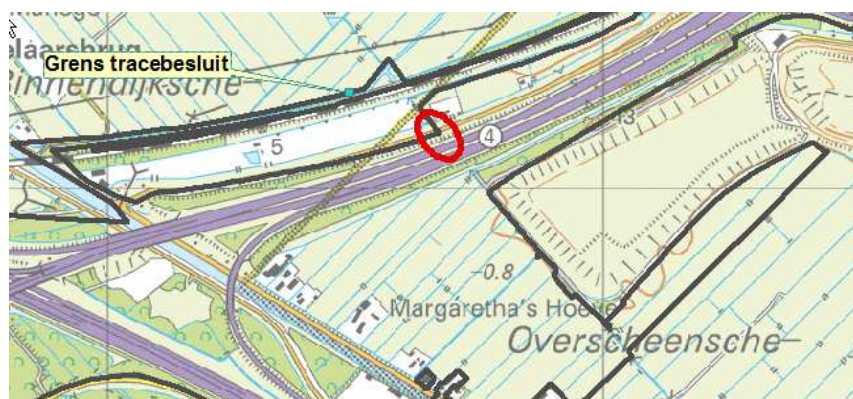


**AAN** : Thomas Hess, Rob Pen, Gerard de Pijper  
**VAN** : Co Laan  
**VERIFICATIE** : Jos Jansen, Carola Hesp  
**DATUM** : 28/10/2014  
**KENMERK** : SAAONE-GHY-MEM-100014

**ONDERWERP** : Bemaling duiker 17 te Muiderberg

## 1 INLEIDING

In het kader van SAAone wordt een duiker aangelegd (Duiker 17) die de Parallelweg A6 te Muiderberg kruist. Om werkzaamheden bij de aanleg van Duiker 17 in den droge uit te kunnen voeren is verlaging van de grondwaterstand en de stijghoogte door middel van een bronnering nodig. In deze memo worden de debieten en verlagingen van deze bemaling berekend. In Figuur 1 is de huidige situatie weergegeven.

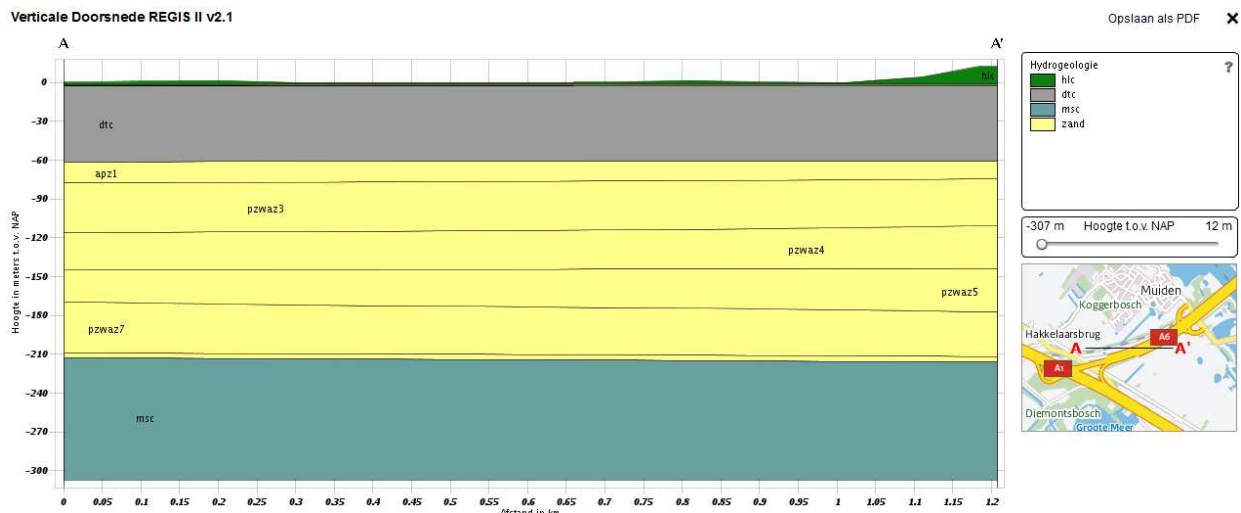


**Figuur 1. Duiker 17: Huidige situatie (rode cirkel).**

## 2 GEOHYDROLOGIE

### 2.1 Regionale bodemopbouw

De regionale bodemopbouw is bepaald aan de hand van het REGIS II.1 model (Figuur 2), diepe boringen uit DINOloket en lokale sonderingen die geplaatst zijn in het kader van het project (de sonderingen zijn opgenomen in bijlage 2). In het REGIS II.1 model bestaat de laag aan maaiveld uit holocene afzettingen met een dikte van enkele meters. Daaronder ligt een dun zandpakket. Hieronder komt een gestuwd complex voor tot circa NAP-60 m. Dieper dan NAP -60 m bevindt zich een zandpakket tot minstens NAP-210 m.



**Figuur 2.** Regis II.1 doorsnede ter hoogte van Duiker 17 van west naar oost.

Uit sonderingen in de omgeving blijkt dat de deklaag (veen en klei) tot maximaal enkele meters – NAP voorkomt. De diepte varieert bovendien van plek tot plek. Bij een aantal sonderingen bestaat het bovenste deel van de deklaag uit zand. Mogelijk is hier sprake van grondverbetering (bijvoorbeeld het bestaande zandcunet van de huidige A6). Onder de deklaag begint het Pleistocene zandpakket dat doorloopt tot circa NAP -210 m. Dit zandpakket wordt gevormd door het gecombineerde 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> regionale watervoerende pakket. Op een diepte van NAP -60 m is dit zandpakket mogelijk onderbroken door een dunne kleilaag.

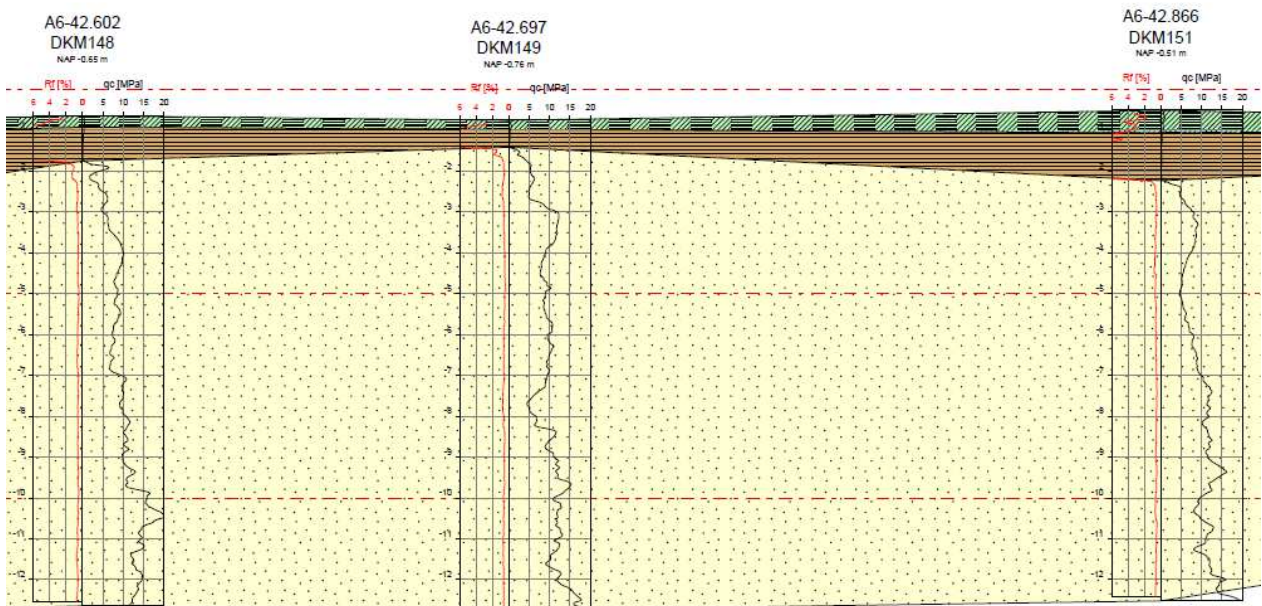
De samenstelling van het zandpakket tot NAP – 60 m is divers en bestaat uit afwisselend fijne en grove zanden. Op basis van een korrelgrootteanalyse van beschikbare boringen in de omgeving wordt in het eerste watervoerende pakket een doorlatendheid verwacht tussen 17 en 29 m/dag (tot NAP -50 à -60 m).



Figuur 3. Gemiddelde doorlatendheid in diepe boringen (Dinoloket) tot NAP – 50 à -60 m.

## 2.2 Lokale bodemopbouw

De lokale bodemopbouw is bepaald aan de hand van sonderingen uit de grondonderzoeken van het SAAone project (zie bijlage 2) en boringen uit Dinoloket. Een geologische dwarsdoorsnede op basis van enkele sonderingen langs de A6 in de omgeving van Duiker 17 is weergegeven in Figuur 4. Uit de boringen en sonderingen is de volgende lokale schematische bodemopbouw bepaald in Tabel 1.



Figuur 4. Geologische dwarsprofiel ter plekke van de A6 nabij Duiker 17.

**Tabel 1. Duiker 17: geschematiseerde bodemopbouw**

Niveau [m NAP]	Bodembeschrijving		Doorlatendheid k [m/d] / weerstand c [d]	Geohydrologische laag
mv <sup>*</sup> tot -0,6 à -2,3	ZAND	Zand, mogelijk ophoogzand	k = 10 m/d	Freatische laag
-0,6 à tot -2,3 à -2,3 -2,5	VEEN	Afwisselende klei en veen lagen, voornamelijk humeus/organisch	c = 30 à 50 d	Deklaag
-2,3 à tot -60 -2,5	ZAND	Zeer fijn tot zeer grof zand	k = 20 – 30 m/d	1 <sup>e</sup> regionale watervoerende pakket
-60 tot -61	KLEI		c = 25 à 30 d	scheidende laag
-61 tot ca. - 210	ZAND	Matig fijn tot zeer grof zand met enkele kleilenzen	k = 37,5 m/d	2 <sup>e</sup> en 3 <sup>e</sup> regionale watervoerende pakket
ca. - tot ca. - 210 300	ZAND en KLEI	Afwisselend (geen gedetailleerde opbouw beschikbaar)	k = 15 m/d c = 1.500 dagen	scheidende laag en watervoerend pakket

\*afhankelijk van de locatie. Buiten het wegtalud is het maaiveld globaal enkele decimeters tot circa 0,5 m beneden NAP.

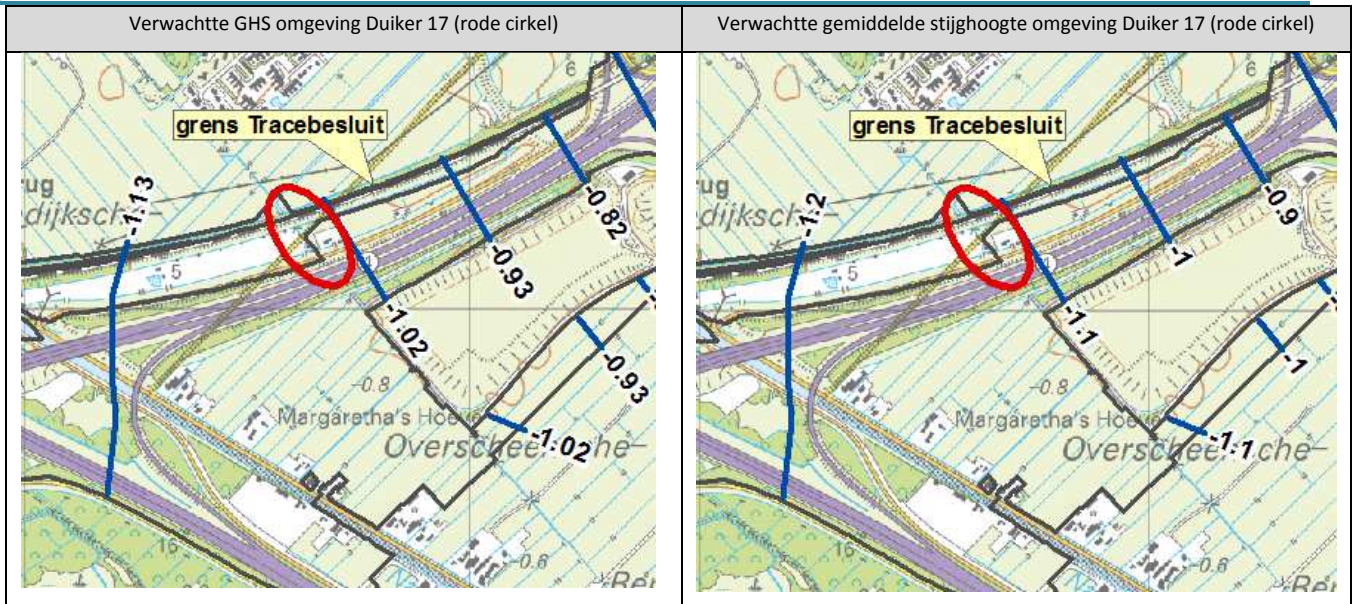
De doorlatendheid van de zandlagen zijn geschat op basis van zandmedianen (op basis van Shepherd) van boringen uit DINOloket en bestaande modellen. Uit deze informatiebronnen volgt dat de doorlatendheid van het zandpakket voornamelijk tussen de 20 en 30 m/d ligt. Dit is een realistische inschatting voor een afwisseling van fijnere en grovere zandlagen.

### 2.3 Freatische grondwaterstand

Omdat geen lokale metingen van de freatische grondwaterstand beschikbaar zijn, is deze bepaald aan de hand van het oppervlaktewaterpeil en de stijghoogte. Het oppervlaktewaterpeil ligt op NAP -1,3 m en de gemiddelde stijghoogte op NAP -1,1 m (zie paragraaf 2.4). Naar verwachting ligt de gemiddelde grondwaterstand eveneens rond NAP -1,1 m. Gedurende natte periodes kan de hoogste grondwaterstand naar verwachting flink stijgen, mogelijk tot aan maaiveld tijdens de natste periodes (maaiveld ligt op circa enkele decimeters tot 0,5 m – NAP).

### 2.4 Stijghoogte

De GHS (gemiddelde hoogste stijghoogte) voor de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket - is bepaald aan de hand van beschikbare peilbuismetingen en een grondwatermodel. Met betrekking tot de bemaling wordt uitgegaan van een stijghoogte van NAP-1,0 m. De GHS en de gemiddelde stijghoogte zijn weergegeven in figuur 5. De gemiddelde stijghoogte is ongeveer NAP -1,1 m ter plaatse van Duiker 17.



Figuur 5. Links: verwachte GHS omgeving Duiker 17 (rode cirkel). Rechts: verwachte gemiddelde stijghoogte omgeving Duiker 17 (rode cirkel).

## 2.5 Grondwaterstroming

Ter plaatse van Duiker 17 stroomt het grondwater in het eerste watervoerende pakket in westelijke / zuidwestelijke richting. In de huidige situatie is een kwelsituatie aanwezig.

### 3 TOELICHTING WERKZAAMHEDEN

Er wordt een duiker aangelegd onder de parallelweg A6. Aan de kopse kanten van de duiker wordt een kleilaag aangebracht op de waterbodem. Aan de zuidelijke zijde wordt tevens een betonmat geplaatst. De totale lengte bedraagt circa 40 m. De minimale breedte 4 m en de maximale breedte circa 14,5 m. Voor overzichtstekeningen wordt verwezen naar bijlage 1.

De werkzaamheden worden conform volgende fasering uitgevoerd:

1. alle watergangen met klei afdichten aan alle zijden. Indien noodzakelijk wordt met pompen water overgepompt of wordt een tijdelijke vervangende watergang gegraven;
2. ontgraven tot onderkant grondverbetering (NAP -3,0 m);
3. bemaling (open of bron bemaling) aanzetten zodat put droog is;
4. grondverbetering aanbrengen en verdichten;
5. duiker opbouwen met prefab beton elementen;
6. kleilaag en bodembescherming aanbrengen en aanvullen naast duiker;
7. bemaling uit;
8. duiker afwerken.

Uit een vergelijking van het ontgravingsniveau (onderkant grondverbetering) met de sonderingen blijkt dat de deklaag wordt afgegraven. De bemaling vindt plaats in het Pleistocene zandpakket.

Tijdens stappen 3 t/m 6 is bemaling noodzakelijk. Het ontgraven bij stap 2 vindt plaats in den natte. De totale duur van de bemaling is geschat op circa 2 à 3 weken (in deze memo is van 3 weken uitgegaan). Om in den droge te kunnen werken is een bemaling nodig tot circa NAP – 3,3 m (0,3 m onder het ontgravingsniveau).

#### 3.1 Verlaging van de stijghoogte

Het doel van de bemaling is voornamelijk om de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (Pleistoceen) onder de putbodem zodanig te verlagen dat in den droge kan worden gewerkt. Omdat de deklaag wordt afgegraven is opbarsten niet relevant.

## 4 Bemalingsberekeningen

### 4.1 Model

Om de benodigde bemalingsdebieten te bepalen zijn berekeningen uitgevoerd met een grondwatermodel opgebouwd met het hydrologische software pakket Triwaco – flairs ([www.triwaco.com](http://www.triwaco.com)). In het grondwatermodel is de bodemopbouw gebruikt zoals in Tabel 2. Hierbij is de horizontale doorlatendheid van het zandpakket gevarieerd en de verticale doorlatendheid bepaald op basis van een  $k_h/k_v$  ratio van 2 (voor Pleistoceen zand is dit een veel gebruikte waarde). De verticale doorlatendheid is vervolgens gebruikt om de weerstand in tussenlaagjes te bepalen.

In de omgeving van Duiker 17 is uitgegaan van een gemiddelde horizontale doorlatendheid van 30 m/dag in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket (Pleistoceen tot NAP – 60 m). Dit is een bovengrens aangezien de verwachte doorlatendheid tussen circa 20 en 30 m/dag ligt.

**Tabel 2. Geschematiseerde bodemopbouw grondwatermodel.**

Niveau [m NAP]	Bodem beschrijving	Doorlatendheid k [m/d] / weerstand c [d]	Toelichting laag
-0,25 tot -2	Zand	10 m/d	Freatisch
-2 tot -3	Klei / veen	30 à 50 dagen	Deklaag
-3 tot -5	Zand	30 m/d	1 <sup>e</sup> regionale watervoerende pakket
-5 tot -5,11	Zand*	0,2 dagen	
-5,11 tot -10,11	Zand	30 m/d	
-10,11 tot -10,12	Zand*	0,5 dagen	
-10,12 tot -20,12	Zand	30 m/d	
-20,12 tot -20,13	Zand*	1,0 dagen	
-20,13 tot -40,13	Zand	30 m/d	
-40,13 tot -40,14	Zand*	1,27 dagen	
-40,14 tot -60	Zand	30 m/d	
-60 tot -61	Leem	25 à 30 dagen	Scheidende laag
-61 tot -210	Zand	37,5 m/d	2 <sup>e</sup> en 3 <sup>e</sup> regionale watervoerende pakket
-210 tot -212	Kleilagen	1.500 dagen	Formatie van Maassluis (scheidende laag)
-212 tot -300	Zand	15 m/d	Formatie van Maassluis (regionale watervoerend pakket)

\*dummy scheidende laag (weerstandlaagje gemodelleerd binnen een watervoerend pakket, om de weerstand in verticale richting in het zandpakket te verdisconteren)

### 4.2 Bemaling

Bij de berekeningen is een bemalingsniveau gehanteerd van NAP - 3,3 m. In het model zijn filters rondom de bouwkuip geplaatst en afgesteld in de laag van NAP -5 m tot NAP – 10 m (-5,11 tot -10,11 m). Afstand tussen de filters is 2,5 m, de filters zijn in de teen van de ontgraving geplaatst.

## 5 Resultaten

### 5.1 Debieten en volumes

De resultaten van de modelberekeningen zijn samengevat in Tabel 3. De stationaire benodigde onttrekkingsdebiet is circa 155 m<sup>3</sup>/uur. Uit een niet-stationaire berekening blijkt de bemaling heel snel een stationaire situatie benaderd. Alleen tijdens de opstartfase van de bemaling zullen tijdelijk hogere debieten noodzakelijk zijn, deze liggen naar verwachting maximaal in ordegrootte van maximaal 50% (extra). Het totale volume te onttrekken grondwater voor Duiker 17 komt daarmee op circa 78.000 m<sup>3</sup> voor een periode van drie weken.

Hiermee is het totale volume te onttrekken grondwater hoger dan de vergunningsgrens van 15.000 m<sup>3</sup> per maand en 50 m<sup>3</sup> / uur voor bronneringen. Voor de voorgenomen bemaling is in dit geval een vergunning nodig.

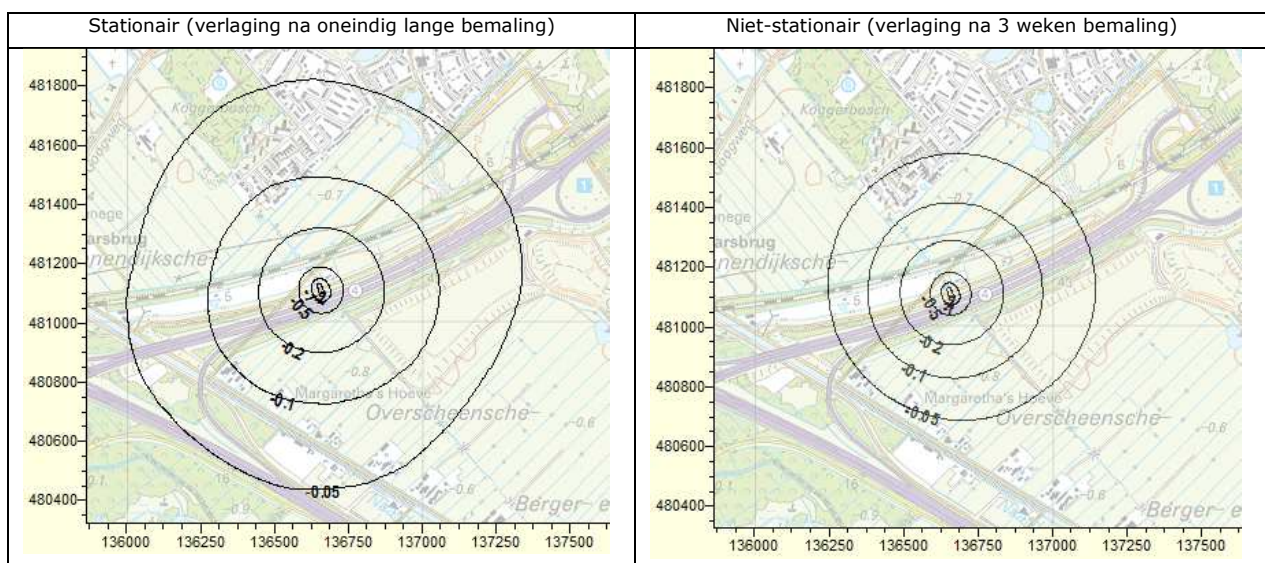
**Tabel 3. berekende stationaire debieten en totaalvolumes.**

model	debiet [m <sup>3</sup> /u]	debiet [m <sup>3</sup> /d]	debiet [m <sup>3</sup> /week]	totaalvolume 3 weken [m <sup>3</sup> ]
1	155	3.700	26.000	78.000

Gerekend is met een doorlatendheid van 30 m / dag. Naar verwachting is dit een bovengrens van de verwachte doorlatendheid. Bij een lagere doorlatendheid zullen de daadwerkelijke debieten lager uitvallen. Gelet op de debieten in tabel 3 zal ook bij een lagere doorlatendheid een vergunning nodig zijn.

### 5.2 Isohyphen (verlagingen)

In figuur 6 zijn de stationaire berekende verlagingen en de niet-stationaire berekende verlagingen na 21 dagen bemalen weergegeven. De 5-cm verlagingcontour in een stationaire situatie reikt tot circa 650 m afstand en in een niet-stationaire situatie tot circa 450 m. In tabel 4 staat voor de verlagingcontouren de bijbehorende afstand tot de bemaling.



**Figuur 6. Verlagsingscontouren in het eerste watervoerende pakket bij installatie van verticale filters om de 2,5 m rondom de ontgraving (teen van de ontgraving).**

**Tabel 4. Berekende afstanden van de verlagingscontouren.**

Berekening		verlagingscontour					
		2 m	1 m	0,5 m	0,2 m	0,1 m	0,05 m
stationair	Afstand tot bemaling:	3 – 5 m	25 m	65 m	215 m	400 m	650 à 750 m
niet-stationair	Afstand tot bemaling:	3 – 5 m	25 m	60 m	185 m	300 m	460 à 540 m

Gerekend is met een doorlatendheid van 30 m / dag. Naar verwachting is dit een bovengrens van de verwachte doorlatendheid. Bij een lagere doorlatendheid zullen de daadwerkelijke verlagingscontouren wat minder ver van de bemaling liggen.

### 5.3 Lozing

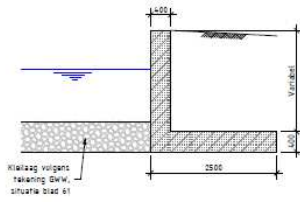
Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (Waternet) stelt naar verwachting maxima aan:

1. de hoeveelheid te lozen grondwater op het oppervlaktewater;
2. en aan de hoeveelheid te lozen vracht aan stoffen in oppervlaktewater.

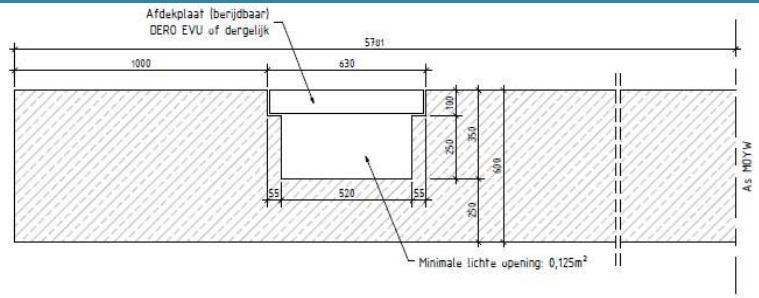
Indien er op oppervlaktewater zal worden geloosd, mag de totale vracht per dag van beide niet worden overschreden. Hiervoor is overleg met het waterschap benodigd. Lozingsmogelijkheden in de omgeving zijn beperkt. Er zal dan vermoedelijk geloosd moeten worden via de huidige duiker onder de huidige A6 door.

Mogelijk wordt bij de bemaling na verloop van tijd zout grondwater aangetrokken (chloride gehalte > 1.000 mg / l).





Dwandoorsnede 4-4  
schaal: 1 : 50



Detail Kabelkanaal  
schaal: 1 : 10

**Tabel 1. Aanwezigheid deklaag in sonderingen**

Sondering	Bovenkant [m NAP]	Onderkant [m NAP]
A6-42.705-D17	-1,8	-2,3
DVM-098	-2,3	-2,6
DVM-099	-1	-1,5
A6-42.416-DKM147	-0,8 (mv)*	-3,1
A6-42.504-DKM148	-0,6 (mv)*	-1,8
A6-42.608-DKM149	-0,8 (mv)*	-1,2
A6-42.679-DKM150	Sondering ontbreekt, aanwezigheid laag niet te controleren	
A6-42.768-DKM151	-0,6 (mv)*	-2,75
A6-42.835-DKM152	-1,75	-2,25
A6-42.900-DKM153	-0,75 (mv)*	-2,25

mv = maaiveld



**Figuur sonderingen. De globale ligging van duiker 17 is met de rode cirkel aangegeven.**