



## **Bemalingsadvies de Boelelaan Oost**

**Aanleg van riolering, open water en duikers**

**Auteur(s)**

A.R. Jongerius

**Opdrachtgever**

M. van der Post

**Contactpersoon**

A.R. Jongerius  
Ingenieursbureau

**Kenmerk**

191868

| Opsteller      | Goedgekeurd en vrijgegeven | Parazf                                                                              | Datum     |
|----------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| A.R. Jongerius | P. P. Bos                  |  | 18-2-2016 |

# Inhoud

|          |                                                      |           |
|----------|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                                     | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Projectomschrijving</b>                           | <b>4</b>  |
| 2.1      | Projectlocatie                                       | 4         |
| 2.2      | Omgeving projectlocatie                              | 4         |
| 2.3      | Werkzaamheden                                        | 5         |
| 2.4      | Uitvoeringswijze                                     | 5         |
| <b>3</b> | <b>Geohydrologische inventarisatie</b>               | <b>8</b>  |
| 3.1      | Grondonderzoek en bodemschematisering                | 8         |
| 3.2      | Geohydrologische parameterwaarden                    | 8         |
| 3.3      | Oppervlaktewaterpeil, grondwaterstand en stijghoogte | 9         |
| <b>4</b> | <b>Bemalingsberekeningen</b>                         | <b>10</b> |
| 4.1      | Benodigde grondwaterstandsverlagingen                | 10        |
| 4.2      | Bouwputstabiliteit                                   | 10        |
| 4.3      | Bemalingsberekeningen                                | 11        |
| 4.4      | Effecten van de bemaling in de omgeving              | 13        |
| 4.5      | Regelgeving                                          | 14        |
| 4.6      | Bemalingsinstallatie                                 | 14        |
| <b>5</b> | <b>Advies- en aandachtspunten</b>                    | <b>16</b> |

## Bijlage(n)

Bijlage 1 - Overzicht werkzaamheden

Bijlage 2 - Geotechnisch veldwerk Fugro

Bijlage 3 - Locatieoverzicht en tijd-stijghoogtegrafieken Waternet peilbuizen

# 1 Inleiding

De Gemeente Amsterdam werkt aan de herinrichting van het oostelijk deel van de Boelelaan en de Boelegracht. Onderdeel van de werkzaamheden zijn de aanleg van een oeverconstructie langs de nieuwe Boelegracht, de aanleg van duikers en de aanleg van een riool. Deze onderdelen bevinden zich beneden de grondwaterstand. Om deze onderdelen in den droge aan te kunnen leggen is een bemaling nodig.

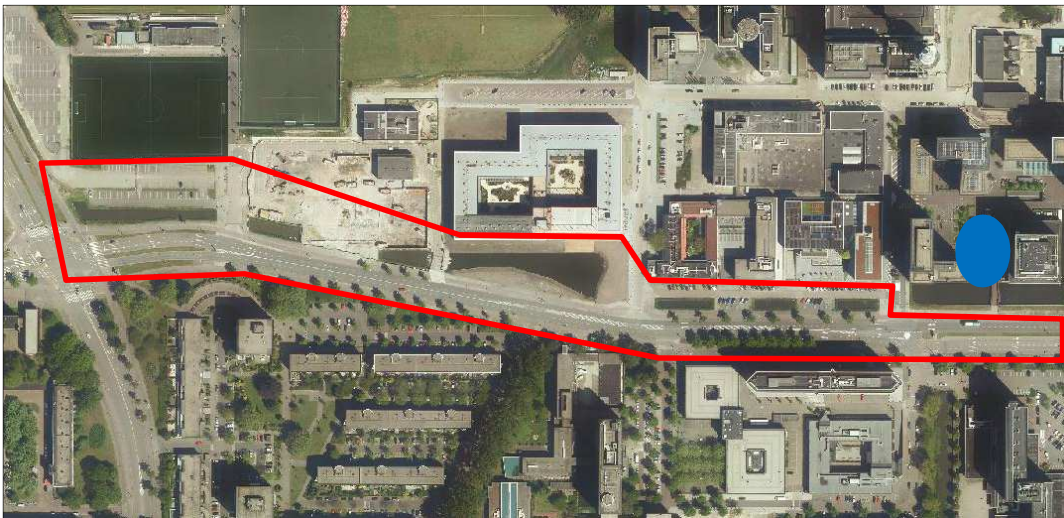
Voorliggende rapportage betreft het bemalingsadvies voor de aanleg van de oeverconstructie, duikers en riolering. Het doel van het rapport is inzicht te krijgen in de te onttrekken debieten en effecten op de omgeving. Tevens wordt aangegeven of voor de bemaling een watervergunning benodigd is. Het rapport bestaat uit de volgende onderdelen:

- Projectomschrijving;
- Geohydrologische inventarisatie;
- Bemalingsberekeningen;
- Advies- en aandachtspunten.

## 2 Projectomschrijving

### 2.1 Projectlocatie

De projectlocatie betreft de oostzijde van de Boelelaan te Amsterdam, gelegen tussen de Van Leijenberghlaan en de Europaboulevard. De projectlocatie is in figuur 2-1 gepresenteerd. Binnen het Rijksdriehoeknet heeft de westzijde van de projectlocatie globaal de coördinaten  $X = 120.350$  en  $Y = 483.150$  en de oostzijde de coördinaten  $X = 121.050$  en  $Y = 483.100$ .



Figuur 2-1: Projectlocatie (rood omlijnd) en grondwaterverontreiniging (blauw)

### 2.2 Omgeving projectlocatie

#### *Bebouwing*

Aan weerszijden van de Boelelaan is bebouwing aanwezig. Op basis van de ouderdom van de bebouwing (bouwjaar variërend van 1966 tot 2014, bron: BAG Viewer) wordt verwacht dat alle bebouwing op betonnen palen is gefundeerd.

#### *Grondwaterverontreinigingen*

Bij de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (ODNZKG) is nagevraagd of in de directe omgeving van de projectlocatie grondwaterverontreinigingen aanwezig zijn. Uit de verkregen informatie blijkt dat direct ten oosten van het projectgebied (figuur 2-1) een grondwaterverontreiniging aanwezig is van minerale olie en benzeen. Deze grondwaterverontreiniging bevindt zich op ca. 1,5 tot 2,5 m beneden maaiveld.

## 2.3 Werkzaamheden

De herinrichting van de Boelelaan omvat diverse werkzaamheden. In voorliggend bemalingsadvies worden de volgende werkzaamheden beschouwd:

- Werkzaamheden Boelegracht. Graven en dempen oppervlaktewater en aanleg van een oeverconstructie bestaande uit een damwand met voormetseling;
- Aanleg duikers tussen oppervlaktewater (3 locaties);
- Aanleg riool (WNA).

Bovengenoemde werkzaamheden zijn in bijlage 1 op een topografische ondergrond gepresenteerd. De afmetingen en ontgravingsniveaus van de verschillende onderdelen zijn door de opdrachtgever aangeleverd en in tabel 2-1 gepresenteerd.

Tabel 2-1: Afmetingen en niveaus

| Onderdeel      |                    | Afmetingen bovenzijde<br>ontgraving ca. | Ontgravingsniveau ca. [m NAP] |
|----------------|--------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|
| Water          | Oppervlaktewater 1 | 10 à 35 m x 24,5 m                      | -3,25*                        |
|                | Oppervlaktewater 2 | 9 à 25 m x 80 m                         | -3,25*                        |
|                | Oppervlaktewater 3 | 6 m x 156 m                             | -3,25*                        |
| Duikers        | Duiker 1           | 10 m x 45 m                             | -3,0                          |
|                | Duiker 2/sifon     | 4 m x 45 m                              | -3,0 à -5,0                   |
|                | Duiker 3           | 10 m x 23 m                             | -3,0                          |
| Riool (aanleg) |                    | 2 m x 1.400 m (2x 700 m)                | -2,3                          |

\* Aanlegniveau voormetseling oeverconstructie: NAP -2,5 m

## 2.4 Uitvoeringswijze

De uitvoeringswijze (o.a. bouwputbegrenzing en bemalingsinstallatie) wordt door de aannemer bepaald. In voorliggend rapport wordt uitgegaan van een combinatie van de te verwachten uitvoeringswijzen en worst-case uitvoeringswijzen.

### Duikers

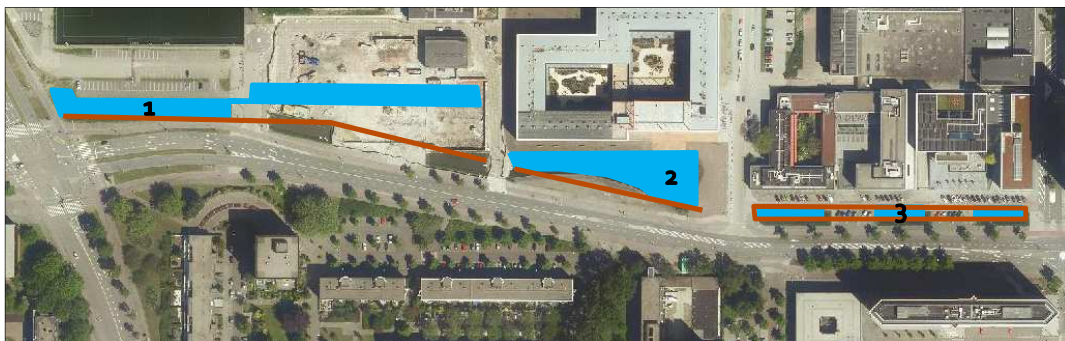
Voor de aanleg van duikers 1, 2 en 3 wordt uitgegaan van een ontgraving binnen een grondkering (bijvoorbeeld Berliner wand). De duikers worden onder een grote hoeveelheid kruisende kabels en leidingen door aangelegd. Hierdoor is het niet mogelijk om met grond- en waterkerende damwanden een gesloten bouwput te creëren.

### Oppervlaktewateren

Aan de zuidzijde en deels aan de noordzijde van de Boelegracht wordt een oeverconstructie gerealiseerd in de vorm van een grond- en waterkerende damwandconstructie met voormetseling (figuur 2-2). Om de voormetseling te kunnen aanbrengen dient de waterstand tot maximaal NAP

-2,5 m te worden verlaagd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het verlagen van de oppervlaktewaterstand op locaties waar in de huidige situatie al gracht aanwezig is, en het verlagen van de grondwaterstand op de locaties waar na aanleg van de voormetseling gracht wordt gegraven. Op de locaties waar al een gracht aanwezig is, wordt in de gracht een waterkerend grondlichaam aangebracht zodat het niet nodig is de gehele gracht leeg te malen en de aanleg gecompartmenteerd kan worden uitgevoerd.

Deze uitvoeringswijze zorgt ervoor dat de omgeving van de bemaling wordt afgeschermd door de aanwezigheid van damwanden aan de ene zijde en oppervlaktewater aan de andere zijde.



*Figuur 2-2: Aan te leggen oeverconstructie (damwand met voormetseling, bruin) en aanwezig oppervlaktewater (nummering conform tabel 2-1) ten tijden van de start van de werkzaamheden*

### *Riool*

Aangenomen wordt dat het riool in een open ontgraving onder een talud van 1:1 wordt aangelegd (de stabiliteit van dit talud is niet met geotechnische berekeningen uitgevoerd).

### *Planning*

Volgens planning start de aannemer in juli 2016 met de werkzaamheden. De werkzaamheden zullen niet starten voordat bij de watergangen ter plaatse van Antonio Vivaldistraat 148 en de tramlus Drentepark nieuwe duikers zijn aangelegd. De aanleg van deze duikers is apart bij Waternet gemeld, en valt buiten het kader van dit rapport. De aannemer bepaald in welke volgorde de werkzaamheden worden uitgevoerd. Hierbij wordt opgemerkt dat in het contract is vastgelegd dat de riolering aan de zuidzijde van de Boelelaan niet gelijktijdig wordt aangelegd met de riolering aan de noordzijde van de Boelelaan. Op basis van ervaring zijn voor de te bemalen onderdelen bemalingsduren ingeschat en in tabel 2-2 gepresenteerd.

Tabel 2-2: Planning

| Onderdeel          |                    | Bemalingsduur  |
|--------------------|--------------------|----------------|
| Graven             | Oppervlaktewater 1 | 35 dagen       |
|                    | Oppervlaktewater 2 | 14 dagen       |
|                    | Oppervlaktewater 3 | 35 dagen       |
| Duikers            | Duiker 1           | 21 dagen       |
|                    | Duiker 2 - Sifon   | 56 dagen       |
|                    | Duiker 3           | 21 dagen       |
| Aanleg riool (WNA) |                    | 20 à 40 dagen* |

\* Op basis van een geschatte aanlegsnelheid van 50 à 100 m per dag

## 3 Geohydrologische inventarisatie

### 3.1 Grondonderzoek en bodemschematisering

Bij het opstellen van het bemalingsadvies is gebruik gemaakt van:

- 9 sonderingen tot ca. NAP -31 m (Fugro, maart 2015);
- 3 mechanische boringen tot ca. NAP -11 m, inclusief laboratoriumonderzoek diverse grondmechanische bodemparameters (Fugro, maart 2015);
- 1 boring tot NAP -135 m (DINOloket, 2006)

Het grondonderzoek dat door Fugro in maart 2015 is uitgevoerd, is in bijlage 2 gepresenteerd. Op basis van bovengenoemd grondonderzoek en informatie van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is de bodemopbouw geschematiseerd en in tabel 3-1 gepresenteerd.

Tabel 3-1: Geschematiseerde bodemopbouw

| Grondsoort   | Diepte [ca. NAP m] |     |               | Geohydrologische schematisering | Laag |
|--------------|--------------------|-----|---------------|---------------------------------|------|
| Maaiveld     | -0,6 à -1,8        |     |               | Infiltratieoppervlak            | 0    |
| Zand         | -0,6 à -1,8        | tot | -2,9 à -4,0   | Watervoerende laag (ophooglaag) | 1    |
| Veen         | -2,9 à -4,0        | tot | -4,5 à -5,5   | Waterremmende laag              | 2    |
| Klei         | -4,5 à -5,5        | tot | -7,3 à -8,3   |                                 |      |
| Wadzand      | -7,3 à -8,3        | tot | -9,0 à -10,0  | Watervoerende laag              | 3    |
| Klei en veen | -9,0 à -10,0       | tot | -10,3 à -12,1 | Waterremmende laag              | 4    |
| Zand         | -10,3 à -12,1      | tot | -14,0 à -16,5 | 1 <sup>e</sup> zandlaag         | 5    |
| Klei         | -14,0 à -16,5      | tot | -18,0 à -19,0 | Waterremmende laag              | 6    |
| Zand         | -18,0 à -19,0      | tot | -70           | 2 <sup>e</sup> zandlaag         | 7    |

### 3.2 Geohydrologische parameterwaarden

In tabel 3-2 zijn de parameterwaarden opgenomen die horen bij de geohydrologische schematisering. Deze parameterwaarden zijn geschat op basis van ervaring en het uitgevoerde grondonderzoek.



Tabel 3-2: Geohydrologische schematisering

| Laag | Typering                                 | Parameterwaarden (ca.)                                         |
|------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 0    | Infiltratieoppervlak                     | c = 200 dagen (5 dagen t.p.v. watergangen)                     |
| 1    | Watervoerende laag                       | kD = 15 à 25 m <sup>2</sup> /dag (0 voor ondergrondse kelders) |
| 2    | Waterremmende laag                       | c = 750 dagen                                                  |
| 3    | Watervoerende laag                       | kD = 10 à 15 m <sup>2</sup> /dag                               |
| 4    | Waterremmende laag                       | c = 1.250 dagen                                                |
| 5-7  | 1 <sup>e</sup> + 2 <sup>e</sup> zandlaag | n.v.t.                                                         |

### 3.3 Oppervlaktewaterpeil, grondwaterstand en stijghoogte

#### Oppervlaktewaterpeil

Onderdeel van de werkzaamheden zijn het dempen en graven van oppervlaktewater aan de noordzijde van de Boelelaan (paragraaf 2.3). Dit oppervlaktewater heeft een oppervlaktewaterpeil van NAP -2,0 m.

#### Grondwaterstand en stijghoogte

Om inzicht te krijgen in de grondwaterstand en stijghoogte op de projectlocatie is stijghoogtedata gedownload uit de database van Waternet. Bijlage 3 betreft een locatieoverzicht van de Waternet peilbuizen en tijd-stijghoogtegrafieken van de beschikbare data. Het betreft alleen peilbuizen met een filter in de eerste zandlaag. In de Waternetdatabase is geen stijghoogtedata beschikbaar van de Wadzandlaag.

Op basis van de beschikbare informatie zijn maatgevende grondwaterstanden en stijghoogten afgeleid zoals weergegeven in tabel 3-3. Hierbij wordt opgemerkt dat de maatgevende stijghoogten voor de Wadzandlaag (laag 3) zijn geschat op basis van de grondwaterstand- en stijghoogtedata in lagen 1 en 5, en niet zijn bepaald aan de hand van metingen in laag 3. Om deze rede wordt geadviseerd op de projectlocatie, en bij voorkeur nabij duiker 2, een peilbuis te plaatsen waarvan het filter staat afgesteld in laag 3 en de stijghoogte in deze peilbuis gedurende een langere periode te monitoren.

Tabel 3-3: Maatgevende grondwaterstand en stijghoogte

| Laag | Grondwaterstand/stijghoogte [m NAP] |           |       |
|------|-------------------------------------|-----------|-------|
|      | Hoog                                | Gemiddeld | Laag  |
| 1    | -1,5                                | -1,9      | -2,1  |
| 3    | -2,0                                | -2,2      | -2,4  |
| 5-7  | -3,0                                | -3,2      | -3,3* |

\* Voor 2008 zijn in peilbuis F05241C lagere stijghoogten gemeten in de 1<sup>e</sup> zandlaag (laagste meting: NAP -3,8 m)

## 4 Bemalingsberekeningen

### 4.1 Benodigde grondwaterstandsverlagingen

Aangenomen wordt dat de grondwaterstand wordt verlaagd tot aan de door de opdrachtgever doorgegeven ontgravingsniveaus. De benodigde verlagingen van de grondwaterstand zijn in tabel 4-1 gepresenteerd. Hierbij wordt uitgegaan van een maatgevend hoge grondwaterstand van NAP -1,5 m tijdens uitvoering.

Tabel 4-1: Benodigde verlagingen van de grondwaterstand t.o.v. NAP -1,5 m

| Onderdeel                                     |                | Grondwaterstand      |               |
|-----------------------------------------------|----------------|----------------------|---------------|
|                                               |                | Verlagen tot [m NAP] | Verlaging [m] |
| Voormetseling bij oppervlaktewater (1,2 en 3) |                | -2,5                 | 1,0           |
| Duikers                                       | Duiker 1 en 3  | -3,0                 | 1,5           |
|                                               | Duiker 2/sifon | -3,0 à -5,0          | 1,5 à 3,5     |
| Aanleg riool (WNA)                            |                | -2,3                 | 0,8           |

### 4.2 Bouwputstabiliteit

#### Algemeen

Door het ontgraven van een bouwput/sleuf neemt de neerwaartse grondbelasting af. Dit kan leiden tot opbarsten van de bouwput-/sleufbodem of welvorming. Door het uitvoeren van stabiliteitsberekeningen is nagegaan of er een risico is op opbarsten/welvorming. Bij de stabiliteitsberekeningen is (conform NEN 9997-1, hoofdstuk 10) een partiële materiaalfactor van 0,9 gehanteerd.

#### Stabiliteitsberekeningen

Uit de beschikbare sondeergegevens blijkt dat de Wadzandlaag zich binnen het projectgebied op een diepte van ca. NAP -7,3 à -8,3 m bevindt en goed is ontwikkeld. Om deze reden wordt de bovenzijde van de Wadzandlaag in de berekeningen aangehouden als opbarstniveau. Opgemerkt wordt dat geen metingen beschikbaar zijn van de stijghoogte in de Wadzandlaag. De aangehouden hoge stijghoogte (tabel 3-3) die in de stabiliteitsberekening wordt gebruikt is derhalve onzeker.

De resultaten van de stabiliteitsberekeningen zijn in tabel 4-2 gepresenteerd. De stabiliteitsberekening voor de aanleg van duiker 2 (sifon), het maatgevend onderdeel, is in tabel 4-3 uitgewerkt. Bij deze berekening is uitgegaan van de bodemopbouw van Fugro-sondering DKM11 (projectnr. 4014-0690-000). Deze sondering is bij duiker 2 uitgevoerd. De gehanteerde volumieke gewichten zijn door Fugro met proeven bepaald.

Van de stabiliteitsberekeningen voor de overige onderdelen zijn geen uitwerkingen gepresenteerd in voorliggende rapportage.

Tabel 4-2: Resultaten stabiliteitsberekening

| Onderdeel          | Sondering      | Maximaal toelaatbare stijghoogte [m NAP] | Stijghoogteverlaging Wadzandlaag* [m] |
|--------------------|----------------|------------------------------------------|---------------------------------------|
| Duikers            | Duiker 1       | DKM8 (locatie)                           | -1,5                                  |
|                    | Duiker 2/sifon | DKM11 (locatie)                          | -3,7                                  |
|                    | Duiker 3       | DKM5 (worst-case)                        | -1,7                                  |
| Aanleg riool (WNA) |                | DKM 5 (worst-case)                       | -0,6                                  |

\* T.o.v. de maatgevend hoge stijghoogte van NAP -2,0 m

Uit tabel 4-2 blijkt dat voor de aanleg van duiker 2 (sifon) een stijghoogteverlaging in de Wadzandlaag benodigd is van 1,7 m. Voor de aanleg van de overige onderdelen is geen stijghoogteverlaging in de Wadzandlaag benodigd. De benodigde stijghoogteverlaging kan op basis van de resultaten van stijghoogtemetingen in de Wadzandlaag nauwkeuriger worden bepaald.

Tabel 4-3: Stabiliteitsberekening duiker 2/sifon

| Grondsoort        | Niveau [m NAP] | Dikte [m]                                   | Volumieke gewicht [kN/m <sup>3</sup> ] | Neerwaartse belasting [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------------|----------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Ontgravingsniveau | -5,0           |                                             |                                        |                                            |
| Veen              | -5,0 tot -5,3  | 0,3                                         | 10,0                                   | 3,0                                        |
| Klei              | -5,3 tot -6,4  | 1,1                                         | 16,0                                   | 17,6                                       |
| Klei, zandig      | -6,4 tot -8,0  | 1,6                                         | 17,0                                   | 27,2                                       |
| Opbarstniveau     | -8,0           | Totaal:                                     |                                        | 47,8                                       |
|                   |                | Inclusief partiële materiaalfactor van 0,9: |                                        | 43,0                                       |
|                   |                | Opwaartse waterdruk:                        |                                        | 60,0                                       |

### 4.3 Bemalingsberekeningen

Om inzicht te krijgen in het waterbezwaar en invloedsgebied van de bemaling zijn met softwarepakket MicroFEM stationaire bemalingsberekeningen uitgevoerd. Omdat de fasering van de drie oppervlaktewaterlichamen door de aannemer wordt bepaald, is voor deze onderdelen geen fasering aangehouden. Daarnaast is bij de bemalingsberekening geen rekening gehouden met het eventueel gelijktijdig bemalen van meerdere onderdelen.

Tabel 4-4: Berekende waterbezwaren

| Onderdeel                         |                    | Bemalingsduur | Waterbezwaar |             |
|-----------------------------------|--------------------|---------------|--------------|-------------|
|                                   |                    |               | [m³/uur]     | Totaal [m³] |
| Voormetseling<br>oeverconstructie | Oppervlaktewater 1 | 35 dagen      | 12 à 20      | 16.800      |
|                                   | Oppervlaktewater 2 | 14 dagen      | 5 à 10       | 3.400       |
|                                   | Oppervlaktewater 3 | 35 dagen      | 3 à 5        | 4.200       |
| Duikers                           | Duiker 1           | 21 dagen      | 5 à 8        | 4.000       |
|                                   | Duiker 2 - Sifon   | 56 dagen      | 20 à 25*     | 33.600      |
|                                   | Duiker 3           | 21 dagen      | 3 à 5        | 2.500       |
| Aanleg riool (WNA)                |                    | 40 dagen**    | 3 à 5        | 4.800       |
|                                   |                    | 20 dagen***   | 6 à 10       |             |
|                                   |                    |               | Totaal:      | 69.300      |

\* Waterbezwaar freatisch pakket + waterbezwaar Wadzandlaag

\*\* Op basis van een aanlegsnelheid 50 m per dag (te bemalen sleuflengte = 100 m)

\*\*\* Op basis van een aanlegsnelheid van 100 m per dag (te bemalen sleuflengte = 200 m)

Ten gevolge van de bemaling kunnen in de omgeving verlagingen van de grondwaterstand optreden. In tabel 4-5 zijn de stationair, berekende verlagingen van de grondwaterstand gepresenteerd ten opzichte van de maatgevend hoge uitgangsgroundwaterstand van NAP -1,5 m. Het betreft de maximaal berekende verlagingen. Aan de zijden van ondergrondse kelders, damwanden en oppervlaktewater zijn de berekende verlagingen kleiner. Voor de 3 oppervlaktewaterlichamen geldt dat het invloedsgebied van de bemaling beperkt is. Aan één zijde wordt de bemaling begrensd door het oppervlaktewaterlichaam zelf, waardoor aan die zijde geen verlagingen optreden. Aan de andere zijde staat de grond- en waterkerende damwandconstructie, die met uitzondering van de aansluitingen van drainage waterdicht is. Aan deze zijde treden beperkte verlagingen op.

Tabel 4-5: Berekende verlagingen van de grondwaterstand en stijghoogte in de omgeving

| Onderdeel                         |                     | 5   | 10  | 25  | 50   | 75   | 100  | 150  | 250  |
|-----------------------------------|---------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Voormetseling<br>oeverconstructie | Oppervlaktewater 1* | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,05 | -    | -    | -    | -    |
|                                   | Oppervlaktewater 2* | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,05 | -    | -    | -    | -    |
|                                   | Oppervlaktewater 3* | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,05 | -    | -    | -    | -    |
| Duikers                           | Duiker 1            | 1,2 | 1,1 | 0,7 | 0,3  | 0,2  | 0,05 | -    | -    |
|                                   | Duiker 2 – Sifon**  | 2,8 | 2,4 | 1,6 | 1,0  | 0,5  | 0,3  | 0,1  | 0,05 |
|                                   | Duiker 3            | 1,2 | 1,1 | 0,8 | 0,5  | 0,3  | 0,1  | 0,05 | -    |
| Aanleg riool (WNA)***             |                     | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,2  | 0,05 | -    | -    | -    |

\* Verlaging aan damwandzijde, aan de waterzijde treedt geen verlaging op

\*\* Verlaging van de grondwaterstand (laag 1) en stijghoogte in de Wadzandlaag (laag 3)

\*\*\* O.b.v. een te bemalen sleuflengte van 200 m

## 4.4 Effecten van de bemaling in de omgeving

### Maaiveldzakkingen

Het verlagen van de grondwaterstand beneden de maatgevend lage waarde kan leiden tot zettingen in slappe bodemlagen. Het invloedsgebied van de bemaling waarbinnen zettingen kunnen optreden is op basis van de in tabel 4-5 gepresenteerde verlagingen afgeleid en in tabel 4-6 gepresenteerd.

Met de methode Terzaghi zijn indicatieve eindzettingen berekend die direct buiten de ontgraving kunnen optreden (tabel 4-6). Afhankelijk van de bemalingsduur en de mate waarin de bodem in het verleden is voorbelast kunnen de werkelijk optredende zettingen kleiner zijn.

Tabel 4-6: Invloedsgebied zettingen

| Onderdeel                         |                    | Invloedsgebied zettingen<br>[m] | Indicatieve eindzetting*<br>[mm] |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Voormetseling<br>oeverconstructie | Oppervlaktewater 1 | <10                             | <10                              |
|                                   | Oppervlaktewater 2 | <10                             | <10                              |
|                                   | Oppervlaktewater 3 | <10                             | <10                              |
| Duikers                           | Duiker 1           | 30                              | 70 à 90                          |
|                                   | Duiker 2 - Sifon   | 60                              | 150 à 200                        |
|                                   | Duiker 3           | 40                              | 70 à 90                          |
| Aanleg riool (WNA)                |                    | 10                              | <10                              |

\* Eindzetting direct buiten de ontgraving

Voor de drie duikers geldt dat het berekende invloedsgebied van de bemaling en de berekende zettingen groot zijn. Dergelijk grote zettingen kunnen leiden tot schade aan ondergrondse kabels en leidingen en het verzakken van wegen. Derhalve wordt geadviseerd compenserende maatregelen te nemen waarmee het optreden van zettingen wordt beperkt. Hierbij kan worden gedacht aan het toepassen van een retourbemaling in het freatisch pakket. In paragraaf 4.6 is een voorstel gedaan voor de toe te passen retourbemalingsinstallatie.

### Grondwaterverontreinigingen

Ten oosten van de projectlocatie is een grondwaterverontreiniging aanwezig (paragraaf 2.2). Doordat de grondwaterverontreiniging van de bemaling wordt gescheiden door een watergang en kelder, zullen ter plaatse van de verontreiniging geen grondwaterstandsverlagingen optreden.

### Overige effecten

In de directe omgeving van de projectlocatie zijn geen natuurgebieden, monumenten of aardkundige waarden aanwezig. Omdat de bemaling beperkt blijft tot de freatische toplaag en de Wadzandlaag heeft deze geen effect op eventueel aanwezige bodemenergiesystemen.

## 4.5 Regelgeving

### *Grondwateronttrekking*

De projectlocatie bevindt zich in het beheersgebied van Waternet. Voor grondwateronttrekkingen geldt hier dat een watervergunning dient te worden aangevraagd wanneer meer dan 50 m<sup>3</sup>/uur of meer dan 15.000 m<sup>3</sup>/maand of langer dan 6 maanden wordt onttrokken.

Op basis van de totale bemalingsduur wordt de 6 maanden grens overschreden en is de bemaling vergunningplichtig. Omdat sprake is van bemalingswerkzaamheden op verschillende locaties, kunnen de werkzaamheden wellicht worden ondergebracht in 2 of 3 meldingen. Geadviseerd wordt hierover in overleg te treden met Waternet.

### *Lozing bemalingswater*

Voorgesteld wordt het bemalingswater op het oppervlaktewater te lozen. De lozing dient ca. 1 week voor aanvang via een BLBI-melding bij Waternet (bevoegd gezag) te worden gemeld. Conform het Besluit Lozen Buiten Inrichtingen geldt dat het geloosde water maximaal 50 mg/l aan onopgeloste stoffen mag bevatten en niet visueel verontreinigd mag zijn. Op basis van analyseresultaten van grondwatermonsters kan worden beoordeeld of voor de lozing waterzuiverende maatregelen benodigd zijn. Geadviseerd wordt in ieder geval een zandvang toe te passen. Mogelijk is ook een ontijzeringsinstallatie benodigd.

## 4.6 Bemalingsinstallatie

### *Grondwaterstand (laag 1)*

Voor alle onderdelen wordt geadviseerd de verlaging van de grondwaterstand te realiseren met een verticale filterbemaling. De filters dienen over de gehele lengte te zijn geperforeerd en met de onderzijde direct boven de veenlaag te worden afgesteld (ca. NAP -3 à -4 m). Tot slot dienen de filters te zijn voorzien van inhangers. Op locaties waar tot in de veen- of kleilaag wordt ontgraven is aanvullend een open bemaling benodigd.

### *Retourbemaling (laag 1)*

Zonder compenserende maatregelen bestaat bij de bemaling voor de aanleg van de duikers een risico op zettingen aan ondergrondse kabels en leidingen en wegen (paragraaf 4.4). Dit risico kan door het toepassen van een retourbemaling worden beperkt. De retourbemaling kan bestaan uit verticale retourbronnen waarvan het geperforeerde deel staat afgesteld van MV -0,5 m tot ca. 0,5 m in de veenlaag. Het aantal retourbronnen dient in het veld op basis van de gerealiseerde verlagingen en capaciteit van de retourbronnen te worden bepaald.

### *Stijghoogte (laag 3, Wadzandlaag)*

De verlaging van de stijghoogte in de Wadzandlaag die tijdens de aanleg van duiker 2 benodigd is, kan eveneens worden gerealiseerd met verticale filters. Het geperforeerde deel van deze filters dient te worden afgesteld tussen ca. NAP -8 m en NAP -10 m.

### *Algemeen*

Een gerenommeerde bemaler kan naar eigen inzicht en ervaringen tot een andere bemalingsinstallatie besluiten. De bemaling dient in elk geval zo te zijn ingeregeld dat niet meer wordt verlaagd dan strikt noodzakelijk is. Wij adviseren in het bestek een resultaatverplichting voor de bemaler op te nemen voor het realiseren van de verlagingen.

## 5 Advies- en aandachtspunten

Op basis van de in hoofdstuk 2 t/m 4 gepresenteerde uitgangspunten en berekeningsresultaten zijn hieronder enkele advies en aandachtspunten opgenomen.

1. De maatgevende stijghoogten in de Wadzandlaag (tabel 3-2) zijn afgeleid op basis van stijghoogtemetingen in de freatische toplaag en het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket en zijn niet bepaald op basis van stijghoogtemetingen in de Wadzandlaag. Geadviseerd wordt op de projectlocatie een peilbuis met filter in de Wadzandlaag te plaatsen en de stijghoogte in de peilbuis gedurende een langere periode te monitoren. Op basis van de meetresultaten kunnen de maatgevende waarden nauwkeuriger worden bepaald, waardoor het waterbezwaar en invloedsgebied van de bemaling in de Wadzandlaag eveneens nauwkeuriger kunnen worden bepaald.
2. Ten gevolge van de bemaling voor de aanleg van de duikers kunnen grote zettingen optreden en bestaat een risico op schade aan ondergrondse kabels, leidingen en wegen.
3. Op basis van de totale bemalingsduur van de werkzaamheden is de bemaling vergunningplichtig. Doordat de bemalingswerkzaamheden op verschillende momenten en op verschillende locaties worden uitgevoerd kunnen deze wellicht worden ondergebracht in 2 of 3 meldingen. Geadviseerd wordt hierover in overleg te treden met Waternet.
4. Geadviseerd wordt in het bestek een resultaatverplichting voor de bemaler op te nemen voor het realiseren van de verlagingen.



## Bijlagen



## **Bijlage 1 - Overzicht werkzaamheden**

## **Bijlage 2 - Geotechnisch veldwerk Fugro**

## **Bijlage 3 - Locatieoverzicht en tijd- stijghoogtegrafieken Waternet peilbuizen**