uur. Er is van uitgegaan dat de damwanden waterdicht zijn, de waterremmende lagen niet opbarsten en dat deze lagen hun waterremmende werking behouden. Wanneer de maximaal toelaatbare stijghoogte wordt overschreden zijn maatregelen noodzakelijk om opbarsten van de bodem van de bouwkuip te voorkomen. Voor het maken van de poeren van de fietsparkeergarage is er van uitgegaan dat de poeren worden aangelegd vanaf het bouwputniveau van NAP -5,9 m middels sleuven met een bodembreedte van 4 m en een talud 1:1. Voor het maken van de poeren van de kelder van het paviljoen is uitgegaan dat de poeren worden aangelegd vanaf het bouwputniveau van NAP -5,7 m middels sleuven met een bodembreedte van 2,5 m en een talud 1:1. De liftputten worden vanaf hetzelfde niveau met spanningsbemaling ontgraven waarbij tevens water wordt opgezet in de put tot een niveau van NAP -6,5 m. Het debiet van de spanningsbemaling wordt ingeschat op circa 50-70 m³/uur.

Het te verwachten debiet van de onttrekking is groter dan de door het waterschap vastgestelde vergunningsgrens. Voor deze onttrekking is een vergunning benodigd. Het onttrokken grondwater wordt geloosd op het oppervlaktewater. Hiervoor is een melding in het kader van het Besluit lozen buiten inrichtingen benodigd.

Er worden op basis van de thans beschikbare gegevens geen negatieve effecten van de tijdelijke onttrekking op de bij het grondwater betrokken belangen verwacht. In de omgeving staan meerdere projecten met (spannings- en retour)bemaling op de planning welke effect op elkaar hebben. Wanneer de spanningsbemalingen bij de nieuwbouw van het Atrium en de nieuwbouw bij het VUmc worden uitgevoerd kan dit de stijghoogte bij de gecombineerde bouwkuip voor de fietsparkeergarage en de kelder van het paviljoen verlagen.

Geadviseerd wordt:

- de vergunning/meldingen in te dienen bij de bevoegde instanties;
- bij wijzigingen in het ontwerp (omvang bouwput, ontgravingsdiepte en/of bouwplanning) dienen de uitgangspunten in dit advies opnieuw te worden getoetst en eventueel te worden aangepast;
- de stijghoogten in de verschillende watervoerende pakketten voor, tijdens en na de werkzaamheden te meten. Indien de waarden afwijken van de in dit advies gehanteerde waarden dienen de berekeningen en de invloed op de omgeving opnieuw te worden beschouwd;
- de kwaliteit van het grondwater in de watervoerende pakketten te onderzoeken op het lozingspakket afvalwater;
- een bemalingsplan te laten opstellen door de uitvoerende bronbemaler.

1 Inleiding

Op de locatie aan het Gustav Mahlerplein, ten westen van de ABN AMRO bank wordt een fiets-parkeergarage en een kelder gebouwd. Om de parkeergarage en de kelder te realiseren wordt een bouwkuip geformeerd waarbij een bemaling wordt toegepast. De bemaling dient om de aanleg van de parkeergarage en kelder droog en veilig te kunnen uitvoeren.

Dit bemalingsadvies heeft als doel het waterbezwaar te berekenen en de verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte te bepalen. Indien de vergunningsplicht van toepassing is, wordt het onttrekkingsdebiet en de -duur getoetst aan het vastgestelde beleid en wordt de invloed op alle bij het grondwaterbeheer betrokken belangen bepaald. Dit zijn de effecten op landbouw, natuur, zetting van grondlagen waardoor schade aan infrastructuur kan ontstaan, archeologische bodemschatten, andere onttrekkingen of een grondwaterverontreiniging. Wanneer de effecten te groot zijn, worden maatregelen voorgesteld om deze te verkleinen.

De opbouw van dit rapport is als volgt: in hoofdstuk 2 wordt een beschrijving van de uitgangspunten en randvoorwaarden van het project gegeven die een rol spelen bij de voorgenomen bemaling. Op basis van het uitgevoerde bodemonderzoek is de bodem geschematiseerd. Deze schematisering tezamen met de waterkwantiteit- en kwaliteitsaspecten komen in hoofdstuk 2 aan bod. De berekeningsresultaten van het te verwachten debiet en de verlagingen in de omgeving zijn in hoofdstuk 4 gepresenteerd. De hoofdstukken 5 tot en met 7 bevatten het wettelijk kader voor de bemaling.

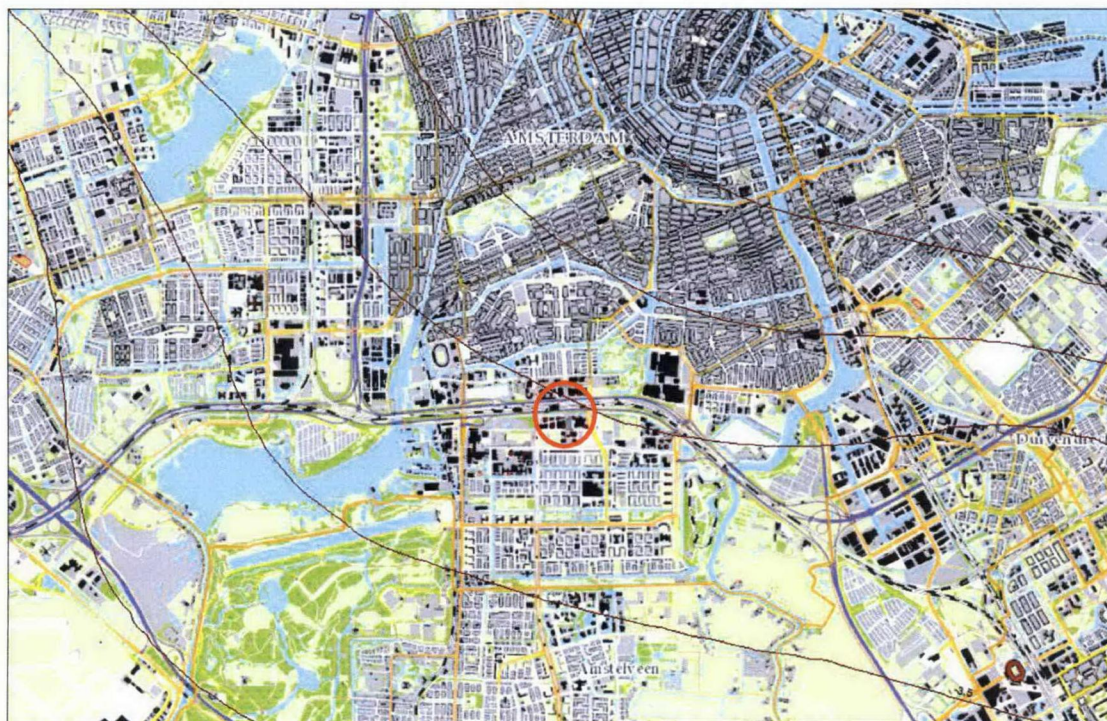
2 Project

2.1 Projectomschrijving

Opdrachtgever	: BAM Civiel Noordwest bv.
Locatieadres	: Gustav Mahlerplein (fietsparkeergarage) en Gustav Mahlerlaan 10 (paviljoen)
Plaats	: Amsterdam Zuid
RD-coördinaten	: X: 119995, Y: 483400
Kadastrale sectie en nummer	: AK, 4241 (parkeergarage) AK, 3867 (paviljoen)

Het project betreft de gecombineerde bouw van een ondergrondse fietsparkeergarage bij het station Amsterdam Zuid WTC en een kelder voor de ABN AMRO bank.

De regionale situatie is weergegeven in figuur 1. Een plattegrond van de parkeergarage en kelder zijn opgenomen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**



Figuur 1 Regionale situatie

2.2 Uitgangspunten en randvoorwaarden

Op basis van de bouwtekeningen en mondelinge informatie zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden gehanteerd:

- een maaiveldhoogte (m.v.) van NAP +0,5 m à -0,5 m;
- de gecombineerde bouwput wordt binnen gesloten damwanden ontgraven. Het inheinniveau van de damwanden is NAP -14 m. Er is voor de simulatie van lek door de damwandsloten een weerstand toegekend aan de damwand van 100 dagen;

- de maximale ontgravingdiepten zijn weergegeven in tabel 1;
- er wordt geen grondverbetering toegepast, maar een werkvloer van 10 à 20 cm;
- een drooglegging van 50 cm voor de bouwputvloer en 30 cm voor de poeren
- het werk wordt in 2 fasen uitgevoerd. Er wordt gestart met de ontgraving tot onderzijde dak parkeergarage en de voorontgraving voor de kelder paviljoen, NAP -1,8 m (duur circa 6 weken). Vervolgens wordt het betonnen dak van de fietsparkeergarage gebouwd en dient het beton uit te harden in circa 4-6 weken. Na het uitharden van het beton van het dak wordt verder gegraven tot maximale ontgravingsdiepten (circa 16 weken). De totale duur van de bemaling zal circa 32 weken zijn. De bemaling zal medio september 2015 van start gaan;
- uitgangspunt is dat er geen mobiele bodemverontreiniging binnen het invloedsgebied van de bemaling aanwezig is.

Tabel 1 Uitgangspunten gecombineerde bouwkuip

	Eenheid	Fietsparkeergarage Mahlerplein	Waterkelder Mahlerplein	Kelder paviljoen Mahlerlaan 10 (ABN AMRO)
Afmeting	[m x m]	95 x 33	18 x 12	83 x 22
Ontgravingswijze		Damwand	Damwand	Damwand
Inheinniveau damwand	[m t.o.v. NAP]	-14	-14	-14
Bovenkant vloer	[m t.o.v. NAP]	-5,4	-5,4	-5,4
Onderkant vloer	[m t.o.v. NAP]	-5,8	-5,8	-5,8
Ontgravingsdiepte vloer	[m t.o.v. NAP]	-5,9	-5,9	-5,9
Onderkant poeren	[m t.o.v. NAP]	-5,95	n.v.t.	-6,3
Ontgravingsdiepte poeren	[m t.o.v. NAP]	-6,15	n.v.t.	-6,5
Onderkant liftputten	[m t.o.v. NAP]	n.v.t.	n.v.t.	-7,1
Ontgravingsdiepte liftputten	[m t.o.v. NAP]	n.v.t.	n.v.t.	-7,1
Bemalingsduur voor-ontgraving	[weken]	6+4	n.v.t.	10
Bemalingsduur ontgraven vloer	[weken]	8	13	14
Bemalingsduur ontgraven poeren	[weken]	8	n.v.t.	10
Bemalingsduur aanbrengen wanden	[weken]	6	6	6
Start bemaling		Sept. 2015	Sept. 2015	Sept./okt 2015

Globaal stappenplan:

- na plaatsen damwanden worden de palen geïnstalleerd;
- aanzetten drain- en ontlastbemaling en (eenmalig) leegpompen bouwput;
- voorontgraving; tot NAP -1,8 m;
- bouw dak fietsparkeergarage;
- dieper ontgraven voor de aanleg van de vloer; tot NAP -5,9 m;
- dieper ontgraven voor de aanleg van de poeren; NAP -6,15 m (vanaf het niveau van NAP -5,9 m fietsparkeergarage) en NAP -6,5 m (vanaf het niveau van NAP -5,7 m kelder paviljoen);
- storten keldervloer en dieper ontgraven voor de aanleg van de vloer waterkelder; tot NAP -5,9 m;
- storten waterkeldervloer;
- aanbrengen wanden;
- na uitharden wanden uitzetten bemaling.

3 (Geo)hydrologische locatiegegevens

3.1 Schematisering bodem

De bodemopbouw is geschematiseerd aan de hand van het grondmechanisch onderzoek [ref. 1], de Grondwaterkaart van Nederland [ref. 10], boringen afkomstig uit de database van TNO en REGIS II [ref. 12]. De locaties van de lokale sonderingen en boringen met peilbuizen zijn weergegeven in bijlage 2.

De bodemopbouw met de gehanteerde geohydrologische parameters zijn in tabel 2 weergegeven. De geohydrologische parameters zijn voor de deklaag gebaseerd op ervaring en zijn voor het eerste watervoerend pakket (WVPI) afgeleid van de Grondwaterkaart van Nederland [ref. 10].

Tabel 2 Geohydrologische schematisering

Eenheid	Laag	Diepte [m t.o.v. NAP]		Grondsoort	Geohydrologische parameters	
		Van	Tot		C [d]	kD [m ² /d]
Deklaag	T1	mv	-3	Zand matig grof	200	20
	C2	-3	-6,5	Klei en veen	800	
	T2	-6,5	-9 à -9,5	Zand fijn, kleilig (wadzand)		10
	C3	-9 à -9,5	-11,5	Klei en veen	2.000	
	T3	-11,5	-16 à -18	Zand matig fijn, grindhoudend		65-125
WVPI	C4	-16 à -18	-18	Zand matig fijn, kleilig	0,5 en 5	
	T4	-18	-55	Zand matig grof		1.000-1.400
SDL	C5	-55		Klei	∞	
C	Hydraulische weerstand slecht doorlatende laag					
kD	Doorlaatvermogen watervoerend pakket					

3.2 Stijghoogten watervoerende pakketten

De langjarige grondwaterstand en stijghoogte in de verschillende watervoerende pakketten zijn opgevraagd bij TNO Bouw en Ondergrond [ref. 12] en Waternet [ref. 14]. De locaties van de regionale peilbuizen zijn weergegeven op een plattegrond in bijlage 3. De grafische weergave van de meetgegevens van de peilbuizen zijn opgenomen in bijlage 4.

In tabel 3 zijn enkele statistische kenmerken van de grondwaterstand en/of stijghoogte voor de meest nabij gelegen peilbuizen weergegeven.

Voor het bepalen van de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste stijghoogte wordt het rekenkundig gemiddelde van de hoogste en de laagste drie stijghoogten (HG3 en LG3) in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart), over een periode van tenminste 8 jaar die met regelmatige intervallen zijn gemeten en waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden, gebruikt als GHG en GLG. Hiermee worden de winter- en zomergrondwaterstanden gekarakteriseerd in een jaar met een gemiddelde neerslag en verdamping. Variaties in maaiveldligging, hydrologische omstandigheden en bodemgesteldheid veroorzaken van plaats tot plaats verschillen in de grondwaterstand.

Tabel 3 Stijghoogten regionale peilbuizen

Peilbuis	Filterstelling [m t.o.v. NAP]		Maaiveld [m t.o.v. NAP]	Periode		Stijghoogte [m t.o.v. NAP]				
	Van	Tot		Van	Tot	LG	GLG	GG	GHG	HG
F05267A	-3,9	-4,9	-0,67	Dec2012	Sep2014	-1,96	-1,66	-1,66	-	-0,81
F05268A	-1,7	-2,7	0,36	Dec2012	Sep2014	-1,54	-1,28	-1,28	-	-1,09
F05269A	-2,6	-3,6	0,49	Jan2013	Sep2014	-2,06	-1,86	-1,86	-	-1,54
F05270A	-4	-5	-0,74	Dec2012	Sep2014	-1,87	-1,68	-1,68	-	-0,84
F05228A	-3,2	-4,2	-0,67	Jul2004	Sep2014	-1,96	-1,53	-1,53	-1,19	-1,11
F05229A	-3,2	-4,2	-0,64	Jul2004	Aug2014	-2,09	-1,48	-1,48	-1,10	-0,98
F05174C	-12,5	-13,5	-0,57	Apr1999	Nov2005	-3,52	-3,29	-3,29	-3,09	-3,05
F05113C	-13,2	-14,2	-0,89	Jun1990	Sep1997	-4,06	-3,45	-3,45	-3,23	-3,17
F05113D	-23,5	-24,5	-0,89	Jun1990	Sep1997	-4,11	-3,45	-3,45	-3,23	-3,18
F05175C	-12,8	-13,8	-0,77	Apr1999	Apr2014	-3,69	-3,26	-3,26	-3,08	-3,03
F05198C	-12,5	-13,5	0,46	Apr2003	Sep2014	-3,55	-3,15	-3,15	-2,98	-2,83
F05199C	-13,3	-14,3	0,41	Apr2003	Apr2014	-3,71	-2,99	-2,99	-2,75	-2,64
F05205C	-13,7	-14,7	6,16	Nov2003	Nov2005	-3,38	-3,24	-3,24	-	-3,11
F05241C	-12,3	-13,3	-0,53	Okt2004	Sep2014	-3,78	-3,27	-3,27	-3,13	-3,07
F05242C	-12	-13	-0,63	Okt2004	Sep2014	-4,49	-3,38	-3,38	-3,13	-3,07
B25D0549	-17,5	-18,5	0,46	Feb1989	Mrt2005	-3,62	-3,32	-3,32	-3,07	-3,02
B25D0549	-42,5	-43,5	0,46	Feb1989	Mrt2005	-3,63	-3,30	-3,30	-3,08	-2,99
B25G0675	-3	-4	0,55	Jan1974	Nov2002	-1,01	-0,52	-0,52	-0,27	-0,21
B25G0675	-11,7	-12,7	0,55	Jan1974	Nov2002	-4,58	-3,65	-3,65	-3,17	-2,97
B25G0675	-29,7	-30,7	0,55	Jan1974	Nov2000	-4,71	-3,68	-3,68	-3,03	-2,75
B25G0927	-17,2	-18,2	-0,52	Aug1993	Jul2012	-3,83	-3,42	-3,42	-3,31	-3,26
B25G0927	-28,2	-29,2	-0,52	Aug1993	Jul2012	-3,84	-3,51	-3,51	-3,37	-3,31
B25G0979	-16,6	-17,6	-0,75	Jan1974	Nov1999	-4,49	-3,80	-3,80	-3,54	-2,66
B25D0574	-6,9	-7,9	-1,89	Apr2004	Jan2012	-4,02	-3,38	-3,38	-3,09	-3,02
B25D0574	-13,9	-14,9	-1,89	Apr2004	Jan2012	-3,76	-3,48	-3,48	-3,34	-2,36
B25D0574	-24,4	-25,4	-1,89	Apr2004	Jan2012	-3,74	-3,48	-3,48	-3,35	-2,36
LG	Laagste grondwaterstand of stijghoogte									
GLG	Gemiddeld laagste grondwaterstand of stijghoogte (ongeveer de 5% onderschrijdingswaarde)									
GG	Gemiddelde grondwaterstand of stijghoogte									
GHG	Gemiddeld hoogste grondwaterstand of stijghoogte (ongeveer de 95% onderschrijdingswaarde)									
HG	Hoogste grondwaterstand of stijghoogte									

Om inzicht in de actuele grondwaterstand en stijghoogte op de projectlocatie te verkrijgen zijn peilbuizen in de eerste zandlaag geplaatst [ref. 1]. Op 25 september 2014 zijn de peilbuizen B1 en B2 van Fugro gecontroleerd. De stijghoogte in peilbuis B2 kon niet worden gecontroleerd omdat deze vol zat met zand. Deze peilbuis is schoongepompt en op 12 en 13 oktober 2014 zijn nieuwe peilbuizen geplaatst [ref. 1].

In de peilbuizen pb1-BAM, Pb2b-BAM en PB02-MWH zijn op 25 november 2014 drukopnemers geïnstalleerd. De drukopnemers zijn op 23 november 2015 door BAM Infraconsult bv uitgelezen en weer in de peilbuizen teruggeplaatst. De resultaten zijn samengevat in tabel 4.

Tabel 4 Stijghoogten lokale peilbuizen

Peilbuis	Filterstelling		Maaiveld	Bovenkant buis	Stijghoogte [m t.o.v. NAP]					
	[m t.o.v. NAP]				[m t.o.v. NAP]	25-11-2014 t/m 23-4- 2015				
	Van	Tot				25-9-14	30-10-14	LG	GG	HG
B1-Fugro	-11	-12	-0,80	-0,84	-3,10	-3,10	-	-	-	
B2-Fugro	-12	-13	0,39	0,24	-	-3,09	-	-	-	
Pb1-BAM	-11,8	-13,8	0,27	0,23	-	-3,09	-3,43	-3,18	-2,92	
Pb2a-BAM	-11,6	-13,6	-0,59	-0,76	-	-3,11	-	-	-	
Pb2b-BAM	-6,1	-8,1	-0,58	-0,65	-	-1,78	-1,96	-1,81	-1,55	
Pb01-MWH					-	-	-	-	-	
Pb02-MWH	-1,2	-2,2	0,27	0,20	-	-1,10	-1,36	-0,95	-0,55	

Op basis van de langjarige grondwaterstanden en stijghoogten worden voor het berekenen van de verticale bodemstabiliteit en het maken van een inschatting van het waterbezwaar de volgende waarden gehanteerd:

- grondwaterstand in het freatisch pakket: NAP -1,0 m;
- stijghoogte in het wadzandpakket: NAP -1,5 m;
- stijghoogte in de eerste zandlaag en het eerste watervoerend pakket: NAP -3,0 m.

3.3 Waterstanden oppervlaktewater

Het streefpeil van het oppervlaktewater in de omgeving is NAP -2 m [ref. 15]. Gezien het peil van het oppervlaktewater en de grondwaterstand blijkt dat de waterpartij een drainerende werking heeft.

3.4 Chemische kwaliteit grondwater

Op de projectlocatie is in augustus 2013 door MWH een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd [ref. 6]. De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in paragraaf 5.3.

In de omgeving van de projectlocatie zijn verschillende bemalingsprojecten uitgevoerd. In de tweede helft van 2012 is de bemaling (in het freatisch pakket in combinatie met ontlastbemaling in het wadzandpakket) voor de nieuwbouw OPZUID door De Ruiter Boringen en Bemalingen bv uitgevoerd. In de beginsituatie van de bemaling was de gemeten concentratie aan ijzer-totaal 14 mg/l, na een maand was het gehalte afgenomen tot circa 4 à 6,5 mg/l. Voor dit project was in maart 2003 een pompproef uitgevoerd. Het gehalte aan ijzer in het grondwater uit het eerste watervoerend pakket is toen eenmalig gemeten op 0,55 mg/l. Het chloridegehalte is vastgesteld op 130 mg/l [ref. 2].

Geadviseerd wordt om de kwaliteit van het grondwater in de verschillende watervoerende pakketten te controleren op een lozingspakket afvalwater.

4 Resultaten berekeningen

4.1 Verticale stabiliteit bouwputbodem

De stabiliteit van de bouwput is van invloed op de veiligheid en de kans op schade tijdens de bouw. De slecht doorlatende grondlagen kunnen opbarsten als de waterdruk onder de lagen hoger is dan de bovenliggende gronddruk. De veiligheid tegen opbarsten van de bouwputbodem is bepaald volgens artikel 10.2 van de NEN 9997-1:2011 [ref. 8]. Voor de opbarstberekeningen is uitgegaan van de in hoofdstuk 2 gepresenteerde projectgegevens en het grondmechanisch- en geohydrologisch onderzoek. De sonderingen 4, 6, 7, 10 en 14 en een stijghoogte van NAP -3,0 m zijn gebruikt. De volumieke gewichten zijn gebaseerd op de resultaten van het grondonderzoek [ref. 3].

Er wordt ontgraven binnen damwanden. De opbarstberekeningen voor de bouwput zijn uitgevoerd ten opzichte van onderkant vloer. Voor de berekening van de *poeren fietsparkeergarage* is een bodembreedte van 4 m en het ontgraven onder een talud van 1:1 vanaf een bouwputbodem van NAP -5,9 m gehanteerd. Voor het verticale bodemevenwicht is het belastingaandeel uit de weerszijden van het talud vanaf het niveau van NAP -5,9 m in rekening gebracht. Voor de berekening van de *poeren kelder paviljoen* is een bodembreedte van 2,5 m en het ontgraven onder een talud van 1:1 vanaf een bouwputbodem van NAP -5,7 m gehanteerd. Voor het verticale bodemevenwicht is het belastingaandeel uit de weerszijden van het talud vanaf het niveau van NAP -5,7 m in rekening gebracht. De liftputten worden vanaf hetzelfde niveau met spanningsbemaling ontgraven waarbij tevens water wordt opgezet in de put tot een niveau van NAP -6,5 m.

Een samenvatting van de berekeningsresultaten is in tabel 5 weergegeven. De gepresenteerde veiligheidsfactoren zijn inclusief een belastingfactor van 0,9 ($\gamma_{G,st}$). De volledige berekeningsresultaten zijn opgenomen in bijlage 5.

Tabel 5 Samenvatting resultaten opbarstberekening

Onderdeel	Ontgravings-niveau	Gebruikte sondering	Referentie-niveau	Veiligheids-factor zonder maatregelen	Maatregelen	Veiligheids-factor met maatregelen	Maximaal toelaatbare stijghoogte
	[m NAP]		[m NAP]	[-]		[-]	[m NAP]
Ontgraven vloer	-5,9	10	-11,6	0,93	Spanningsbem.	1,00	-3,6
Ontgraven poeren fietsparkeergarage	-6,15	8	-11,6	0,92	Sleufgewijs+spanningsbemaling	1,00	-3,7
Ontgraven poeren paviljoen ABN	-6,5	8	-11,6	0,92	Sleufgewijs+spanningsbemaling	1,00	-3,7
Ontgraven liftputten paviljoen ABN	-7,1	8	-11,6	0,92	Spanningsbem.+ nat ontgraven	1,00	-3,7
Ontgraven vloer waterkelder	-5,9	14	-10,8	0,89	Spanningsbema-ling	1,00	-3,8

Uit de berekeningen blijkt dat de ontgravingen onstabiel zijn. Om de ontgravingen stabiel te kunnen uitvoeren (geen opbarsten) wordt een spanningsbemaling toegepast.

4.2 Benodigde verlaging stijghoogte

Op basis van de gemiddeld hoogste grondwaterstand/stijghoogten (paragraaf 3.2) en de op-barstberekeningen zijn de vereiste verlagingen bepaald. Deze verlagingen zijn weergegeven in tabel 6.

Tabel 6 Benodigde verlagingsniveau

Onderdeel	Afmeting [m x m]	Ontgravings- niveau [m NAP]	Verlagingsniveau			Verlaging		
			[m NAP]			[m]		
			T1	T2	T3	T1	T2	T3
Ontgraven vloer fietspar- keergarage	95 x 33	-1,8	-2,3	-	-	1,3	-	-
Ontgraven vloer paviljoen ABN	83 x 22	-1,8	-2,3	-	-	1,3	-	-
Ontgraven vloer fietspar- keergarage	95 x 33	-5,9	-6,4	-6,4	-3,6	5,4	4,9	0,6
Ontgraven vloer paviljoen ABN	83 x 22	-5,9	-6,4	-6,4	-3,6	5,4	4,9	0,6
Ontgraven poeren fietspar- keergarage	4 x 20 4 x 35	-6,15	-6,45	-6,45	-3,7	5,45	4,65	0,7
Ontgraven poeren paviljoen ABN	2,5 x 22	-6,5	-6,8	-6,8	-3,7	5,8	5,0	0,7
Ontgraven vloer waterkelder	18 x 12	-5,9	-6,4	-6,4	-3,8	5,4	4,9	0,8
Aanbrengen wanden, na storten vloer	95 x 33 83 x 22 18 x 12	-5,4	-5,9	-4,8	-	4,9	3,3	-

4.3 Conceptueel bemalingssysteem

Als bemaling wordt horizontale drainage met een ontlastbemaling in het wadzandpakket toegepast. Daarnaast wordt een spanningsbemaling in de eerste zandlaag toegepast. De spanningsbemaling in de eerste zandlaag (T3-laag, niet dieper dan NAP -16 m) kan worden uitgevoerd met deepwells. Bij het aanbrengen van de drainage dient rekening te worden gehouden met het palenplan en de te maken dakconstructie. Het onttrokken grondwater wordt geloosd op het nabijgelegen oppervlaktewater.

Geadviseerd wordt informatie over de kwaliteit van het grondwater te verkrijgen. Tijdens het verkennend bodemonderzoek door MWH is de kwaliteit van het freatisch grondwater onderzocht [ref. 6]. Geadviseerd wordt om watermonsters uit de peilbuizen afgesteld in de verschillende watervoerende te nemen en deze te laten analyseren in het laboratorium op lozingsparameters afvalwater.

4.4 Prognose debiet

Door de verlaging van de grondwaterstand en de stijghoogten binnen de ontgraving ontstaat een debiet door grondwatertoestroming uit de omgeving. Dit onttrekkingsdebiet is van belang voor de verlaging van de grondwaterstand en stijghoogten in de omgeving. Het onttrekkingsdebiet wordt beïnvloed door de waterremmendheid van de damwanden en de weerstandbiedende laag op NAP -16 m à -18 m.

Met het eindige elementenprogramma MicroFem [ref. 5] is een grondwatermodel opgesteld. De modelgrootte is 4 km bij 4 km. Het grondwatermodel simuleert de grondwaterstroming op basis van de bodemschematisering en stijghoogten in dit advies. Er is gebruik gemaakt van het superpositiebeginsel.

Het grondwatermodel is gebruikt om twee aspecten van de bemaling te bepalen:

- een indicatie van het debiet dat onttrokken wordt voor het verkrijgen van de gewenste verlaging;
- een indicatie van de verlagingen van de grondwaterstand en stijghoogten in de omgeving (paragraaf 4.5).

Het berekende debiet en waterbezwaar van de gecombineerde bouwkuip is weergegeven in tabel 7

Tabel 7 Berekende stationair debiet en waterbezwaar

Onderdeel	Afmeting	Duur	Eenmalig leegmalen ¹	Neerslag ²	Lekdebiet	Debiet spanningsbemaling	Waterbezwaar
	[m x m]	[weken]	[m ³]	[m ³ /d]	[m ³ /d]	[m ³ /u]	[m ³]
Ontgraven vloer	95 x 33	6+4	1.940	5-15	25	-	4.040-4.740
voorontgraving	83 x 22						
Ontgraven vloer	95 x 33	8	6.105	5-15	100-150	40-60	65.745-95.985
	83 x 22						
Ontgraven poeren	95 x 33	8	-	5-15	100-150	50-70	73.080-103.320
fietsparkeergarage	83 x 22						
Ontgraven vloer	18 x 12	13	355	1-5	10-15	20-35	45.036-78.615
waterkelder							
Aanbrengen wanden, na storten	95 x 33	6	-	5-15	100-150	-	4.410-6.930
	83 x 22						
vloer	18 x 12						
Totaal		32	8.400				192.311-289.590
¹ Effectieve porositeit van 30% gehanteerd							
² Gemiddelde neerslag van 2,3 mm/dag gehanteerd (gebaseerd op een jaarlijkse neerslag van 850 mm)							

Voor het berekenen van het debiet door neerslag is uitgegaan van een gemiddelde neerslag per dag. Bij het dimensioneren van de bemaling dient rekening te worden gehouden met de maatgevende buien van 10 mm/uur of 25 mm/dag. Het debiet kan dan toenemen met respectievelijk 50 m³/uur of 125 m³/dag.

Opgemerkt dient te worden dat de doorlatendheid van de bodem/damwanden en de grondwaterstanden/stijghoogten in de praktijk kunnen variëren. Ook de geohydrologische schematisering van de ondergrond kan afwijken van de in dit rapport aangehouden schematisering. Hierdoor kan het werkelijke debiet afwijken van het berekende debiet. Het wordt aanbevolen de stijghoogten in de verschillende watervoerende pakketten voor, tijdens en na de werkzaamheden te monitoren. Indien de waarden afwijken van de in dit advies gehanteerde waarden dienen controleberekeningen te worden uitgevoerd.

Bij een gelijkblijvende verlaging zal de toestroming uit de omgeving tijdens de bemaling afnemen tot een (quasi-)stationaire toestand. Afhankelijk van de snelheid waarmee de verlaging gerealiseerd wordt, zal het debiet in de niet-stationaire beginfase van de bemaling groter zijn. Ook door neerslag kan het debiet tijdelijk toenemen.

4.5 Berekende stijghoogte omgeving

Het grondwatermodel is eveneens gebruikt om de verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte in de omgeving te berekenen. De verlagingen zijn berekend voor een stationaire stromingssituatie. Het invloedsgebied is met behulp van isoverlagingslijnen weergegeven in bijlage 6. De verlagingen zijn in stappen weergegeven, waarbij verlagingen kleiner dan 5 cm als niet significant worden beschouwd. In de praktijk kunnen deze waarden afwijken. Door variaties in de bodemgesteldheid, de invloed van neerslag en open water kunnen de werkelijke verlagingen van de grondwaterstand en stijghoogte anders zijn. Het 5 cm-invloedsgebied van de onttrekking

is maximaal circa 1.375 m. De 5- en 10 cm-contourlijn van de grondwaterstand is berekend op respectievelijk circa 140 m en 75 m vanaf rand bouwput.

5 Invloed bemaling op omgeving

De grondwateronttrekking kan in de omgeving effecten hebben op bij het grondwater betrokken belangen. Het verlagen van de grondwaterstand en stijghoogte kan mogelijk leiden tot:

- a. Het optreden van maaiveldzakkingen door zettingen in samendrukbare lagen.
- b. Het aantasten van funderingsmaterialen (houten (paal)funderingen).
- c. Het verdrogen van groenvoorzieningen, landbouw- en natuurgebieden.
- d. Het veranderen van de stromingsrichting van het grondwater.
 - Het verplaatsen van mobiele verontreinigingen in het grondwater.
 - De beïnvloeding van onttrekkingen in de omgeving.
 - Het veranderen van de kwel- en wegzijgings situatie.
 - Het verzilten van het grondwater.
- e. De beïnvloeding van archeologisch waardevolle gebieden.

In de navolgende paragrafen wordt de invloed op deze belangen behandeld.

5.1 Maaiveldzakking

Door de onttrekking worden verlagingen van de grondwaterstand en stijghoogten in de omgeving veroorzaakt. Met name cohesieve grondlagen zoals veen en klei worden mogelijk samengedrukt, waardoor zettingen van het maaiveld en zakkingen ter plaatse van funderingen op staal of palen kunnen optreden. De grootte van deze zakkingen is afhankelijk van de periode dat de bemaling werkzaam is, de bodemopbouw en de grootte van de verlagingen.

De verlaging van de grondwaterstand van de beoogde bemaling valt binnen de natuurlijke variatie van de grondwaterstand. Het risico op zettingen als gevolg van de tijdelijke onttrekking is dan normaliter beperkt. Bovendien zullen de verlagingen niet groter zijn dan bij eerder uitgevoerde bemalingsprojecten in de omgeving. Er wordt geen schade als gevolg van ongelijke zettingen aan bebouwing door de tijdelijke onttrekking verwacht. Ditzelfde geldt voor de binnen het invloedsgebied aanwezige leidingen en infrastructuur.

5.2 Droogte- of vernattingsschade

Er zijn geen beschermde natuurgebieden (Vogel- en Habitatrichtlijn, Natura-2000 gebieden en beschermde natuurmonumenten) aanwezig [ref. 13]. Ook ligt de projectlocatie niet in een grondwaterbeschermingsgebied of aardkundig monument [ref. 16].

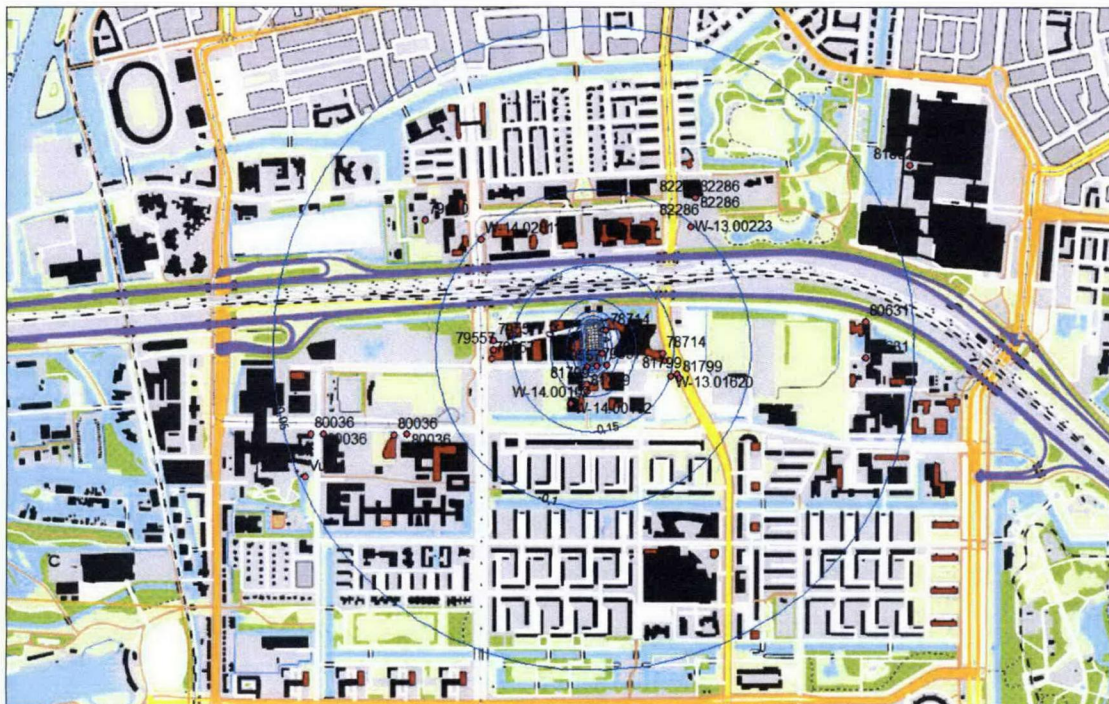
5.3 Bodemverontreiniging

Op de projectlocatie is door MWH een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd [ref. 6]. Uit dit onderzoek blijkt dat plaatselijk in de puinhoudende zand- en kleilagen onder het puin sprake is van sterk verhoogde concentraties aan zware metalen. Het freatisch grondwater is licht verontreinigd met enkele zware metalen (arsen, barium, molybdeen en zink) en benzeen. In peilbuis B01 is de concentraties aan opgeloste bestanddelen en ijzer-totaal respectievelijk 780 mg/l en 1,7 mg/l. In peilbuis PB02 zijn deze concentraties respectievelijk 150 mg/l en <0,05 mg/l. Opgemerkt dient te worden dat de watermonsters niet zijn behandeld als afvalwater.

Er is voor de eventuele aanwezigheid van mobiele verontreinigingen in het grondwater navraag gedaan bij de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied. Er is voor zover bekend binnen het invloedsgebied van de bemaling, geen ernstige mobiele verontreinigingen in het grondwater aanwezig.

5.4 Bestaande onttrekkingen

Er is bij Waternet en de provincie Noord-Holland navraag gedaan naar grondwateronttrekkingen in de omgeving. De beschikbare gegevens zijn weergegeven in figuur 2. In de omgeving staan meerdere projecten met bronbemaling op de planning welke mogelijk effecten op elkaar en op de vigerende bemaling hebben.



Figuur 2 Overzicht grondwateronttrekkingen LGR (incl. BES)

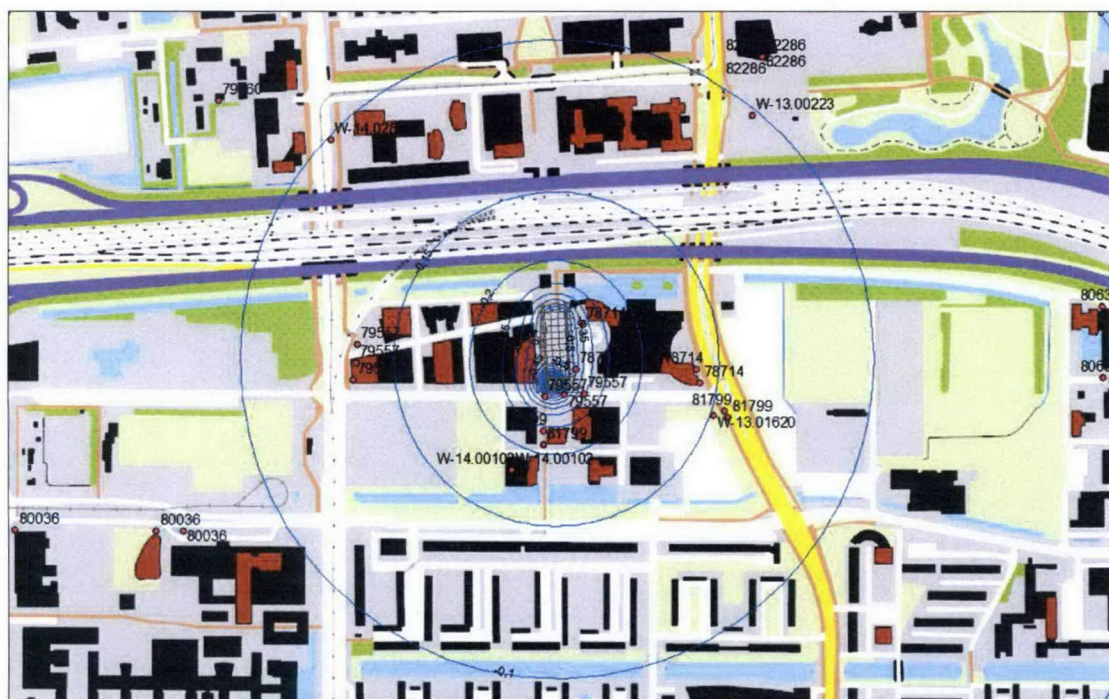
Volgens het grondwaterregister zijn de volgende bemalingen geregistreerd:

- W-13.00223 (realiseren van 2 kantoorgebouwen met parkeergarage t.h.v. Beethovenstraat); vergund maximaal 60 m³/uur voor de periode 18 maart 2014 tot 3 juni 2014;
- W-13.01620 (Zuidschans t.h.v. Beethovenstraat en G. Mahlerlaan); vergund maximaal 160 m³/uur voor de periode januari 2014 tot oktober 2014;
- W-14.00102 (bouw kelder Gershwin blok 9 en 10); vergund maximaal 25 m³/uur (freatisch) en 190 m³/uur (spanningswater). De geplande bemalingsperiode is begin november 2014 tot circa juli 2015;
- W-14.02811 (parkeergarage Atrium); onttrekking met retourbemaling. Is in aanvraag en nog niet vergund. Geplande periode januari 2015 tot maart 2017 [ref. 7];
- VUmc (nieuwbouw kelder aan de Van der Boechorststraat); onttrekking met retourbemaling. Is in aanvraag en nog niet vergund. De duur is ongeveer 19 maanden en de geplande start-datum is Q3 2015 [ref. 4];
- Verder is bekend dat bij Gershwin blok 11 en 12 een bemaling staat gepland voor de periode circa december 2014 tot juni 2015.

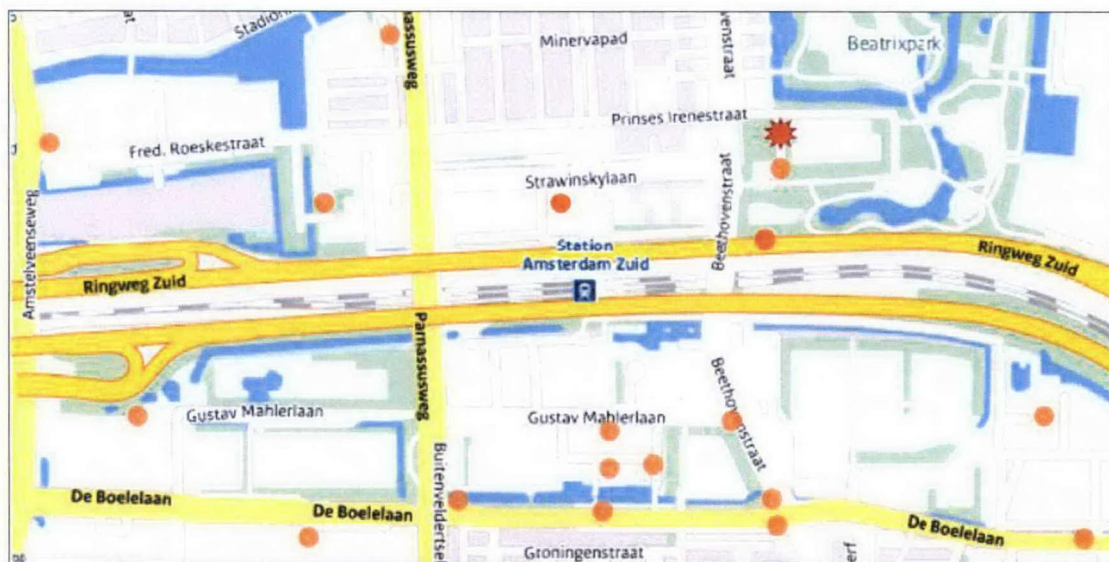
De bemaling bij de gecombineerde bouwkuip voor de fietsparkeergarage en kelder paviljoen zal waarschijnlijk gelijktijdig worden uitgevoerd met de bemalingen bij het Atrium en het VUmc. Uit de bemalingsadviezen van het Atrium en VUmc blijkt dat bij de gecombineerde bouwkuip als gevolg van beide spanningsbemalingen een verlaging van de stijghoogte in de eerste zandlaag wordt verwacht van circa 0,1 m [ref. 4 en 7]. De invloedsgebieden van deze twee (re-tour)bemalingen zijn eveneens opgenomen in bijlage 7. De retourvelden zijn ten westen van beide onttrekkingen gepland en hebben daardoor geen verhogend effect op de stijghoogte bij de gecombineerde bouwkuip voor de fietsparkeergarage en kelder paviljoen. Wanneer de spanningsbemalingen bij de nieuwbouw van het Atrium en de nieuwbouw bij het VUmc worden

uitgevoerd kan dit de stijghoogte bij de gecombineerde bouwkuip fietsparkeergarage/paviljoen verlagen, waardoor mogelijk geen spanningsbemaling noodzakelijk is. Dit moet uit de monitoring van de stijghoogte blijken.

Daarnaast zijn in de omgeving van de projectlocatie verschillende bodemenergiesystemen (BES) in gebruik. Een overzicht van deze systemen zoals deze in het landelijk grondwaterregister zijn geregistreerd is weergegeven in figuur 3. In figuur 4 is een overzicht van de BES zoals deze zijn opgenomen op de website WKOtool [ref. 18].



Figuur 3 *Overzicht van bodemenergiesystemen (LGR)*



Figuur 4 Overzicht van bodemenergiesystemen [ref. 18]

Volgens het grondwaterregister zijn de volgende bodemenergiesystemen geregistreerd:

- 78714 (hoofdkantoor ABN AMRO bank Gustav Mahlerlaan 10) doubletsysteem sinds 1997; vergund maximaal 350 m³/uur en 1.200.000 m³/jaar;

- 79557 (Mahler IV, Gustav Mahlerlaan) doubletsysteem sinds 2002; vergund maximaal 750 m³/uur en 2.900.000 m³/jaar;
- 81799 (Symphony, Gershwin Plaza Gustav Mahlerlaan) doubletsysteem sinds 2008; vergund maximaal 270 m³/uur en 1.035.000 m³/jaar;
- 82286 (St. Nicolaas lyceum, hoek Beethovenstraat - Prinses Irenestraat, circa 500 meter afstand tot projectlocatie) monobronnen sinds 2009; vergund maximaal 40 m³/uur en 330.000 m³/jaar;
- 79160 (kantoorgebouw Fred Roeskestraat 98, circa 600 meter afstand tot projectlocatie) onbekend systeem sinds 2000; vergund maximaal 85 m³/uur en 245.000 m³/jaar;
- 80036 (OZW De Boelelaan, circa 600 meter afstand tot projectlocatie) doubletsysteem sinds 2003; vergund maximaal 220 m³/uur en 600.000 m³/jaar;
- 80631 (kantoorgebouw Vivaldi kavel 11 Drentsestraat, circa 800 meter afstand tot projectlocatie) doubletsysteem sinds 2005; vergund maximaal 140 m³/uur en 822.300 m³/jaar;
- 81802 (Rai Europaplein 2-22, circa 1.000 meter afstand tot projectlocatie) monobronnen sinds 2009; vergund maximaal 110 m³/uur en 500.000 m³/jaar.

Bij de ABN AMRO bank, Mahler IV en Symphony zijn ondergrondse warmtekoelde-opslagsystemen in bedrijf waarvan de warmtebronnen (en spuibronnen) zich in de bouwkuip of in de directe nabijheid van de bouwkuip bevinden. De perforaties van deze bronnen bevinden zich in de diepere zandlagen (dieper dan circa NAP -80 m). Vanaf circa NAP -55 m is een sterk waterremmende kleilaag aanwezig, zodat er geen interactie zal zijn met de beschouwde bemaling. De overige systemen bevinden zich op dusdanige grote afstand dat negatieve beïnvloeding door de bemaling eveneens niet wordt verwacht.

5.5 Veranderen van kwel en inzijging

Als gevolg van de verlaging van het freatisch vlak en stijghoogten wordt een potentiaal verschil gecreëerd. Het grondwater zal richting de onttrekking stromen. In de bouwkuip zal een lichte kwel optreden. Dit is echter tijdelijk. Nadat de werkzaamheden zijn uitgevoerd herstelt het natuurlijke evenwicht zich weer.

5.6 Verzilten

Op basis van ervaring in het gebied is het grondwater in de eerste zandlaag zoet (ca. 130 mg Cl⁻/l). Volgens de Grondwaterkaart van Nederland [ref. 10] bevindt het grensvlak tussen zoet en brak grondwater op zo'n NAP -50 m. Dit grensvlak bevindt zich in het onderste deel van het eerste watervoerend pakket. Door de aanwezigheid van één of meerdere waterremmende lagen zal de invloed op het zoet/brak grensvlak weinig invloed ondervinden van de tijdelijke onttrekking. Na het stopzetten van de bemaling zal het evenwicht zich weer herstellen. Ten gevolge van de tijdelijke onttrekking zal de verzilting van de pakketten waarin wordt bemalen niet toenemen.

5.7 Archeologisch waardevolle gebieden

Volgens de IKAW (Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden), de kaart die aangeeft waar mogelijk nog niet ontdekte archeologische resten aanwezig zijn, is het gebied niet gekarteerd [ref. 9]. Volgens de AMK (Archeologisch Monumentenkaart), de kaart waarop gebieden zijn aangewezen die als waardevol gewaardeerd zijn, maar niet zijn aangewezen als beschermd rijks-, provinciaal of gemeentelijk gebied, valt de projectlocatie niet binnen een gebied met archeologische waarde [ref. 9]. Bij het aantreffen van archeologische waarde dient melding te worden gemaakt conform de monumentenwet.

6 Wettelijk kader

6.1 Onttrekken van grondwater

Door de verschillende belangen die te maken hebben met het grondwater is het beheer van het grondwater wettelijk geregeld. De waterschappen hebben in de Waterwet de taak gekregen om het grondwater te beheren. Om dat beheer goed uit te kunnen voeren, hebben de waterschappen in hun Keurverordening algemene regels voor het onttrekken van grondwater vastgesteld. In het kort komt het er op neer dat voor grote en/of langdurige grondwateronttrekkingen de vergunningplicht geldt. Voor kleinere en kortdurende onttrekkingen geldt in de meeste gevallen een meldingsplicht.

De voorgenomen onttrekking valt binnen het beheersgebied van het waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Geen vergunning krachtens artikel 3.8 lid 1 van de Keur is vereist voor het onttrekken van grondwater uitsluitend voor bronbemaling of bodemsanering, voor zover de hoeveelheid te onttrekken grondwater minder bedraagt dan 15.000 m³ per maand en 50 m³ per uur en de onttrekking niet langer duurt dan 6 maanden en waarbij wordt voldaan aan de voorschriften in het derde lid en in artikel 13.7 en de bepalingen van artikel 3.11 van de Keur.

Het berekende waterbezwaar van de onttrekking is groter dan de door het waterschap vastgestelde vergunningsgrens. Voor deze onttrekking is een vergunning benodigd.

6.2 Lozen van grondwater

Het voornemen is om het onttrokken grondwater te lozen op het nabijgelegen oppervlaktewater. Het lozen van grondwater op het oppervlaktewater valt onder de regels van het Besluit lozen buiten inrichtingen. Er dient een melding te worden gedaan bij het waterschap.

7 Monitoring tijdens bemaling

Het meten van de stijghoogte is belangrijk ter controle van de modelberekeningen en het bepalen van het werkelijke effect van de onttrekking op de ondergrond. In de bouwkuip dient gecontroleerd te worden of de juiste verlagingen gehaald worden. Ook dient de milieuhygiënische grondwaterkwaliteit te worden gecontroleerd. Hoe invulling gegeven wordt aan de wijze van controle voor, tijdens en na de onttrekking, wordt beschreven in een monitoringsplan. Het monitoringsplan geeft een overzicht van de controle van de effecten van de onttrekking en van de maatregelen daarvoor, voortvloeiend uit de verplichtingen opgelegd in de vergunning. Het monitorings- en actieplan wordt separaat opgesteld.

In de vergunning worden door het waterschap eisen met betrekking tot de metingen voorgescreven. Volgens het Waterbesluit bestaat de verplichting om de onttrekking te melden en de onttrokken hoeveelheden te meten en te registreren. De debietstand van het onttrokken grondwater dient dagelijks te worden opgenomen.

Geadviseerd wordt om de bestaande peilbuizen in de omgeving van de bouwput te gebruiken ter controle van de effecten op de omgeving. Voor de controle van de verlaging van de grondwaterstand kunnen de peilbuizen F05267a en F05268a worden gebruikt. Ter controle van de stijghoogte in het wadzandpakket kan peilbuis 2b worden gebruikt.

Het monitoren van de stijghoogte in de eerste zandlaag is belangrijk in verband met het risico op opbarsten van de bouwputbodem. Geadviseerd wordt om hiervoor de peilbuizen 1 en 2a te gebruiken.

Voorafgaand aan de werkzaamheden dienen minimaal twee nulmetingen van de grondwaterstand en stijghoogten te worden bepaald. Bij aanvang van de werkzaamheden wordt geadviseerd driemaal per week de grondwaterstand en stijghoogten te meten. Deze metingen dienen te worden geïntensiveerd wanneer de graafwerkzaamheden plaatsvinden dieper dan NAP -5,5 m.

Het opnemen van de grondwaterstanden en stijghoogten in de peilbuizen dient te worden voortgezet tot ten minste 2 weken na beëindiging van de onttrekking. Geadviseerd wordt deze metingen wekelijks te bepalen.

Het grondwater dient daarnaast ook kwalitatief te worden onderzocht. Hiervoor wordt verwezen naar het Besluit lozen buiten inrichtingen.

Referenties

- 1 BAM Nelis De Ruiter bv, *Bodemonderzoek Gustav Mahlerplein*, JS/BB141607/3350911 versie 02. Halfweg, 3 november 2014.
- 2 De Ruiter Boringen en Bemalingen bv, *Pompproef en bemalingsadvies t.b.v. project Gershwin*, PHS/KVW/BA030627.3700345. Halfweg, 25 april 2003.
- 3 Fugro, *Grondonderzoek Amsterdam Zuid (nabij station Zuid/WTC)*, 4013-0350-000.R01. Amsterdam, 2 augustus 2013.
- 4 Fugro, *Vergunningsonderbouwend bemalingsrapport nieuwbouw op het terrein van VUmc Amsterdam*, 1014-0365-000.R01v9. Leidschendam, 10 december 2014.
- 5 *MicroFem*, versie 3.60.58. Amsterdam: Hemker, 1984.
- 6 MWH, *Verkennd bodemonderzoek Mahlerplein*, m13g0090.r01.doc. Amsterdam, 15 augustus 2013.
- 7 Mos Grondmechanica, *Atrium vergunningsonderbouwende rapportage*, R1400321-RH_2. Rhon. 3 september 2014.
- 8 Nederlands Normalisatie-instituut, *NEN 9997-1, Geotechnisch ontwerp van constructies deel 1 : Algemene regels*. Delft: NEN, 2011.
- 9 Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. 19 maart 2012.
- 10 TNO, *Grondwaterkaart van Nederland nummer 24*. Delft: TNO, 1979.
- 11 <http://www.bodemloket.nl/>.
- 12 <https://www.dinoloket.nl/>
- 13 <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/default.aspx?main=gebieden>.
- 14 <https://maps.waternet.nl/kaarten/peilbuizen.html>.
- 15 <http://waternet.maps.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=dc0a6f53c5d949569d6ae8902884ee00>.
- 16 <http://maps.noord-holland.nl/extern/gisviewers/pmv/desk.htm>.
- 17 <http://maps.noord-holland.nl/extern/gisviewers/ilc/>.
- 18 <http://www.wkotool.nl/>.